

XXVI.

Markirversuche am Scheitel-, Stirn- und Nasenbein der Kaninchen.

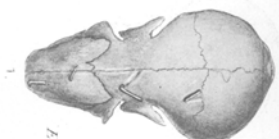
Von Prof. Dr. Julius Wolff in Berlin.

(Hierzu Taf. XI.)

Du Hamel du Monceau ist bekanntlich der erste gewesen, welcher das Knochenwachsthum durch Markirversuche untersucht hat. Er bohrte, in genau gemessenen Abständen von einander, kleine Löcher in die Knochen wachsender Thiere, liess die Bohrlöcher entweder unausgefüllt oder fügte kleine metallene Marken in dieselben ein, und prüfte nach Ablauf eines bestimmten Wachstumszeitraums, ob die Abstände der markirten Stellen von einander unverändert geblieben waren, oder nicht. Durch die von ihm in mehreren Fällen constatirte Distanzunahme der Markirlöcher suchte er den Nachweis der Existenz eines expansiven neben dem appositionellen Knochenwachsthum zu liefern.

Ganz allgemein und mit Recht hat man jederzeit dies einfache du Hamel'sche Experiment als einen der zuverlässigsten Wegweiser bei der Erforschung der Verhältnisse des Knochenwachsthums angesehen, und zahlreiche Autoren haben deshalb im Laufe der fast anderthalb Jahrhunderte, die seit du Hamel's Experimenten verflossen sind, die Markirversuche wiederholt.

Man hätte meinen sollen, dass, bei so übereinstimmenden Ansichten über den Werth der Methode, auch hinsichtlich der durch diese Methode erreichten Resultate sehr leicht eine Uebereinstimmung der verschiedenen Autoren hätte zu Stande kommen müssen. Dies ist indess keineswegs der Fall gewesen. Die erlangten Resultate der einzelnen Autoren weichen in hohem Grade von einander ab, und noch viel mehr gilt dies von den Deutungen, welche in Bezug auf die Frage von der Expansion des Knochengewebes diesen Resultaten gegeben worden sind.



Exp. I.



2.



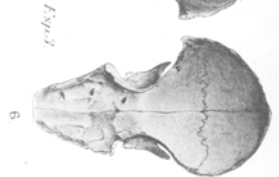
3.



4.

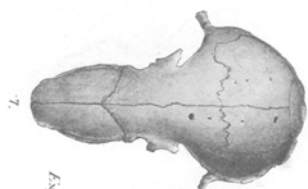


5.

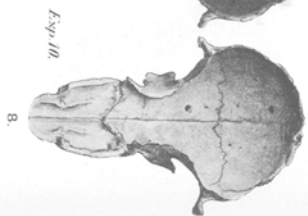


6.

Exp. 3.



7.



8.

Exp. 10.

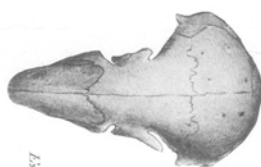


9.



10.

Exp. 11.

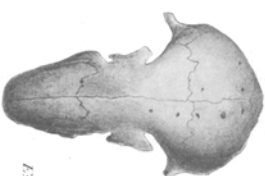


11.



12.

Exp. 13.

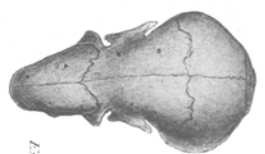


13.



14.

Exp. 16.

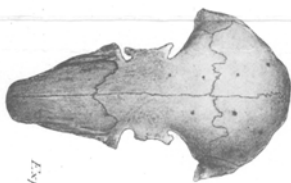


15.



16.

Exp. 19.



17.



18.

Exp. 22.

Die Ursache dieses auffälligen Umstandes liegt zum Theil darin, dass die Aufmerksamkeit der Mehrzahl der Autoren, welche bisher Markirversuche vorgenommen haben, fast ausschliesslich nur einem einzigen Punkte, und zwar dem der Annahme der Existenz einer Knochenexpansion allerdings wenig günstigen Längenwachsthum der langen Röhrenknochen, namentlich dem der Tibia zugewandt gewesen ist.

Dem Dickenwachsthum der Röhrenknochen, über welches die Markirversuche ebenfalls wichtige Aufschlüsse zu geben geeignet sind, hat man bei jenen Versuchen bisher eine verhältnissmässig sehr geringe Beachtung geschenkt.

Noch weniger sind die Verhältnisse des Breitenwachsthums der Röhrenknochen, namentlich die bekannte wichtige Thatsache der Verschmälerung der juxtephysären Diaphysenschichten der Röhrenknochen während des Fortrückens dieser Schichten von den Epiphysenfugen einer Prüfung durch Markirversuche unterzogen worden.

Ueber Markirversuche endlich gar an kurzen Röhrenknochen, an den Kiefern, und, — wenn wir Scheitel- und Stirnbein ausnehmen, — an platten Knochen befinden sich in der Literatur kaum Andeutungen.

Man ersieht hieraus, dass immer noch neue Revisionen der früheren Experimente, neue Modificationen derselben, und namentlich auch Wiederholungen des Markirversuchs an neuen Knochenstellen erforderlich sind, und dass demnach hier für die weitere Forschung ein noch recht grosses Arbeitsfeld übrig bleibt.

Ich habe einen Theil der bestehenden Lücken in den letztvergangenen Jahren durch neu angestellte Reihen von Markirversuchen auszufüllen gesucht, und ich mache nunmehr hier den Anfang mit der Publication der Resultate dieser Untersuchungen.

Wenn ich als ersten Gegenstand der Publication die Markirversuche am Scheitel-, Stirn- und Nasenbein herausgegriffen habe, so geschieht dies keineswegs deshalb, weil etwa diese Knochen die einzigen wären, an welchen es mir gelungen ist, ein expansives Wachsthum nachzuweisen, oder auch nur, weil sie etwa die auffälligsten Resultate in Bezug auf die Expansion ergeben hätten. Im Gegentheil habe ich an anderen Knochen,

und zwar namentlich am Unterkiefer, für den Virchow's genialer Blick ein solches Verhalten schon vor nahezu 30 Jahren vorausgesehen hat, ein viel erheblicheres und in späteren Altersperioden der Thiere auftretendes expansives Wachstum festzustellen vermocht¹⁾. Ich stelle nur darum die Schädelversuche den anderen voraus, weil es sich bei jenen um einen im letzten Jahrzehnt ganz besonders lebhaft discutirten und somit im Vordergrund des allgemeinen Interesses stehenden Gegenstand handelt.

B. v. Gudden²⁾ hat, wie bekannt, zuerst die Schädel sehr junger Kaninchen markirt. Mit einer dreieckigen, nicht zu feinen Stahlspitze bohrte er kleine kreisrunde Marken in das Scheitelbein der Thierchen, selbstverständlich, indem er dafür sorgte, dass die Spitze nicht in's Hirn fuhr. — Um recht schöne kreisrunde Löcher zu bekommen, wurde die Stahlspitze oft, und zwar abwechselnd nach rechts und nach links um ihre Axe gedreht³⁾. — v. Gudden berichtet über 20 an 16 Thieren, die sämmtlich das Alter von 2—3 Tagen hatten, vorgenommene Versuche. 9mal betrug die Versuchsdauer 8 Tage, 11 mal 21 Tage. In allen Fällen geschah eine Distanzzunahme der Bohrlöcher. Meistens waren alle Bohrlöcher in einer der Sagittalnaht parallelen Linie angebracht. Es betrug dann nach 8 Tagen bei 6—9 mm ursprünglicher Entfernung die Distanzzunahme 0,5 bis 1,7 mm; nach 21 Tagen bei 4 mm urspr. Entf. 0,5 bis 0,7, und bei 8 bis 9,5 mm urspr. Entf. 2 bis 2,7 mm. In vier Fällen wurden ausserdem in einer der Kranznaht parallelen Linie Löcher in das Scheitelbein gebohrt. In diesen Fällen kamen nach 21 Tagen auf 4 mm ursprünglicher Distanz 0,5 resp. 0,6, auf 8,5 resp. 8,7 urspr. Distanz 1,1 resp. 1,5 mm Distanzzunahme.

¹⁾ Befestigt man am Unterkiefer eines ca. 10 Tage alten Kaninchens eine unverrückbare metallene Marke in dem Raum zwischen Nagezahn und erstem Backzahn, und eine ebensolche Marke am hinteren Rande des Ramus, so findet man beim ausgewachsenen Thiere die beiden Marken um circa 1 cm weiter von einander entfernt, als bei Ausführung des Versuchs.

²⁾ B. von Gudden, Untersuchungen über das Schädelwachsthum. München 1874. S. 25—27. Vgl. auch Correspondenzblatt für schweizerische Aerzte. I. Jahrgang 1871. No. 5 u. 6.

³⁾ Vgl. Archiv für klin. Chirurgie 21. Bd. S. 478.

Die in diesen Versuchen liegende Beweismethode für das expansive Wachstum bezeichnet v. Gudden als zierlich, genau und durchaus überzeugend.

v. Gudden untersuchte zugleich mittelst derselben Markirmethode die Leistungen des Randwachstums längs der verschiedenen Nähte, bezeichnet aber selber das, was er hier bietet, nur als die ersten Anfänge einer solchen Untersuchung. Die betr. Versuche wurden wiederum sämmtlich an 2—3 Tage alten Thierchen vorgenommen. Am Scheitel- resp. Stirnbein wurden immer je zwei, die zu untersuchende Naht zwischen sich fassende Markirlöcher angebracht. Es handelte sich im Ganzen um 7 Versuche. Fassten die Löcher die Pfeilnaht zwischen sich, so betrug die Distanzzunahme in 2 Fällen nach 18 resp. 26 Tagen auf 3 resp. 4 mm urspr. Entf. 2 resp. 2,3 mm. — An der Stirnnaht betrug die Zunahme 1 mal auf 3 mm urspr. Entf. nach 18 Tagen 1,5, 1 mal nach 26 Tagen auf 4 mm urspr. Entf. 1,2, und 3 mal nach 8 Wochen auf 3 mm urspr. Entf. 1,2 bis 2,3 mm. — An der Kranznaht endlich kamen auf 3 mm urspr. Entf. bei einem Thier an 2 Stellen nach 9 Tagen 1,6 resp. 1,8, 1 mal nach 18 Tagen auf 3 mm urspr. Entf. 2,5, 4 mal nach 8 Wochen auf 3 mm urspr. Entf. 3 bis 4,2 mm Zunahme.

v. Gudden, der anderweitig¹⁾ nachzuweisen gesucht hatte, dass die Nähte für das Wachstum des Schädels und seine Configuration ohne Bedeutung seien, und dass sogar an den Nähten eine Hemmung und Stauung des Wachstums stattfindet, zog aus seinen Versuchen über die Leistungen des Randwachstums den Schluss, einmal, dass das Randwachstum gleich nach der Geburt am ausgiebigsten von Statten geht, dann, dass es stärker an der Kranznaht, schwächer an der Pfeilnaht, am schwächsten an der Stirnnaht ist, endlich, dass das Randwachstum an der Stirnnaht nach der vierten Woche sich auf ein Minimum reducirt.

Der erste Autor, welcher über eigene Wiederholungen der Gudden'schen Versuche Mittheilungen machte, war Maas²⁾. Er berichtete, dass, „wenn er Bohrlöcher in der von Gudden

¹⁾ v. Gudden, l. c. Cap. 3, 4, 5 und 10.

²⁾ Maas, Ueber das Wachstum und die Regeneration der Röhrenknochen. v. Langenbeck's Archiv für klin. Chir. Bd. XX. 1877. S. 732.

angegebenen Weise anlegte, es nach einigen Wochen kaum möglich war, die Stellen im Allgemeinen wiederzufinden, viel weniger genaue Messungen zu machen“. Maas brachte deshalb Stiftchen aus feinem Platindraht, an der Knochenoberfläche rechtwinklig umgebogen, in die Schädelknochen nach der von mir angegebenen Weise, „welche weniger verletzend ist und das Auffinden der Stiftchen erleichtert“. „Jedesmal wurden drei bis vier Stiftchen in verschiedener Stellung zu einander in einem Schädelknochen befestigt; niemals war auch nur ein geringes Auseinanderweichen zu finden.“ Zur Bestätigung des Gesagten folgen alsdann die genaueren Mittheilungen über drei von ihm vorgenommene Versuche. Alle diese Versuche betreffen indess Hunde und noch dazu solche im Alter von bereits 7 Tagen.

Bald darauf wurde auch von Lieberkühn und Bermann¹⁾ der Gudden'sche Versuch wiederholt. Diese Autoren fertigen die Angelegenheit des Gudden'schen Versuchs noch kürzer, als Maas ab, indem sie lediglich Folgendes bemerken: Schon Wegner „habe bezweifelt, dass die Bohrlöcher offen blieben“. Um ein „sicheres Urtheil zu gewinnen“, sei der Versuch von ihnen „an drei jungen Hunden in der vorgeschriebenen Weise“ wiederholt worden; „es liess sich jedoch kein einziges von den Bohrlöchern wieder auffinden“.

Inzwischen waren durch meine im Jahre 1876 vorgenommenen ersten Wiederholungen des Gudden'schen Versuchs²⁾, über welche ich unter Vorlegung zahlreicher Präparate, im Juli 1877 der Berliner physiologischen Gesellschaft eine Mittheilung gemacht hatte, die Gudden'schen Resultate vollauf bestätigt worden. Auch hatte ich geglaubt, in der Lage zu sein, auf Grund meiner Versuche die bis dahin gegen die Gudden'sche Deutung seiner Versuchsergebnisse von mehreren Seiten erhobenen Einwendungen überall widerlegen zu können.

v. Gudden selber publicirte noch in demselben Jahre 1877

¹⁾ Lieberkühn und Bermann, Ueber Resorption der Knochensubstanz. Abdruck aus den Abhandl. der Senckenberg. naturf. Ges. XI. Bd. Frankfurt a. M. 1877.

²⁾ Verhandl. der Berliner physiol. Gesellschaft. 1877. Deutsche medic. Wochenschr. 1877. No. 34 und Du Bois-Reymond, Archiv für Physiol. 1878. S. 620.

eine Bemerkung¹⁾ zu den vorhin erwähnten Maas'schen Mittheilungen, mit Rücksicht auf den Umstand, dass durch den Maas'schen Angriff seiner Markirmethode durch einfache Bohrung „aller und jeder Werth abgesprochen, und auch die Zuverlässigkeit der von ihm vorgenommenen Messungen ziemlich kurz und bündig in Abrede gestellt worden sei“. v. Gudden wies Maas darauf hin, dass, „wenn derselbe zu seinen Versuchen Kaninchen nehmen und die Marken ordentlich kreisrund bohren werde, er zu ganz anderen Resultaten, als früher, gelangen“ und auch wohl „etwas zurückhaltender mit einem so absprechenden Urtheile sein werde, wie er es über die betr. Markirungsversuche auf Grund ganz anders angestellter Versuche fällen zu müssen geglaubt habe.“

Bald nachdem diese Bemerkung v. Gudden's erschienen war, hat Maas den Versuch aufs Neue, und zwar diesmal in der That an 3 Tage alten Kaninchen wiederholt. Er überzeugte sich hierbei zunächst in Bezug auf die Thatsachen selber von der Richtigkeit der v. Gudden'schen Angaben, und unterliess nicht, seinen früheren Irrthum voll einzugestehen. Er bekannte nunmehr, dass 1) die Gudden'schen Bohrlöcher sich fast jedesmal nach einer Reihe von Wochen, selbst noch in der 6. Woche „leicht wiederfinden lassen“, dass 2) diese Bohrlöcher „zu genauen Messungen geeignet sind“, und dass 3) die Bohrmarken jedesmal „auseinandergewichen waren“. Leider hat Maas nun wieder immer nur ursprüngliche Distanzen von 4 mm genommen, und nicht, wie v. Gudden und ich, auch solche von c. 8 mm, wobei er viel grössere Werthe erreicht haben, und auch wohl zu wesentlich anderen Schlüssen gelangt sein würde. Immerhin erhielt er auch schon bei so geringen ursprünglichen Abständen Distanzzunahmen von 0,5—1 mm. — Dass und wie Maas trotz dieses Resultats zu dem Schlusse gelangt ist, der Gudden'sche Versuch liefere Nichts, als „einen sicheren Beweis für das appositionelle Wachsthum der Schädelknochen“, darauf werden wir weiter unten zurückkommen.

¹⁾ v. Gudden, Bemerkung zu Maas' Arbeit über Wachsthum etc. Archiv für klin. Chirurgie Bd. 21. S. 477.

²⁾ Maas, Die Deutung des Gudden'schen Markirversuchs. Archiv für klinische Chirurgie Bd. 23. S. 333.

Schliesslich hat sich auch noch Schwalbe¹⁾ veranlasst gesehen, nachdem er zuvor schon den Gudden'schen Versuch nach allen Richtungen hin bemängelt hatte, den Versuch zu wiederholen. Dieser Autor hat nun aber merkwürdiger Weise gar 3—5 Wochen alte Kaninchen zu seinen Versuchen benutzt. Auch bei solchen Thieren blieben die Marken noch nach mehreren Wochen erhalten, und waren zu Messungen auf Zehntel-millimeter geeignet. Natürlich wichen hier auf 4,5 resp. 6,5 mm ursprünglicher Entfernung die Marken um höchstens 0,2 mm auseinander. Auf Grund solcher Versuche gelangte Schwalbe zu der Meinung, dass ich mich mit Unrecht „noch einmal des Gudden'schen Versuches als Waffe für die Vertheidigung des an allen Seiten geschlagenen interstitiellen Knochenwachsthums bedient habe“, und hielt er sich zu dem Schlussworte für berechtigt: „Es bleibt also auch für die Knochen des Schädeldachs beim appositionellen Wachsthum.“

Dieser gänzlich irrthümliche Ausspruch eines Autors vom Range Schwalbe's hat in hohem Grade verwirrend gewirkt.

Ich hatte im Jahre 1877²⁾ die grosse Einfachheit, die leichte Ausführbarkeit und das leichte Gelingen des Gudden'schen Versuchs ganz besonders hervorgehoben, und demgemäss darauf hingewiesen, dass durch diesen Versuch den Gegnern der Knochen-expansion ein Mittel in die Hand gegeben sei, „wenn sie sich nur der sehr geringen Mühe der Wiederholung dieses Versuchs unterziehen wollen, sich binnen wenigen Wochen von der Existenz des expansiven Wachsthums zu überzeugen“.

Indess auf Schwalbe's Autorität hin glaubte man diesem meinem Hinweis keine Beachtung schenken zu müssen.

Von 1878 bis 1885 finden sich keine weiteren directen Mittheilungen über den Gudden'schen Versuch in der Literatur, und man gewinnt nur bei fast allen Autoren, die während dieser Zeit die Knochenwachsthumsfrage berühren, den Eindruck, als habe sich bei ihnen die Ansicht von der mangelnden Beweiskraft des Versuchs, so bestimmt auch eine solche Ansicht

¹⁾ Schwalbe, Ueber den Gudden'schen Markirversuch etc. Sitzungsberichte der Jenaischen med.-naturwissensch. Gesellschaft. Sitzung vom 10. Mai 1878. Jenaische Zeitschr. für Naturw. 1878. Bd. XII. S. XXXV.

²⁾ Verhandl. der Berliner physiolog. Gesellsch. I. c.

schon allein durch den an meinen Präparaten gelieferten Nachweis des vollkommen senkrechten Verlaufs der Markirlöcher bei meinen Versuchen widerlegt war, immer noch mehr befestigt.

Zum Theil lag wohl der Grund hierfür in der Mangelhaftigkeit der bisherigen Publicationen von v. Gudden und mir.

v. Gudden hatte die Ergebnisse seiner betr. Versuche auf drei Seiten seines Werkes zusammengefasst, und nur kurz die Distanzzunahmen in den verschiedenen Fällen angegeben, ohne die einzelnen Präparate genauer zu beschreiben oder abzubilden. Eine einzige Abbildung¹⁾ eines nicht weiter beschriebenen Präparats, die sich in v. Gudden's Werk befindet, hatte nur dazu dienen sollen, im Allgemeinen die „Reinlichkeit und Genauigkeit der Markirmethode“ zu demonstriren.

Ebenso hatte ich selber bisher meine einzelnen der physiologischen Gesellschaft vorgelegten Präparate nicht beschrieben und abgebildet. Ich hatte dies deshalb unterlassen, weil ich zum Zweck einer möglichst erschöpfenden und überzeugenden Darstellung noch die Ausführung neuer und neu modificirter Experimente für nothwendig erachtete.

Es war mir nemlich erstens mit Rücksicht auf gewisse weiter unten zu erörternde Einwendungen, die gegen die Beweiskraft des Versuchs erhoben waren, erforderlich erschienen, zu positiven Resultaten im Sinne der Expansion auch durch solche Versuche zu gelangen, bei welchen die Bohrlöcher durch metallene Marken ausgefüllt worden waren.

Zweitens war es wünschenswerth, das von v. Gudden nur am Scheitelbein und von mir am Scheitel- und Stirnbein ausgeführte Experiment zunächst auch noch am Nasenbein der Kaninchen zu wiederholen.

Es blieb drittens zu untersuchen übrig, bis zu welcher Altersstufe das von v. Gudden nur für 2—3 Tage alte Kaninchen constatirte expansive Wachsthum an den verschiedenen Knochen fortduere.

Viertens waren v. Gudden's Anfänge einer Untersuchung des Rand- resp. Nahtwachsthums zu controliren und weiter auszuführen.

¹⁾ v. Gudden, l. c. Taf. VII. Fig. 9.

Endlich fünftens stellte sich mir die Aufgabe, den Markirversuch für die Beurtheilung des Dickenwachsthums der Schädelknochen in der früher von mir bereits kurz ange-deuteten Weise so viel als möglich weiter zu verwerthen.

Mit Rücksicht auf die hier aufgezählten Punkte nun habe ich im Jahre 1883 am Scheitel-, Stirn- und Nasenbein der Kaninchen eine Reihe von Wiederholungen des du Hamel'schen Experiments vorgenommen, deren Ergebnisse den wesentlichsten Gegenstand der vorliegenden Mittheilungen bilden.

Nachträglich habe ich hier noch hinzuzufügen, dass, als die vorliegende Arbeit schon grossentheils druckfertig war, in diesem Archiv eine Mittheilung von Egger¹⁾ in München erschienen ist, durch welche v. Gudden's und meine Versuche eine sehr willkommene Bestätigung gefunden haben.

Egger²⁾ stellte an 7 zwei oder drei Tage alten Kaninchen Markirversuche mit 16 Paaren am Scheitelbein in sagittaler Richtung neben der Pfeilnaht eingebohrter Löcher und mit 4 Paaren ebenso neben der Stirnnaht am Stirnbein eingebohrter Löcher an, und prüfte die Resultate nach 29 resp. 33 Tagen. Die Distanz der Scheitelbeinlöcher hatte in jedem Falle erheblich zugenommen, im Minimum um 2,4, im Maximum um 3,6 mm bei 7,5 – 9,7 ursprünglicher Distanz. Am Stirnbein betrug die Zunahme sogar 5,1 bis 6,5 mm, bei 10,5 – 10,7 mm ursprünglicher Distanz.

Dem Berichte über meine Experimente habe ich die folgenden allgemeinen Bemerkungen über mein Verfahren beim Experimentiren vorausszuschicken.

In denjenigen Fällen, in welchen ich einfache Markirlöcher in die Knochen bohrte, ohne Metallmarken in die Löcher einzufügen, verhielt ich mich ziemlich ebenso wie v. Gudden. Eine gestielte Präparirnadel oder ein bis zur geraden Linie geöffneter mit feiner dreieckiger Spitze versehener Zirkel wurde unter mehrmaliger Drehung um die eigene Axe vorsichtig eingebohrt, und dabei wurde ganz besonders genau darauf geachtet, dass

¹⁾ Egger, Experimentelle Beiträge zur Lehre vom interstitiellen Knochenwachsthum. Dieses Archiv Bd. 99. Hft. 1. S. 1.

²⁾ l. c. S. 7.

die Nadel oder der Zirkel während der ganzen Dauer des Bohrens möglichst vollkommen senkrecht zur Knochenoberfläche standen.

Sobald alle Löcher gebohrt waren, wurden die in Betracht kommenden Distanzen gemessen. — Der zur Messung benutzte sehr gute von Dörffel verfertigte Zirkel war mit einer Schraube versehen, mittelst welcher die unteren Enden seiner beiden Arme sich für Messungen von 0,5 bis 1,5 mm einander parallel stellen liessen. Dadurch war es möglich, beide Zirkelspitzen in jedesmal genau oder fast genau senkrechter Richtung beim Messen in den Eingang der Bohrlöcher einzuführen. Man merkte dann sehr deutlich, ob die Zirkelspitzen im Eingang der Löcher sassen oder nicht, und es liess sich demnach nicht bloss durch das Gesicht, sondern auch durch das Gefühl controliren, ob die Zirkelweite eine genau richtige war. Dazu kam, dass dieselbe Zirkelschraube eine sehr genaue Regulirung der jedesmaligen Zirkelweite, wie sie für die feinen Zehntelmillimetermessungen erforderlich ist, gestattete, da eine volle Umdrehung der Schraube um ihre Axe einer Veränderung der Zirkelweite von nur etwa 1 mm entsprach. — Die in den Zirkel genommene Distanz wurde nun zunächst durch leises Eindrücken der Zirkelspitzen in das Papier des Notizblattes auf letzteres übertragen. Zwischen das gerade zur Notiz dienende und das nächstfolgende Blatt des Notizbuches war jedesmal als Unterlage ein den betr. Blättern gleich grosses Blatt stärkeren glatten Cartonpapiers geschoben, und es wurde natürlich darauf geachtet, dass das Notizblatt ohne jede Faltung und Bauschung glatt und wie ausgespannt auf der Unterlage dalag. — War die Distanz deutlich auf dem Notizblatt markirt, so liess ich doch die Notiz erst dann für richtig gelten, wenn ich mich nachträglich noch durch ein- oder zweimal mittelst des Zirkels wiederholten Vergleich mit den wirklichen Distanzen der Löcher davon überzeugt hatte, dass die Notiz in der That auf das Minutiöseste stimmte. — Nach Beendigung des Experiments und Vernähung der Hautwunde wurden die Grössen aller notirten Distanzen am Nonius des Transporteurs auf Zehntelmillimeter genau festgestellt.

Was diejenigen Versuche betrifft, bei welchen die Markirungen nicht mittelst blosser Löcher, sondern mittelst Stiftchen

oder rechtwinklig umgebogener Häkchen vorgenommen wurden, so bohrte ich nur ausnahmsweise bei älteren Thieren und an härteren Knochenstellen ein Loch vor, und steckte dann die Metallmarken in das Loch. An den meisten Stellen gelang die Metallmarkirung bei den jungen Thierchen besser, wenn die unten zugespitzte und an ihrem oberen Ende zwischen den Branchen einer feinen Unterbindungspinzette eingeklemmte Metallmarke mit Vorsicht in genau senkrechter Richtung in den Knochen einfach hineingedrückt wurde. Eine für diesen Zweck genügende Zuspitzung des unteren Endes der kleinen Metallmarken wird dadurch hergestellt, dass man den zur Verfertigung der Marken dienenden aus gut geglühtem edlem Metall bestehenden Draht an derjenigen Stelle, an welcher die Zuspitzung entstehen soll, mit einer in sehr schräger Richtung zur Axe des Drahts gestellten Scheere einfach durchschneidet. — Auch bei diesen Versuchen liess sich eine auf Zehntelmillimeter genaue Distanzmessung auf das Notizbuch übertragen, wenn die Zirkelspitze scharf an den stets gut zu findenden Mittelpunkt der Stiftchen resp. an den Umbiegungspunkt der Axe des zu den umgebogenen Häkchen verwendeten Drahtes angesetzt wurde.

Waren die Thiere nach Ablauf der bestimmten Versuchsdauer getödtet worden, und die Schädel herauspräparirt, so wurden die Distanzen aller an den Präparaten zu messenden Punkte mittelst des Zirkels unmittelbar am Nonius bestimmt, und zum Vergleich neben dem früheren Vermerk über die ursprüngliche Distanz notirt.

Behufs Prüfung der Richtung der Markirlöcher zur Knochenoberfläche wurden die Entfernungen der in Betracht kommenden Punkte an den Präparaten nicht bloss an der äusseren, sondern auch an der inneren Schädelfläche gemessen.

Ferner wurden die Messungen an der äusseren Fläche der Präparate häufig nicht bloss mittelst des Zirkels, sondern des Vergleichs halber auch noch mittelst des Bandmaasses gemessen, und zwar diente ein langer, nur c. 2 mm breiter Streifen starken Papiers als Bandmaass. Der Streifen wurde dicht neben den zu messenden Stellen über den Knochen gelegt, und von beiden Enden her straff angezogen. Alsdann wurden mittelst einer sehr spitzen Feder die Entfernungen zunächst am Streifen abge-

zeichnet, und hierauf mittelst des Streifens am Nonius gemessen. — An der inneren Schädelfläche war natürlich die Bandmaassmessung unmöglich, weil sich hier der Papierstreifen nicht straff anziehen lässt.

Ich bemerke endlich noch, dass beim Operiren selbstverständlich mit der grössten Sauberkeit, und, soweit es bei den Thieren irgend möglich ist, unter antiseptischen Cautelen verfahren wurde. Es gebietet sich dies schon aus dem Grunde, weil man sonst viele Verluste an brauchbaren Resultaten durch Eiterung der Wunden oder zu frühen Tod der Thierchen zu gewärtigen hat.

Aus der Zahl der von mir vorgenommenen Experimente berichte ich Genaueres nur über die folgenden 23, mittelst welcher ich eine ziemlich ausreichende Antwort auf die meisten hier in Betracht kommenden Fragen geben zu können glaube.

Die Reihenfolge der Versuche ist nach dem Alter, welches die Thiere bei der Operation hatten, angeordnet, so zwar, dass die an den jüngsten Thieren vorgenommenen Versuche zuerst, die bei den ältesten ausgeführten zuletzt kommen.

Der Beschreibung fast jedes einzelnen Versuchs ist je eine schematische Figur beigegeben, welche zur leichteren Orientirung über die Lage der Marken dienen soll, natürlich aber nicht etwa zum Nachmessen der Entfernungen bestimmt ist.

Um hinsichtlich der quantitativen Verhältnisse des Expansions- resp. Randwachsthum's leicht vergleichbare Zahlen zu gewinnen, wurden in der von Langer¹⁾ geübten Manier die Wachsthumscoefficienten für alle zwischen je zwei Punkten gemessenen Strecken berechnet, und neben den absoluten Messungswerthen notirt.

Die Dauer der einzelnen Versuche wurde bei der Berechnung der Wachsthumscoefficienten nicht mit in Anschlag gebracht. Da sämmtliche Versuche länger, als 14 Tage gedauert haben, und da die hier in Betracht kommenden Distanzzunahmen zwischen den markirten Punkten schon in der 3. Lebenswoche

¹⁾ Langer, Ueber das Wachsthum des menschlichen Skelets, mit Bezug auf den Riesen. Denkschr. der Kais. Akad. der Wissensch. zu Wien. Math.-naturw. Kl. 1872. Bd. 31.

der Kaninchen fast verschwindend geringfügige sind, so konnte bei unserer Berechnung die Versuchsdauer ausser Acht bleiben, ohne dass dadurch ein erheblicher Fehler entstand. Noch geringer wurde die Möglichkeit eines erheblichen Fehlers dadurch, dass bei der grossen Mehrzahl der Versuche und zwar bei 17, die Versuchsdauer nahezu dieselbe war (18—25 Tage). Nur bei 3 Versuchen (6, 17, 18) betrug die Versuchsdauer 14 Tage, und bei 3 anderen (5, 14, 15) 40—42 Tage.

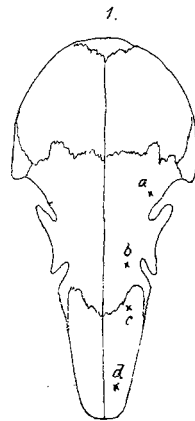
Neun der beschriebenen Präparate habe ich, sowohl von der äusseren als von der inneren Schädelfläche gesehen (Fig. 1—18 der Taf. XI) im hiesigen Atelier des Herrn A. Frisch in natürlicher Grösse photolithographiren lassen. Die zunächst sehr sorgsam hergestellten Photographien gaben die hier in Betracht kommenden Verhältnisse ziemlich gut wieder; nur mussten fast an allen Präparaten einzelne die Klarheit des Bildes störende Schatten durch einen geschickten Retoucheur mit Vorsicht beseitigt werden, ehe der Druck vorgenommen wurde. Zum Nachmessen der Distanzen der hier in Betracht kommenden Punkte sind wegen der Wölbung der Schädeloberfläche natürlich auch die Photolithographien nicht überall geeignet.

Die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Präparate selber, an welchen man sich leicht durch Nachmessen von der Genauigkeit der im Folgenden angegebenen Maasse überzeugen kann, habe ich Herrn Geheimrath Virchow übergeben, und befinden sich dieselben im hiesigen pathologischen Institut.

1. Einem 2 Tage alten Kaninchen wurden 2 rechtwinklig umgebogene Silberhäkchen (a, b) in das linke Stirnbein, 2 eben solche (c, d) in das linke Nasenbein eingedrückt. — Das Thier wurde nach 22 Tagen getödtet. — Fig. 1 Taf. XI zeigt die photolithographische Abbildung des Präparats von aussen, Fig. 2 von innen gesehen. — Alle vier Marken waren gut haften geblieben. Die horizontalen Schenkel von a und b lagen in entsprechenden flachen Kerben auf der Knochenoberfläche, während unter den horizontalen Schenkeln von c und d die Knochenoberfläche vollkommen glatt geblieben war. An der inneren Mündung des Markirlochs a befand sich eine feine, langgestreckte, gegen die Kranznaht hin zugespitzte scharfrandige Kerbe, die ich, da ähnliche Bildungen zugespitzter Kerben, wie wir weiter unten sehen werden, zuerst von v. Gudden beschrieben worden sind, als Gudden'sches Dreieck bezeichnen will.

Die Entfernungen der in Betracht kommenden Punkte bei der Operation und am Präparate ergeben sich aus der folgenden Tabelle:

	bei der Ope- ration	am Präparat			Wach- thums- coeffi- cient
		ausseen		innen	
		Zirkel- mes- sung	Band- maass- mes- sung		
a bis b ¹⁾	11,0	12,6	12,7	12,5	1,14
c bis d	6,5	8,7	8,7	8,7	1,34
b bis c (über die hintere Nasenbeinschuppe) .	4,0	10,5	—	10,5	2,63
a bis d	21,2	31,6	—	—	
a bis zur Stirnnaht .	4,3	4,8	—	—	1,12
b bis zur Stirnnaht .	2,5	2,6	—	—	1,04
b in der zur Stirnnaht senkrechten Linie bis zum Orbitalrand .	1,1	1,8	—	—	1,64
c bis zur medianen Na- senbeinfuge	1,4	1,4	—	—	1,00
d bis zur medianen Na- senbeinfuge	1,2	1,2	—	—	1,00

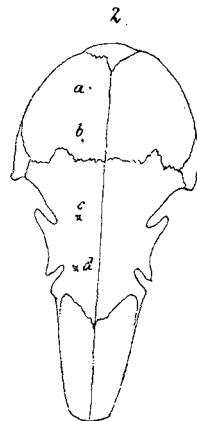


2. Einem 2 Tage alten Kaninchen wurden zwei Markirlöcher (a, b) neben der Pfeilnaht in das rechte Scheitelbein eingebohrt. Zugleich wurden 2 gerade, kurze, zugespitzte Stiftchen (c, d) in den mittleren Theil des rechten Stirnbeins hineingedrückt. Die beiden Stiftchen blieben circa 0,4 mm über dem Niveau der Knochenoberfläche prominent.

Das Thier wurde nach 19 Tagen getödtet. Fig. 3 Taf. XI ist die photographische Abbildung des Präparats von aussen, Fig. 4 von innen gesehen. — Die Marken im Scheitelbein waren aussen und innen vollkommen gut erhalten geblieben. Das Stirnbeinstiftchen d haftete noch fest; dagegen war das Stiftchen c durch das Loch gefallen, und lag frei an der inneren Schädelfläche.

Es ergaben sich folgende Distanzen:

	bei der Operation	am Präparat		Wachstums- coefficient	
		ausseen			innen
		Zirkel- mes- sung	Band- maass- mes- sung		
Länge der Sagittalnaht	11,6	14,5	—	—	—
a bis b	6,2	8,3	8,6	8,1	1,34
c bis d	5,5	6,6	6,8	6,8	1,2
c bis zur Kranznaht .	3,6	5,6	—	—	1,56
c bis zur Stirnnaht .	2,6	2,6	—	—	1,00
d bis zur Stirnnaht .	3,0	3,9	—	—	1,3
d bis zur Orbita . .	3,1	3,6	—	—	1,16



3. Einem 3 Tage alten Kaninchen wurden zwei rechtwinklig umgebogene Häkchen (a, b) in das linke Stirnbein, zwei ebensolche (c, d) in das linke Nasenbein eingefügt. An der Stelle des Häkchens a, welches dicht am Margo supraorbitalis lag, war ein Loch vorgebohrt worden; die übrigen drei Häkchen wurden einfach in den Knochen hineingedrückt. — Nach 22 Tagen

¹⁾ In den schematischen Figuren bedeutet × Metallmarke, • einfaches Markirlöcher.

wurde das Thier getödtet. Fig. 5 zeigt die photolithographische Abbildung des Präparats von der äusseren, Fig. 6 von der inneren Schädelfläche gesehen. Alle 4 Stiftchen waren, wie die Abbildung zeigt, sehr gut haften geblieben. — Die horizontalen Schenkel von b, c, d lagen in mässig tiefen Kerben auf der Knochenoberfläche, während an dem horizontalen Schenkel von a sich nur eine sehr undeutlich ausgeprägte Kerbenbildung zeigte. — Es ergaben sich folgende Distanzen:

3.

	bei der Ope- ration	am Präparat			Wachs- thums- coef- ficient
		ausser		innen	
		Zirkel- mes- sung	Band- maass- mes- sung		
a bis b	10,2	11,7	11,8	11,7	1,15
c bis d	4,2	6	6	6	1,45
b bis c, über die hintere Nasenbeinschuppe .	2,6	7	—	—	2,69
a bis c, über dieselbe Naht	12,2	17,5	—	—	—
a bis zur Kranznaht	2,6	3,8	—	—	1,46
a bis zur Stirnnaht .	6,6	7,2	—	—	1,09
b bis zur Stirnnaht .	1,5	1,6	—	—	1,07
c bis zur medianen Nasenbeinfuge . .	2,7	2,7	—	—	1,00
d bis zur medianen Nasenbeinfuge . .	3,5	3,5	—	—	1,00

4. Bei einem 3 Tage alten Kaninchen wurden 5 rechtwinklig umgebogene Häkchen in die Knochen der linken Schädelhälfte hineingedrückt, eins (a) in das Schläfenbein, zwei (b und c) in das Stirnbein und zwei (d, e) in das Nasenbein. Nach 21 Tagen wurde das Thier getödtet. Das Stirnbeinhäkchen b wurde nicht wiedergefunden; auffälliger Weise war auch das Loch, welches durch das Eindringen des betr. Häkchens im Stirnbein erzeugt war, durch Knochenmasse ausgefüllt, so dass weder an der Aussen-, noch an der Innenfläche des Knochens eine Spur dieses Loches wiedergefunden werden konnte; die Häkchen a und c

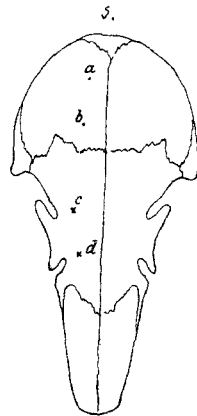
4.

steckten fest, die Häkchen d und e etwas locker in ihren Löchern. Die horizontalen Schenkel von c, d und e lagen wieder in entsprechenden flachen Kerben auf der Knochenoberfläche. Es ergaben sich folgende Distanzen:

	bei der Ope- ration	am Präparat				Wachs- thums- coef- ficient	
		ausser		innen			
		Zirkel- mes- sung	Band- maass- mes- sung				
a bis c, über die Schläfen - Stirnbeinnaht	11,6	15	15,7	15	1,29		
d bis e	3,5	4,7	4,7	4,7	1,34		
c bis zur Stirnnaht	3,1	3,1	—	—	1,00		
d bis zur medianen Nasenbeinfuge .	3,6	3,6	—	—	1,00		
e bis zur medianen Nasenbeinfuge .	2,5	2,7	—	—	1,08		

5. Einem 4 Tage alten Kaninchen wurden zwei Markirlöcher (a, b) in das rechte Scheitelbein neben der Pfeilnaht eingebohrt. Zugleich wurden in das rechte Stirnbein, und zwar im mittleren Dritttheil desselben neben der Orbita, zwei circa 2 mm lange Stiftchen (Spitzen englischer Nähadeln) hineingedrückt. — Das Thier wurde erst nach 41 Tagen getödtet. Von den beiden Scheitelbeinlöchern war an der äusseren Schädelfläche keine Spur mehr zu finden; dagegen waren dieselben an der inneren Schädelfläche gut bemerklich. Ein ganz geringer Druck mittelst einer von innen her in das Loch a gesteckten feinen Nadel genügte, um die das Loch von aussen bedeckende Knochenlage zu perforiren. Auch die beiden Stirnbeinstiftchen (c, d) waren von aussen durch eine dünne Knochenlage bedeckt, welche noch durchscheinend war, und daher die Köpfe der unter ihr befindlichen Stiftchen eben noch erkennen liess. Von der Innenfläche des Schädels her beobachtet, sieht man die Stiftchen mit ihren Köpfen noch ganz fest in ihren Löchern steckend. Es ergaben sich folgende Distanzen:

	bei der Ope- ration	am Präparat		Wachs- thums- coef- ficient
		aussen	innen	
		Zirkel- mes- sung	Band- maass- mes- sung	
Länge der Pfeilnaht.	11,7	15,5	—	—
a bis b	6,8	—	8,2	1,21
c bis d	5,3	5,6	5,6	5,2
Spitze des Stiftchens c bis zu der des Stift- chens d	—	—	4,6	1,00
a bis Pfeilnaht . .	3,0	—	3,8	1,27
b bis Pfeilnaht . .	2,9	—	3,5	1,21
b bis Kranznaht . .	2,6	—	4,5	1,73
c bis Stirnnaht . .	2,8	3,5	—	1,25
d bis Stirnnaht . .	2,1	2,7	—	1,29



Man ersieht aus diesen Messungen, dass es in diesem Falle nicht gelungen war, die Stiftchen c und d in genau senkrechter Richtung in den Knochen zu stecken, dass sie vielmehr mit ihren Spitzen ziemlich stark convergirten. Zugleich ergibt es sich, dass die beiden Stiftchen c und d in diesem Falle ihre ursprüngliche Entfernung von einander nicht verändert haben. Da die Entfernung der durchscheinenden Stellen an der äusseren Stirnbeinfläche 5,6, die Entfernung der Stiftchen an der inneren Stirnbeinfläche 5,2, endlich die Entfernungen der in der Schädelhöhle befindlichen Spitzen der Stiftchen nur 4,6 mm beträgt, so muss die Entfernung der im Knochen versteckten Köpfe der Stiftchen am Präparat etwa 5,3 mm betragen, also gerade ebenso viel, wie bei der Operation.

6. Einem 4 Tage alten Kaninchen wurden 4 Markirlöcher (a, b, c, d) in das linke Scheitelbein, 2 (e, f) in das rechte Scheitelbein, 1 (h) in das linke Stirnbein und 2 (g, i) in das rechte Stirnbein gebohrt. — Nach 14 Tagen wurde das Thier getödtet. Sämmtliche Löcher waren sowohl

aussen wie innen vollkommen deutlich wiederzufinden und nirgends durch eine neugebildete Knochenlage überdeckt. Das Markirloch f zeigte sich vergrössert, so dass sein Durchmesser etwas über 1 mm betrug; die Löcher a, e und h hatten einen Durchmesser von circa 0,5 mm, während die übrigen Löcher punktförmlich waren, mit einem Durchmesser von 0,1—0,3 mm. Namentlich betrug von g und i der Durchmesser nur circa 0,1 mm. Rings um das feine Loch g befand sich aber eine Vertiefung von circa 0,7 mm Durchmesser, welche es bewirkte, dass bei auffallendem Licht auch dies Loch etwas stärker vergrössert erschien; bei durchscheinendem Licht war indess die punktförmliche Gestalt des Lochs g deutlich zu erkennen. Die Entfernungen betragen:

	bei der Operation	am Präparat		Wachstums-coefficient
		aussen Zirkel-mes-sung	innen Band-maass-mes-sung	
6. Länge der Pfeilnaht	11,2	14,0	—	—
a bis b	6,4	7,0	7,2	7,0 1,09
c bis d	5,3	6,0	6,3	6,0 1,13
a bis c	4,6	5,3	5,4	5,3 1,15
a bis d	6,9	7,7	7,8	7,7 1,12
e bis f	6,4	7,2	7,3	7,2 1,13
g bis i	3,7	4,9	4,9	4,9 1,32
i bis zum hinteren Rand der Vertiefung um g	—	5,3	5,3	— —
i bis zum vorderen Rand derselben Vertiefung	—	4,5	4,5	— —
b bis d	3,3	3,3	—	3,3 1,00
a bis zur Interparietalnaht	2,1	2,5	—	— 1,19
b bis zur Kranznaht	2,6	4,1	—	— 1,58
g und h bis zur Kranznaht	2,2	3,5	—	— 1,59

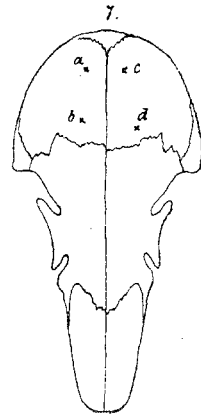
Die Entfernungen der Löcher a, b, e, f, g, i, h von der Pfeil- resp. Stirnnaht betragen bei der Operation überall circa 2 mm, und fanden sich am Präparat unverändert oder um höchstens 0,2 mm vergrössert (W.-C. 0,10).

7. 4 Tage altes Kaninchen. 2 rechtwinklig umgebogene Häkchen (a, b) wurden in das rechte, 2 ebensolche (c, d) in das linke Scheitelbein gesteckt. — Nach 40 Tagen getödtet. Häkchen b wurde in seiner ursprünglichen Lage wiedergefunden; der horizontale Schenkel desselben lag wieder in einer Kerbe auf der Oberfläche des Knochens. Die übrigen drei Häkchen (a, c, d) waren durch die Löcher in den Schädelraum hineingerutscht, und zwar a unzweifelhaft erst seit kurzer Zeit, da man hier noch an der äusseren Oberfläche des Knochens eine ebensolche Kerbe, in der der horizontale Schenkel des Häkchens offenbar bis vor Kurzem gelegen hatte, sieht, wie

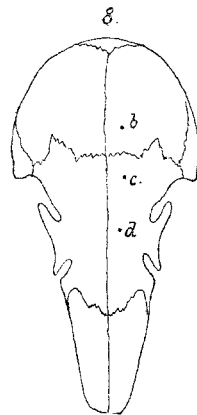
bei a. Die Bohrlöcher c und d, durch welche die Haken wahrscheinlich schon seit längerer Zeit hineingerutscht waren, sind an der äusseren Schädelfläche durch eine dünne Knochenlage überdeckt, an der inneren Schädelfläche dagegen noch vollkommen deutlich zu erkennen. Die überdeckende Knochenlage bei c war so dünn, dass sie durch leisen Druck einer von innen her in das Markirloch eingeführten feinen Nadelspitze perforirt wurde; bei d ist sie etwas stärker, aber immer noch durchscheinend. Markirloch c ist innen fast punktförmig (0,2 Durchmesser), während d innen das mit der Spitze nach der Kranznaht gerichtete Gudden'sche Dreieck zeigt.

Die Messungen ergaben Folgendes:

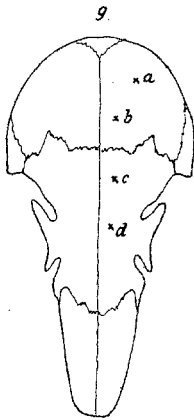
	bei der Ope- ration	am Präparat		Wachs- thums- coef- ficient
		aussen	innen	
		Zir- kel- mes- sung	Band- maass- mes- sung	
a bis b	6,5	7,9	8,0	7,9 1,22
c bis d	7,4	—	—	9,0 1,22
c bis zur hinterenschmalen Seite des Gudden'schen Dreiecks d	—	—	—	8,6 —
c bis zur Spitze des Gud- den'schen Dreiecks d	—	—	—	9,7 —
a bis c, über die Pfeilnaht	5,0	6,2	—	— 1,24
b bis d, über die Pfeilnaht	5,6	7,4	—	— 1,32
b bis zur Kranznaht	2,0	3,8	—	— 1,90
d bis zur Kranznaht	1,3	2,0	—	— 1,54
a und c bis zur Interpa- rietalnaht	1,4	2,3	—	— 1,64



8. 4 Tage altes Kaninchen. 2 Markirlöcher (a, b) im linken Scheitelbein, 2 Markirlöcher (c, d) im linken Stirnbein. — Getödtet nach 23 Tagen. Das hintere Scheitelbeinloch (a) war nicht mehr zu finden. — Die Entfernung von c bis d hat aussen und innen von 6,3 auf 7,4 (W.-C. 1,17) zugenommen; mit dem Bandmaass gemessen, beträgt ihre Entfernung am Präparat aussen 7,6 mm.



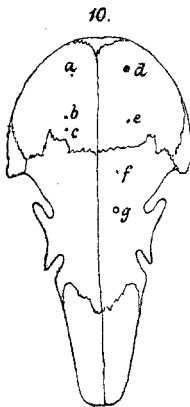
9. 4 Tage altes Kaninchen. 2 gerade Stiftchen (a, b) im linken Scheitelbein, das hintere fast dreimal so weit von der Pfeilnaht entfernt, als das vordere; 2 ebensolche Stiftchen (c, d) im linken Stirnbein, nahe der Stirnnaht. — Nach 25 Tagen sitzt nur noch der hintere Scheitelbeinstift im Knochen; die übrigen sind in die Schädelhöhle gefallen, während ihre Löcher aussen und innen deutlich sind. Merkwürdigerweise hat die Entfernung der Scheitel-



beinmarken (a, b) nicht mehr als 0,3 (7 auf 7,3; W.-C. 1,04) zugenommen; dagegen die der Stirnbeinmarken (c, d) von 6,4 auf 7,6 (W.-C. 1,19). Die Entfernung aller 4 Marken von der Mittellinie (Pfeil resp. Stirnnaht) ist unverändert geblieben (6,2; 2,2; 2,2; 2,2). Die Entfernung der hinteren Scheitelbeinmarke a vom lateralen Endpunkt der Interparietalnaht hat von 5,4 auf 6,4 (W.-C. 1,19) zugenommen.

10. 4 Tage altes Kaninchen. 3 Markirlöcher (a, b, c) im rechten, 2 (d, e) im linken Scheitelbein, 2 (f, g) im linken Stirnbein. Am linken Scheitelbein wurde vor dem Einbohren der Löcher das ganze Pericranium abgetragen; am rechten wurde es möglichst intact auf dem Knochen gelassen, so dass die Bohrung zugleich durch Pericranium und Knochen ging.

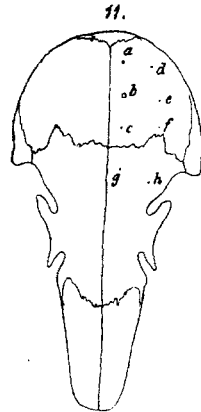
— Nach 21 Tagen getötet. — 2 Markirlöcher (d und g) haben sich vergrößert (bis auf 0,8 resp. 0,9 Durchmesser); die übrigen 5 Löcher sind, wie bei der Operation, punktförmig (von 0,1—0,3 mm Durchmesser), sämtlich gut erkennbar und weder aussen, noch innen überdeckt. Bei f zeigt sich innen eine Andeutung der Bildung eines Gudden'schen Dreiecks, dessen Spitze gegen die Kranznaht gerichtet ist. Auf dem linken Scheitelbein fand sich ein neugebildetes Pericranium, das sich in keiner Weise von dem rechtsseitigen Pericranium unterschied. Auch das Verhalten der Markirlöcher zeigt rechts und links keine Unterschiede, die durch die Abtragung resp. das Zurücklassen des Pericranium bedingt sein könnten. Fig. 7 stellt die äussere, Fig. 8 die innere Fläche des Präparats dar. — Die Messungen ergaben Folgendes:



	bei der Ope- ration	am Präparat		Wachs- thums- coef- ficient	
		ausser			
		Zirkel- mes- sung	Band- maass- mes- sung		
Länge der Pfeilnaht .	12	14,8	—	13,5	—
a bis c	6,2	7,4	7,5	7,4	1,19
a bis b	4,2	5,0	5,0	5,0	1,19
b bis c	2,0	2,4	2,4	2,4	1,20
d bis e	6,2	7,2	7,3	7,0	1,16
f bis g	2,7	3,5	3,5	3,5	1,30
a bis zur Pfeilnaht .	4,1	4,4	—	—	1,07
b bis zur Pfeilnaht .	3,5	3,9	—	—	1,11
c bis zur Pfeilnaht .	3,4	3,8	—	—	1,12
e bis zur Pfeilnaht .	2,3	2,6	—	—	1,13
f bis zur Kranznaht .	2,4	3,1	—	—	1,29
a bis d, über die Pfeil- naht	6,0	6,4	—	—	1,07
e bis f, über die Kranz- naht	3,6	6,3	—	—	1,75

11. 5 Tage altes Kaninchen. 6 Markirlöcher (a—f) auf dem linken Scheitelbein, 2 (g, h) auf dem linken Stirnbein in der aus der nebenstehenden schematischen Figur ersichtlichen Anordnung. — Nach 20 Tagen getötet. Alle Löcher aussen und innen deutlich, nirgends überdeckt. Markirloch b hat sich auf 0,9 mm Durchmesser vergrößert; f hat einen Durchmesser von 0,3, die übrigen von 0,1—0,2 mm. — Bei c und f innen Andeutung des Gudden'schen, mit der Spitze gegen die Kranznaht gerichteten Dreiecks. Fig. 9 stellt die äussere, Fig. 10 die innere Fläche des Präparats dar. Die Messungen ergaben Folgendes:

	am Präparat				Wachstums-coefficient
	bei der Operation	ausser		innen	
		Zirkel-messung	Bandmaass-messung		
Länge der Pfeil-naht	12,0	c. 14,0	—	—	—
a bis b	4,1	4,6	—	4,6	1,12
b bis c	4,6	5,6	—	5,2— 5,7 ¹⁾	1,22
a bis c	8,6	10,1	10,4	9,6— 10,4 ¹⁾	1,17
d bis e	4,7	5,2	—	5,1	1,11
e bis f	3,2	4,2	—	3,6— 5,0 ¹⁾	1,31
d bis f	7,6	9,0	9,3	8,9— 9,9 ¹⁾	1,18
a bis d	5,0	5,6	—	5,6	1,12
b bis e	5,3	5,7	—	5,7	1,08
c bis f	4,0	4,5	—	4,5	1,13
g bis h	3,9	4,6	—	4,6	1,18
a bis e	7,8	8,8	—	8,8	1,13
c bis e	6,0	6,9	—	6,9	1,15
a bis Pfeilnaht .	1,6	1,8	—	—	1,13
b bis Pfeilnaht .	2,1	2,2	—	—	1,05
c bis Pfeilnaht .	1,6	1,7	—	—	1,06
a bis Interparietal-naht	2,6	2,6	—	—	1,00
c bis Kranznaht .	1,5	2,2	—	1,8— 2,2	1,47
g bis Kranznaht .	2,6	3,0	—	—	1,15
c bis g, über die Kranznaht . .	3,8	4,8	—	4,8— 5,1	1,20
f bis h, über die Kranznaht . .	3,5	5,2	—	4,8— 5,6	1,49



12. 5 Tage altes Kaninchen. 3 Markirlöcher auf dem linken, 2 auf dem rechten Scheitelbein in der aus dem Holzschnitt ersichtlichen Anordnung.

¹⁾ Von den doppelten Maassangaben gilt die erste für die Messung bis zur Basis, die zweite für die bis zur Spitze des Gudden'schen Dreiecks.

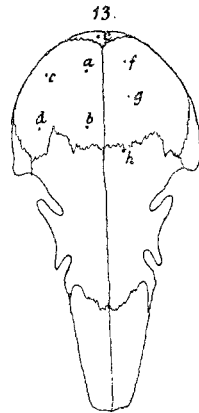
nung. — Nach 21 Tagen wurde das Thier getödtet. — Markirloch c wurde nicht wiedergefunden, hatte sich also durch neugebildete Knochen- substanz wieder vollkommen ausgefüllt. Markirloch a ist vergrössert; es zeigt aussen einen Durchmesser von 0,8, innen von 0,6 mm; Markirloch b, ebenfalls vergrössert, zeigt aussen einen Durchmesser von 0,6, innen von 0,8 mm. Dagegen sind die Löcher d und e punktförmig; der Durchmesser von d beträgt aussen 0,1, innen 0,3, der von e aussen und innen 0,1 mm. e war von innen, d von aussen durch eine sehr dünne, durchscheinende und schon bei leichter Berührung mit einer feinen Nadel perforirte Knochenlage überdeckt. — Die Messungen am Präparat gelten wieder vom Mittelpunkt der Löcher aus. Es ergab sich durch die Messungen Folgendes:

	bei der Ope- ration	am Präparat		Wachs- thums- coef- ficient
		aussen	innen	
		Zirkel- mes- sung	Band- maass- mes- sung	
Länge der Pfeilnaht .	12,2	14,5	—	—
a bis b	5,7	6,7	—	6,7 1,18
d bis e	5,8	7,0	7,3	7,0 1,21
a bis Pfeilnaht . .	2,1	2,3	—	— 1,10
b bis Pfeilnaht . .	3,4	3,4	—	— 1,00
b bis e, über die Pfeil- naht	8,1	8,3	—	— 1,02
a bis d, über die Pfeil- naht	6,0	6,3	—	— 1,05
a bis Kranznaht . .	2,5	4,4	—	— 1,76
d bis Kranznaht . .	4,0	5,5	—	— 1,38

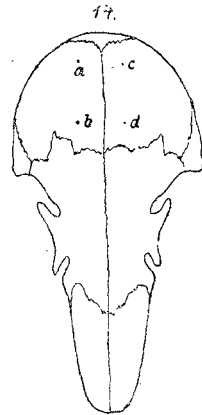
13. 5 Tage altes Kaninchen. 4 Markirlöcher (a—d) in zwei Längsreihen auf dem rechten, 2 (f, g) in einer Längsreihe auf dem linken Scheitelbein; ein siebentes (e) auf dem Interparietalbein, ein achttes (h) mitten in der linken Kranznaht.

Nach 19 Tagen getödtet. Markirloch f beträgt aussen 0,8, innen 0,6 mm im Durchmesser. Markirloch d zeigt innen die Gudden'sche Dreieckbildung. Die Zuspitzung des Dreiecks gegen die Kranznaht hin ist in diesem Falle etwas weniger scharf, als in den meisten anderen Fällen; das Markirloch selber liegt nahe der Spitze des dreieckigen Schlitzes. An der Aussenfläche des Schädels ist das Markirloch d punktförmig. Ebenso sind alle übrigen Markirlöcher schön erhalten und punktförmig. Markirloch c war von aussen durch eine dünne durchscheinende, nachträglich mittelst der Nadelspitze perforirte Knochenlage überdeckt. Markirloch e (auf dem Interparietalbein) wurde nicht wiedergefunden. Fig. 11 stellt die äussere, Fig. 12 die innere Fläche des Präparats dar. Die Messungen ergaben Folgendes:

	bei der Ope- ration	am Präparat			Wachs- thums- coef- ficient
		ausßen		innen	
		Zirkel- mes- sung	Band- maass- mes- sung		
a bis b . . .	8,0	9,1	9,3	9,1	1,14
c bis d . . .	5,0	6,4	6,6	5,8— 6,4 ¹⁾	1,28
a bis c . . .	5,8	6,4	6,5	6,4	1,10
b bis d . . .	4,4	4,4	4,6	4,7	1,00
a bis d . . .	9,7	11,2	11,4	10,5—11,2 ¹⁾	1,15
f bis g . . .	3,6	4,2	4,2	4,2	1,17
g bis h, über die Kranznaht . .	4,5	8,0	—	—	1,78
a und b, bis zur Pfeilnaht . .	2,0	2,0	—	—	1,00
f bis zur Pfeilnaht	3,6	3,6	—	—	1,00
g bis zur Pfeil- naht	3,6	4,0	—	—	1,11
g bis zur Krauz- naht	4,6	7,0	—	—	1,52
b bis zur Kranz- naht	2,1	4,0	—	—	1,90



14. 5 Tage altes Kaninchen. 2 Markirlöcher (a, b) im rechten, 2 (c, d) im linken Scheitelbein neben der Pfeilnaht. — Nach mehrwöchentlicher Eiterung trat endlich Vernarbung der Wunde ein. 42 Tage nach der Operation wurde das Thier getödtet. Die äusseren Scheitelbeinflächen waren im Bereiche der Markirlöcher von rauher Beschaffenheit. Bei durchscheinendem Lichte sind alle 4 Marken, bei auffallendem Lichte nur die vorderen 2 (b und d) aussen und innen deutlich zu erkennen. Die Entfernung a bis b hat aussen und innen von 6,8 auf 7,5 (W.-C. 1,10), die von c bis d aussen und innen von 7,0 auf 7,8 (W.-C. 1,11) zugenommen. a und c (über die Pfeilnaht) sind von 3,1 auf 3,5 (W.-C. 1,13) auseinandergewichen, b und d (ebenfalls über die Pfeilnaht) von 3,2 auf 4,0 (W.-C. 1,25). Die Entfernung von a bis zur Interparietalnaht hat von 1,2 auf 2,0 (W.-C. 1,67), die von b und d bis zur Kranznaht von 2,6 auf 5,4 (W.-C. 2,08) zugenommen.



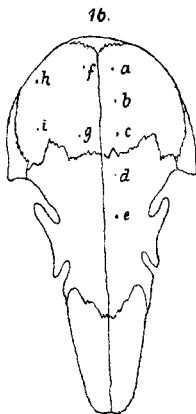
15. 5 Tage altes Kaninchen. 2 rechtwinklig umgebogene Häkchen (a, b) am rechten, 2 (c, d) am linken Scheitelbein in derselben Anordnung wie auf der schematischen Figur zu Experiment 14. — Langwierige Eite-

¹⁾ Bezüglich der doppelten Maassangaben vgl. Exp. 11 S. 591.

rung. Tod des Thieres nach 40 Tagen. Es fanden sich Raubigkeiten an der inneren Oberfläche der Scheitelbeine. Sämmtliche Haken waren aus ihren Löchern herausgefallen. Zwei dieser Haken wurden auf der inneren Schädelfläche liegend wiedergefunden; die übrigen 2, vermutlich schon früher mit dem Eiter nach aussen entfernt, waren nicht wiederzufinden. Alle 4 Löcher aber waren aussen und innen sehr deutlich und schön erhalten. Die Entfernung von a bis b hat von 7,0 auf 7,8 (W.-C. 1,11), die von c bis d von 7,6 auf 8,1 (W.-C. 1,07) zugenommen. Aussen und innen sind die Entfernungen am Präparat vollkommen gleich.

16. 6 Tage altes Kaninchen. 3 Markirlöcher (a—c) neben der Pfeilnaht auf dem linken Scheitelbein, 2 (d, e) neben der Stirnnaht auf dem linken Stirnbein, 4 (f—i) in Viereckform auf dem rechten Scheitelbein.

Nach 20 Tagen zeigen die Markirlöcher a, b, c, d und f innen und aussen einen Durchmesser von circa 0,7, g einen solchen von 0,5, e von 0,4, i und h von 0,1 mm. Markirloch h war von innen her und i von aussen her durch eine sehr dünne, durchsichtige Knochenlage überdeckt, die mittelst einer feinen Nadel leicht perforirt werden konnte. Alle Löcher sind vollkommen rund; nirgends ein Gudden'sches Dreieck. Die Messungen gelten natürlich wieder überall von den Mittelpunkten der Markirlöcher aus. Fig. 13 stellt die äussere Fläche des Präparats dar; Fig. 14 die innere.



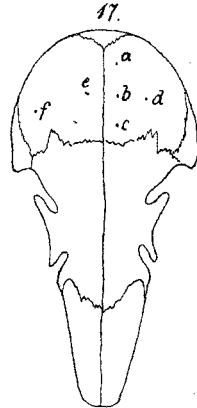
	bei der Ope- ration	am Präparat		Wachs- thums- coef- ficient
		aussen Zirkel- mes- sung	innen Baud- mass- mes- sung	
Pfeilnahtlänge	12,5	14,7	—	—
a bis b	4,2	4,9	—	4,9 1,17
a bis c	9,2	10,0	10,2	10,0 1,09
d bis e	4,6	5,3	5,3	5,3 1,15
f bis g	8,0	9,0	9,2	9,0 1,13
h bis i	6,2	7,0	7,3	7,0 1,13
g bis h	9,0	9,7	—	9,7 1,08
i bis f	7,6	8,6	—	8,4 1,10
f bis h	4,0	4,5	—	4,0 1,13
g bis i	4,5	5,2	—	5,0 1,11
a bis f, über die Pfeil- naht	4,0	4,2	—	— 1,05
c bis g, über die Pfeil- naht	3,2	4,0	—	— 1,25
a bis zur Interparietal- naht	2,4	2,4	—	— 1,00
f bis zur Interparietal- naht	3,3	3,3	—	— 1,00

17. 6 Tage altes Kaninchen. 4 Markirlöcher (a—d) auf dem linken Scheitelbein, die drei ersten neben der Pfeilnaht, das vierte nahe der

Schläffennaht; 2 Markirlöcher (e, f) in querer Richtung auf dem rechten Scheitelbein.

Nach 14 Tagen zeigten die Markirlöcher a, b, c, d, e einen Durchmesser von circa 0,8 mm, während f punktförmig (0,1 mm Durchmesser) war.

	bei der Ope- ration	am Präparat			Wachs- thums- coef- ficient
		ausßen		innen	
		Zirkel- mes- sung	Band- maass- mes- sung		
a bis c	9,1	10,0	10,3	10,0	1,10
c bis d	7,0	7,4	—	—	1,06
b bis d	4,4	4,4	—	—	1,00
e bis f	7,0	7,3	7,5	7,3	1,04
a und b bis Pfeilnaht	2,2	2,2	—	—	1,00
e bis Pfeilnaht . .	2,0	2,2	—	—	1,10
c bis Pfeilnaht . .	1,6	1,9	—	—	1,19



18. 6 Tage altes Kaninchen. 2 Markirlöcher (a, b) auf dem rechten, 2 (c, d) auf dem linken Scheitelbein. Anordnung wie auf der schematischen Figur zu Exper. 14 und 15.

Nach 14 Tagen fanden sich alle Löcher aussen und innen gut erhalten. a und b sind aussen und innen von 8,8 auf 9,2 (W.-C. 1,05), c und d aussen und innen von 8,0 auf 8,4 (W.-C. 1,05) auseinandergewichen. Die Entfernungen der 4 Marken von der Pfeilnaht haben um nicht mehr als 0,2 mm (W.-C. 1,07) zugenommen. Die hinteren Marken a und c sind von der Interparietalnaht um 0,5 mm weiter entfernt (1,5 statt 1,0, W.-C. 1,5); die vorderen b und d von der Kranznaht um 1,4 resp. 1,9 (2,0 auf 3,9, W.-C. 1,95; resp. 2,5 auf 3,9, W.-C. 1,56).

19. 6 Tage altes Kaninchen. 3 gerade, unten zugespitzte Stiftchen (a, b, c) wurden in einer der Stirnnaht parallelen Linie in das rechte Stirnbein eingedrückt, 2 ebensolche (d, e) in der Verlängerung derselben Linie in das rechte Nasenbein. Die Köpfe der Stiftchen lagen au niveau der Knochenoberfläche oder prominirten um 0,1 mm.

Nach 25 Tagen hafteten die Stifte a, b und c noch fest; doch war Stift c von aussen her durch eine ziemlich dicke Knochenlage überdeckt. Stift d war durch das Loch hindurchgerutscht und lag auf der inneren Knochenfläche, während das Loch d selber aussen sehr schön erhalten geblieben; von innen her aber durch eine dünne durchscheinende, sehr leicht perforirbare Knochenlage überdeckt war. Stift e wurde nicht wiedergefunden; das Loch, in welchem derselbe gesteckt hatte, war aber aussen und innen in seiner ursprünglichen Gestalt erhalten geblieben.

Fig. 15 stellt die äussere, Fig. 16 die innere Fläche des Präparates dar. Die Messungen ergaben folgende Distanzen:

	bei der Ope- ration	am Präparat		Wachs- thums- coefficient
		aussen	innen	
19.				
a bis b	7,9	8,5	8,8	1,08
b bis c	3,2	3,4 ¹⁾	—	1,06
d bis e	5,7	8,0	8,0	1,40
c bis d, über die hintere Nasenbeinschuppe .	3,4	8,4 ¹⁾	—	2,47
a bis e, über dieselbe Naht	19,2	27,2	—	27,0
a bis zur Kranznaht	4,0	6,5	—	1,83
a bis zur Stirnnaht .	3,0	4,0	—	1,33
b bis zur Stirnnaht .	2,8	3,6	—	1,29
d bis zur medianen Nasenbeinfuge . .	2,2	3,0	—	1,36
e bis zur medianen Nasenbeinfuge . .	1,6	2,0	—	1,25
b bis zur Orbita . .	2,3	3,5	—	1,52
20.				

20. 7 Tage altes Kaninchen. 3 gerade Stiftchen (a, b, c) wurden neben der Stirnnaht in das linke Stirnbein, 2 ebensolche (d, e) neben der medianen Nasenbeinfuge in das linke Nasenbein hineingedrückt. — Getödtet nach 24 Tagen. — Alle Stiftchen waren aus den Löchern gefallen und lagen entweder auf der äusseren, oder auf der inneren Schädeloberfläche; die Löcher selbst aber waren aussen und innen gut erhalten geblieben. Das hintere Nasenbeinloch (d), in welchem es gleich bei der Operation nicht hatte gelingen wollen, das Stiftchen zum ganz festen Haften zu bringen, hat sich in einen 0,6 mm breiten, 2 mm langen Schlitz verwandelt. Auch das vordere Nasenbeinloch e hat eine etwas längliche Gestalt angenommen. Die 3 Stirnbeinlöcher (a, b, c) haben ihre Entfernung von einander (a bis b = 3,3; b bis c = 7,4 mm) nicht verändert; dagegen sind die beiden Nasenbeinlöcher (d, e) um mindestens 1,4 mm, wahrscheinlich aber um 2,2 mm (W.-C. 1,30) auseinanderge-
wichen. Ihre Entfernung bei der Operation betrug 7,4 mm. Am Präparat beträgt die Entfernung, wenn man von den einander zugekehrten Rändern der Löcher aus misst, 8,8 mm; misst man von der Mitte oder den einander abgewendeten Rändern der Löcher aus, so ergeben sich sogar Distanzen der beiden Löcher von 9,6 resp. 11 mm.

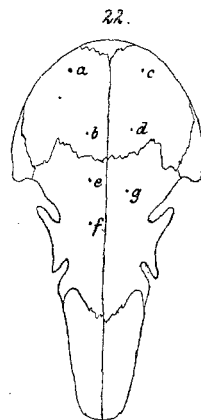
¹⁾ Bei durchscheinendem Licht gemessen.

21. 16 Tage altes Kaninchen. 3 rechtwinklig umgebogene Häkchen wurden in einer der Stirnnaht parallelen Linie in das linke Stirnbein gesteckt, und zwar lag das hinterste mitten in der Kranznaht, die beiden vorderen neben der hinteren Hälfte der Orbita; sämtlich in einer Entfernung von 2–3 mm von der Stirnnaht.

Nach 25 Tagen lagen alle Häkchen noch an ihrer ursprünglichen Stelle, und zwar waren auch hier wieder die horizontalen Schenkel der beiden vorderen Häkchen in sehr flachen Kerben auf der Knochenoberfläche eingebettet. Die Entfernung des mittleren von dem hinteren, auch jetzt noch mitten in der Kranznaht steckenden Häkchens hat innen und aussen von 7 auf 8 mm (W.-C. 1,14) zugenommen; dagegen sind die beiden vorderen Häkchen in unveränderter Entfernung von 4,8 mm geblieben.

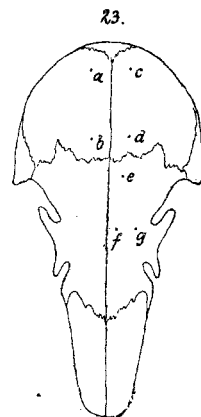
22. 29 Tage altes Kaninchen. 2 Markirlöcher am rechten, 2 am linken Scheitelbein, 2 am rechten, 1 am linken Stirnbein, in der aus der nebenstehenden schematischen Figur und aus der photolithographischen Abbildung der äusseren (Fig. 17 Taf. XI.) und inneren Fläche (Fig. 18) des Präparats ersichtlichen Anordnung.

Nach 18 Tagen sind alle Marken aussen und innen deutlich vorhanden. Die beiden linksseitigen Scheitelbeinlöcher c, d sind von 7,2 auf 7,5 (W.-C. 1,04), die beiden rechtsseitigen Stirnbeinlöcher (e, f) von 6,3 auf 6,6 mm (W.-C. 1,05) auseinandergewichen. Die Entfernung von a bis b ist unverändert geblieben. An der Interparietalnaht Zunahme von 1 mm (auf 3,3 resp. 5,2, W.-C. 1,30 resp. 1,19), an Pfeil- und Stirnnaht 0, an der Kranznaht 0,5 auf 3,5 resp. 2,2 mm (W.-C. 1,14 resp. 1,23).



23. 36 Tage altes Kaninchen. 2 Markirlöcher auf dem linken, 2 auf dem rechten Scheitelbein, in der Längsrichtung je 1 cm von einander entfernt; ferner 3 Markirlöcher auf dem linken Stirnbein, das eine 2 mm von Kranz- und Stirnnaht entfernt, die anderen beiden weiter nach vorn neben der Orbita, in einer der Kranznaht parallelen Linie.

Nach 21 Tagen sind alle Marken auf der äusseren Schädelfläche deutlich vorhanden, während von innen her die beiden hinteren Scheitelbeinmarken a und c und sämtliche Stirnbeinmarken (e, f, g) durch eine dünne Knochenlage überdeckt sind. Messbare Veränderungen der Entfernungen der Stiftchen je eines und desselben Knochens von einander sind nicht vorhanden. An der Kranznaht Zunahme von 1 mm (W.-C. 1,25).



Die Ergebnisse, zu welchen ich durch die hier mitgetheilten Versuche gelangt bin, sind zunächst dazu geeignet, eine definitive Erledigung der viel discutirten principiellen Frage, ob es überhaupt ein expansives Knochenwachsthum giebt, oder nicht, herbeizuführen.

In neuerer Zeit sind bekanntlich Virchow, Hueter, R. Volkmann, C. Ruge, Strelzoff, v. Gudden, Schachowa, Kastschenko, Egger und selbst Ollier theils mit directen, theils mit indirecten Gründen für das Vorkommen einer Knochenexpansion neben dem appositionellen Knochenwachsthum eingetreten. Indess ist doch, wie dies schon zu Zeiten du Hamel's und jederzeit später der Fall war, so auch in der Gegenwart die Zahl der entschiedenen Gegner jeder Annahme einer Knochenexpansion sehr viel grösser, als die Zahl der Vertreter einer solchen Annahme.

So schliesst sich beispielsweise Kölliker ganz und gar der Anschauung von Flourens an, nach welcher, wie bekannt, die Theorie der Knochenexpansion „nichts ist, als eine leere Hypothese“¹⁾. Es soll nach Kölliker „auch nicht Eine Thatsache bekannt geworden sein, welche die Hypothese eines solchen Wachstums fordert“, und es sei deshalb „diese Hypothese nicht nur eine unbewiesene, sondern auch eine überflüssige“²⁾.

Ebenso spricht sich Steudener dahin aus, dass „während des ganzen Verlaufes der embryonalen Entwicklung eine Knochenexpansion nicht stattfindet, und da die histiologische Untersuchung wachsender Knochen aus der postembryonalen Periode in keinem Punkte Abweichungen von den Erscheinungen an embryonalen Knochen darbiete, so folge daraus, dass auch das postembryonale Knochenwachsthum bis zu seinem definitiven Abschluss überall ohne Expansion geschehe“³⁾.

Schwalbe behauptet, dass seine Untersuchungen über die Ernährungskanäle des Knochens „alle Erscheinungen, welche bis

¹⁾ Flourens, *Théorie expérimentale de la formation des os*. Paris 1847. p. 26.

²⁾ Kölliker, *Die normale Resorption des Knochengewebes etc.* Leipzig 1873. S. 67.

³⁾ Steudener, *Beiträge zur Lehre von der Knochenentwicklung und dem Knochenwachsthum*. Halle 1875. S. 21.

jetzt als sichere Bollwerke des expansiven Wachstums gehalten wurden, in überraschend einfacher Weise im Sinne des appositionellen Wachstums erklären¹⁾.

Nach Kassowitz ist „ein für allemal jede Art von expansivem Wachstum der starren Theile, jede thatsächliche Verschiebung oder Verbiegung eines Knochenblättchens u. dergl. vollkommen ausgeschlossen“²⁾.

Auch Maas erklärt, dass er „nach den so leicht zu wiederholenden“ mechanischen Experimenten „an der Lehre vom (ausschliesslich) appositionellen Knochenwachsthum festhalten werde“³⁾ und Broesicke hebt hervor, dass er „noch nirgends auf Thatsachen gestossen“ sei, die ihn zur Annahme einer Knochenexpansion gezwungen hätten⁴⁾.

Es würde leicht sein, diese Auswahl von Aeusserungen aus der neueren Literatur durch ähnliche Bemerkungen anderer Autoren noch erheblich zu vermehren.

So gross indessen auch die Zahl der principiellen Gegner aller und jeder Knochenexpansion ist, und eine so sichere und energische Sprache sie auch in ihren gegen die Annahme der Expansion gerichteten Aeusserungen geführt haben, so lässt sich doch der Beweis führen, dass alle diese Aeusserungen gegenüber einer Reihe von thatsächlichen Verhältnissen, welche das Experiment, die histiologische Untersuchung und selbst die klinische Beobachtung zu Tage gefördert haben, irrthümliche sind.

Es mag hier nur beispielsweise daran erinnert werden, dass die Bedeutung derjenigen meiner Präparate für den Nachweis eines expansiven Wachstums, in welchen durch die Hamel'sche Ringe eine Einbiegung der Diaphysenwand und ihrer Haversischen Kanäle erzeugt wurde, bisher von keiner Seite widerlegt worden

¹⁾ Schwalbe, Ueber die Ernährungskanäle der Knochen und das Knochenwachsthum. Zeitschrift für Anatomie und Entwicklungsgeschichte. I. Band. S. 350.

²⁾ Kassowitz, Die normale Ossification etc. I. Theil. Wiener medicinische Jahrbücher. Wien 1881.

³⁾ Vgl. Centralblatt für Chirurgie. 1875. S. 25.

⁴⁾ Broesicke, Ueber die feinere Structur des normalen Knochengewebes. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. XXI. 1881. S. 763.

ist¹⁾. Dasselbe gilt von der von mir hervorgehobenen Tatsache, dass man Bohrlöcher, Metallmarken, unter das Periost geschobene Plättchen und Krappspuren an der Diaphysenwand, die aus der Zeit gleich nach der Geburt eines Thieres herrühren, fast jedesmal noch beim ausgewachsenen Thiere wiederfindet. Nicht minder ist der Werth der von Kastschenko nachgewiesenen und ohne Knochenexpansion unerklärlichen Constanz der einzelnen Diaphysenschichten der Röhrenknochen der Batrachier während der ganzen Lebensdauer dieser Thiere bisher unbestritten geblieben. Endlich lassen sich auch die Resultate der neuerdings wieder von Egger²⁾ bezüglich des expansiven Längenwachstums der Röhrenknochen angestellten Markirversuche nicht bestreiten.

Indessen ist hier nicht der Ort, und kommt es ja auch im Princip gar nicht darauf an, alle die Gründe des Näheren zu erörtern, aus welchen sich die Existenz der Knochenexpansion erweisen lässt. Genügt es ja doch offenbar schon, nur ein einziges ganz sicheres und unbestreitbares Beispiel einer an irgend einem beliebigen Knochen eines beliebigen Thieres wirklich stattgehabten Expansion herbeizubringen, um allen den oben zusammengestellten einen ganz exklusiven Standpunkt in Bezug auf die Expansion vertretenden Aeusserungen allen Werth zu rauben!

Demgemäss soll denn an dieser Stelle unsere Aufgabe nur darin bestehen, den Beweis der Irrthümlichkeit jener Aeusserungen lediglich an der Hand derjenigen Ergebnisse zu liefern, zu welchen wir durch unsere Markirversuche am Scheitel-, Stirn- und Nasenbein der Kaninchen gelangt sind.

Drei Autoren, und zwar Wegner, Schwalbe und Maas haben eine Reihe von Einwendungen gegen die in dem Gudden'schen Scheitelbeinversuch für das expansive Knochenwachsthum liegende Beweiskraft erhoben. Es wird deshalb hier zunächst darauf ankommen, zu zeigen, dass die Einwendungen der genannten

¹⁾ Schwalbe (Zeitschr. f. Anat. und Entwickelungsgesch. I. Bd. 1. c.) hat, ohne jemals Einbiegungspräparate gesehen zu haben, eine solche Widerlegung versucht. Seine Erörterungen sind aber für meine Präparate in keiner Weise zutreffend.

²⁾ Egger, l. c.

Autoren entweder schon gegenüber dem Gudden'schen Versuch selber, oder doch gegenüber meinen Modificationen des Versuchs resp. meinen Wiederholungen desselben am Stirn- und Nasenbein der Kaninchen nicht zutreffende sind.

Zunächst hat Wegner, anstatt, wie es für ihn geboten war, v. Gudden's Versuch zu wiederholen, diesen Versuch mit den folgenden Bemerkungen abfertigen zu dürfen geglaubt. Es seien überhaupt alle Experimente mit, wie er sie nennt, „künstlichen Hohlräumen“, das soll heissen, mit blossen Markirlöchern ohne eingefügte Metallmarken werthlos. „Es widerspreche aller Erfahrung, dass in einem so thätigen Gewebe, wie dem wachsenden Knochen, künstliche Hohlräume wochenlang unverändert bleiben sollten. Ohne Zweifel werde an die Ränder neue Substanz zur Ausfüllung des Defects angesetzt, und dadurch die wirklichen Ränder von einander entfernt¹⁾.“

Schon 1877²⁾ habe ich hiergegen bemerkt, dass die Bohrlöcher, wenn Wegner's Annahme richtig wäre, ebenso häufig, wie sie sich von einander entfernen, näher an einander rücken müssten, und dies ist, wie bekannt, thatsächlich niemals der Fall.

Ich bemerkte zweitens, dass gegenüber der wirklichen Grösse der Distanzzunahme der Bohrlöcher in v. Gudden's und meinen Versuchen eine etwaige Apposition an den Rändern der feinen Löcher gar nicht in Betracht kommen würde. Ein mittelst der Nadel oder der feinen Zirkelspitze erzeugtes Bohrloch an den Schädelknochen neugeborener Kaninchen hat gewöhnlich einen Durchmesser von 0,1—0,3 mm. Es ist also offenbar, dass durch Apposition an die Ränder zweier Löcher, selbst wenn diese Apposition — wie es gar nicht denkbar ist — ausschliesslich an den einander zugekehrten, und nicht auch an den von einander abgekehrten Rändern der Löcher stattfände, zu einem Irrthum von höchstens 0,2 mm auf jedes Loch, also von zusammen höchstens 0,4 mm Veranlassung gegeben werden könnte. Ein solcher Irrthum wäre ohne Belang gegenüber einer Distanzzunahme von beispielsweise 1,4 mm auf

¹⁾ Wegner, Ueber das normale und pathologische Wachsthum der Röhrenknochen. Dieses Archiv Bd. 61. S. 76.

²⁾ Ueber den Gudden'schen Markirversuch etc. Verhandl. der Berliner physiolog. Gesellsch. I. c.

6,8 mm ursprünglicher Entfernung in meinem Exp. 5 am Scheitelbein, von 1,1 bis 1,2 mm auf 3,7 bis 6,4 urspr. Entfernung in Exp. 6, 8, 9 am Stirnbein oder gar von 2,1 mm Zunahme auf 6,2 urspr. Entf. in Exp. 2 am Scheitelbein.

Ich bin gegenwärtig in der Lage, noch einen dritten ebenso sicheren Beweis gegen die Richtigkeit des Wegner'schen Einwandes herbeizubringen. Nach Wegner schwindet die für ihn bestehende „Unsicherheit“ des Experiments mit den „künstlichen Hohlräumen“ wenn man, wie Hunter, Metallmarken in die Bohrlöcher legt. Nun zeigen meine Experimente 7 am Scheitelbein, 1, 2, 3, 5 am Stirnbein, 1, 3, 4, 19 und 20 am Nasenbein, dass nicht allein die einfachen, sondern auch die mit Metallmarken ausgefüllten Bohrlöcher sich um 1,1 bis 2,3 mm bei 3,5 bis 8,0 mm ursprünglicher Distanz von einander entfernen. Die Haltlosigkeit des betr. Wegner'schen Einwandes ist damit zur Genüge bewiesen.

Wegner hat nun aber noch einen zweiten Einwand gegen v. Gudden's Experiment erhoben. Er behauptet, dass „so feine Messungen, wie sie v. Gudden angestellt habe, sehr schwierig“ seien. „Jeder“, so sagt Wegner mit Bezug auf alle Markirversuche „der sich viel mit solchen Messungen beschäftigt habe, werde die Erfahrung gemacht haben, wie schwierig es sei, dasselbe Object nach Wochen und Monaten auf so feine Unterschiede (nehmlich auf solche von weniger als 2—3 mm) absolut genau zu messen.“

Nun ist aber bekanntlich kein einziger anderer Autor einer solchen Schwierigkeit begegnet. Vielmehr stimmen v. Gudden, Schwalbe, Maas, Haab, Ollier, Egger u. A. darin überein, dass Zehntelmillimetermessungen bei den Markirversuchen ebenso nach Jahren, wie nach Tagen, gut ausführbar sind. Man ersieht daraus, dass der betr. Einwand Wegner's einer ernsthaften Widerlegung überhaupt nicht bedarf.

Eine zweite Reihe irrthümlicher und nirgends auf zutreffenden Beobachtungen basirender Einwendungen gegen die Beweiskraft des Scheitelbeinversuchs rührt von Schwalbe her. Diese Einwendungen erfordern wegen der Bedeutung, die man sonst den Arbeiten dieses Autors mit Recht beizulegen gewohnt ist, eine ganz besonders eingehende Erörterung und Widerlegung.

Schwalbe berief sich im Jahre 1875 darauf, dass v. Gudden „sehr häufig die rundliche Form der Marken an der äusseren Schädelfläche sich in ein mit der Spitze gegen die bezügliche Naht verschiebendes Dreieck habe verwandeln sehen.“ Wenn nun „eine geringe Entfernung der Marken“ nach einigen Wochen „nicht zu verkennen“ sei, so geschehe es, weil die Marken Ernährungskanäle imitiren, und weil — ebenso, wie dies nach Schwalbe an den Foramina nutritia der Röhrenknochen geschieht — die äusseren Mündungen der Löcher durch das interstitiell wachsende und dabei beständig neue Schichten auflagernde Pericranium gegen diejenige Naht hingeschoben werden, welche durch ihr appositionelles Randwachsthum die betreffende sich neu auflagernde Strecke beeinflusst¹⁾.

Diese Betrachtung Schwalbe's entspricht indess in keinem Punkt den thatsächlichen Verhältnissen.

Hätte Schwalbe entweder selber den Markirversuch in richtiger Weise angestellt, oder hätte er auch nur v. Gudden's und meine Angaben genauer beachtet, so würde er unmöglich von einer „geringen“ Entfernung der Marken, die nach einigen Wochen „nicht zu verkennen“ sei, haben sprechen können. Eine Distanzzunahme von beispielsweise 1,8 bis 2,3 mm auf 6 bis 8 mm ursprünglicher Distanz, wie in meinen Versuchen 1, 2, 3, 19, 20 und ebenso von 2 bis 2,7 mm auf 8 bis 9,5 mm ursprünglicher Distanz in v. Gudden's Versuchen, also eine Distanzzunahme, die nahezu einem Drittheil der ursprünglichen Entfernung an Grösse gleichkommt, ist sicherlich nicht eine „geringe“.

Alsdann ist Schwalbe's Herbeiziehung der von v. Gudden nur ganz kurz und beiläufig erwähnten und nicht genauer beschriebenen, von Schwalbe selber aber überhaupt nicht beobachteten dreieckigen Verziehung der rundlichen Gestalt der Bohrlöcher an der äusseren Schädelfläche eine verfehlte.

Schwalbe übersah gänzlich, dass v. Gudden die dreieckige Verziehung gar nicht bei Kaninchen, die in den uns hier fast ausschliesslich interessirenden ersten vier Lebenswochen standen,

¹⁾ Schwalbe, Ueber die Ernährungskanäle der Knochen und das Knochenwachsthum. Zeitschrift für Anat. und Entwicklungsgeschichte. I. Bd. S. 307 ff.

sondern „nur bei 7 bis 8 Wochen alten Kaninchenschädeln“ beobachtet hatte¹⁾.

Thatsächlich liegen die Verhältnisse so, dass unter den von mir beschriebenen 21 Schädelpräparaten von Kaninchen aus den ersten 4 Lebenswochen, an welchen die Gesamtzahl aller Markirlöcher etwa 100 betrug, das Gudden'sche Dreieck überhaupt nur an 6 Markirlöchern zur Erscheinung kam. Jedesmal handelte es sich um solche Markirlöcher, die in der Nähe einer und derselben Naht, nemlich der Kranznaht gelegen waren, und zwar entweder am Scheitelbein oberhalb der Kranznaht (Markirloch d Exp. 7; c und f Exp. 11; d Exp. 13) oder am Stirnbein unterhalb der Kranznaht (Markirloch a Exp. 1; f Exp. 10)²⁾. Und alle diese mit ihrer Spitze gegen die Kranznaht vorgezogenen Dreiecke befanden sich an der inneren, und nicht, wie es nach Schwalbe hätte der Fall sein müssen, an der äusseren Schädelfläche (vgl. Fig. 2, 10 und 12 Taf. XI). Dies Verhalten würde, wenn Schwalbe's Vorstellung von der Bedeutung der Dreiecksbildung etwas Zutreffendes enthielte, zu dem absurden Schluss führen, dass an den der Kranznaht benachbarten Theilen des Scheitel- resp. Stirnbeins meiner Präparate 1, 7, 10, 11 und 13 eine viel stärkere Apposition an der inneren, als an der äusseren Schädelfläche stattgefunden habe.

Nachdem ich bereits i. J. 1877 die Irrthümlichkeit der Schwalbe'schen Bezugnahme auf die Gudden'sche Dreiecksbildung nachgewiesen hatte³⁾, gab Schwalbe, ohne im Uebrigen seine Anschauungen irgendwie abzuändern, die Erklärung ab, er „bestehe durchaus nicht darauf, dass alle Oeffnungen die von v. Gudden hervorgehobene Gestaltveränderung zeigen, sondern(!). — er glaube(!), dass sie um so ausgeprägter ist, je länger die Thiere nach der Operation gelebt haben, welche Annahme ja wiederum in vollkommenem Einklang mit v. Gudden's Beobachtungen sich befinde, der die erwähnte Verzerrung

¹⁾ J. c. S. 27.

²⁾ Die oblonge Gestalt, welche auffälliger Weise die beiden Nasenbeinlöcher in Exper. 20 angenommen haben, beruht offenbar nicht auf Vorgängen, welche der Dreiecksbildung irgendwie analog sind.

³⁾ Vgl. meinen Vortrag über den Gudden'schen Markirversuch. Verhandl. der Berl. physiol. Ges. I. c.

gerade bei Marken 7 bis 8 Wochen alter Schädel sehr häufig findet“¹⁾).

Auch dieser Aeusserung liegt, wie man sieht, wiederum keine wirkliche Beobachtung Schwalbe's zu Grunde. Thatsächlich habe ich bei 7 bis 8 Wochen alten Schädeln die Dreiecke nicht häufiger gefunden, als bei 4 Wochen alten. In Fig. 17 und 18 (Exper. 22) habe ich die Aussen- und Innenfläche des mit 7 Löchern markirten Schädels eines ca. 7 Wochen alten Kaninchens abbilden lassen. Man überzeugt sich leicht davon, dass nicht ein einziges Loch auch nur die geringste Andeutung der Dreiecksbildung zeigt. Ebenso betont Egger²⁾ Schwalbe gegenüber, dass bei seinen Versuchen „alle Marken die kreisrunde Form beibehalten haben, obwohl bei 5 derselben die Dauer nahezu 5 Wochen betrug“.

Unter solchen Umständen dürfen wir wohl von der weiteren Erörterung der Verhältnisse der — im Uebrigen ihrer Bedeutung nach keineswegs aufgeklärten — Dreiecksbildung hier Abstand nehmen.

Indess bleibt doch immer noch die Frage übrig, ob nicht trotz des Irrthums, dem sich Schwalbe in Bezug auf die Dreiecksbildung hingegeben hat, die Schwalbe'sche Theorie der Ernährungskanäle der Knochen dennoch für eine Erklärung der Distanzzunahme der Markirlöcher im Sinne der Appositionstheorie verwerthet werden kann.

In dieser Beziehung muss ich zunächst bemerken, dass schon die Schwalbe'sche Theorie der Ernährungskanäle selber und sein nach dieser Theorie aufgestelltes Schema des Knochenwachstums keineswegs zutreffende sind.

Schwalbe wird mit Bezug auf diese Theorie einer grossen Reihe von Einwendungen, die ich hier nur in aller Kürze andeuten möchte, unmöglich entgegen können.

Er fusst auf der im Wesentlichen schon Bruch, Schulin, Renaut u. A. bekannt gewesenen Thatsache, dass die Haversischen Kanälchen embryonaler Knochen in der Diaphysenmitte senkrecht, an den Knochenenden dagegen spitzwinklig gegen die

¹⁾ Schwalbe, Jena'sche Zeitschr. für Naturw. I. c. S. XXIX.

²⁾ Egger, I. c. S. 11.

Knochenoberfläche gerichtet sind. Irrthümlicher Weise aber glaubt er, diese fötalen Verhältnisse auch für die gesammten postembryonalen als mustergültig darstellen zu dürfen. Dazu fügt er den Uebelstand, dass auch selbst für die fötalen Verhältnisse sich seine Deductionen fast ausschliesslich auf die 14 von ihm gezeichneten schematischen Figuren beziehen, während er nur sehr spärliche Demonstrationen an seinen drei für sein Schema keineswegs genügend beweiskräftigen Abbildungen von Präparaten hinzugefügt hat. — Ferner ist der von Schwalbe nach Humphry's Vorgange angenommene Zug, der durch die Epiphysenknorpel der Röhrenknochen auf die Enden des interstitiell wachsenden Periosts ausgeübt werden soll, unerwiesen; ja, es ist ein solcher Zug wegen der festen Adhärenzen des Periosts an den juxtaepiphysären Diaphysenschichten und wegen des Umstandes, dass gerade an diesen letzteren Partien die Knochensubstanz resorbirt und nicht apponirt wird, gar nicht denkbar. Endlich ist Schwalbe's Schema aufgestellt ohne jede Rücksicht auf die eben erwähnte Resorption am Periost, auf die intramedulläre Ossification, auf die — beispielsweise auch gerade von Schwalbe selber am menschlichen Femur constatirte — temporäre Aplasie am Periost, auf die Architecturumwälzungen in der compacten Knochenregion und endlich auch auf die trotz Schwalbe's Widerspruch dennoch unzweifelhaft existirende Knochenexpansion.

Unter solchen Umständen hat denn auch, wie es nicht anders zu erwarten war, bei der von Schulin vorgenommenen näheren Prüfung der postembryonalen Verhältnisse¹⁾ sich ein thatsächlicher Verlauf der Ernährungskanäle herausgestellt, der von den Schwalbe'schen Annahmen in sehr wesentlichen Punkten abweicht.

Wenn somit Schwalbe's Schema schon für die wirklichen Ernährungskanäle des Knochens keineswegs ein richtiges ist, so ist dies noch viel weniger der Fall für die „imitirten Ernährungskanäle am Kaninchenschädel“, als welche er die Markirlöcher ansieht.

Es wird ohne Weiteres zugegeben werden, dass die Markirlöcher nur dann als „imitirte Ernährungskanäle“ betrachtet

¹⁾ Schulin, Ueber die Architectur des Knochengewebes. Zeitschrift für Anatomie u. Entwicklungsgesch. II. Bd. 1877. S. 208. Taf. VII. Fig. 4 u. 5.

werden dürfen, wenn einmal der Nachweis eines lebhaften Appositionswachsthums von Seiten des Pericranium und zweitens der Nachweis einer schiefen Richtung der Markirlöcher an meinen Präparaten geführt werden könnte.

Nun ist aber thatsächlich von beiden Dingen gerade das Gegentheil der Fall.

Schon 1877¹⁾ habe ich Schwalbe gegenüber betont, dass bei Kaninchen in den ersten vier Lebenswochen „das periostale Schädelwachsthum viel zu gering ist, um die Schwalbe'sche Annahme zu rechtfertigen“.

Diesen meinen Ausspruch hat Schwalbe in sehr energischer Weise zu bekämpfen gesucht²⁾. Indess stützt er sich doch auch hierbei wiederum nicht auf Beobachtungen, die er etwa hinsichtlich der Apposition am Pericranium der Kaninchen während der ersten vier Lebenswochen dieser Thiere gemacht hätte.

Aus meinen am Schlusse der vorliegenden Arbeit befindlichen Erörterungen über das Dickenwachsthum der Schädelknochen, auf die ich hier verweise, wird es sich ergeben, dass ich meine frühere Aeusserung über das periostale Schädelwachsthum junger Kaninchen Schwalbe gegenüber durchaus aufrecht halten muss, da sie überall den thatsächlichen Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen entspricht.

Noch leichter, als sich die Geringfügigkeit der Apposition am Pericranium nachweisen lässt, ist der Beweis zu führen, dass die Markirlöcher an meinen Präparaten keine schiefe Richtung im Sinne Schwalbe's angenommen haben. Die Distanz zwischen je zwei Löchern ist, wie ich dies ebenfalls schon 1877 zeigte, immer gleich gross, ob man an der äusseren oder an der cerebralen Seite der Schädel die Messungen vornimmt. In der vorliegenden Arbeit habe ich diese vor allem Anderen wichtige Thatsache genauer dadurch festgestellt, dass ich bei jedem einzigen der mitgetheilten Experimente die Resultate der an der äusseren und inneren Fläche ausgeführten Messungen einander gegenübergestellt habe. Fast überall sind, wie man daraus ersieht, die Werthe absolut gleich gross. Findet sich wirklich einmal eine Differenz, so handelt es sich in der Regel um eine solche von einem

¹⁾ Verhandl. d. Berl. phys. Ges. 1. c.

²⁾ 1. c. S. XXVIII.

Zehntelmillimeter auf 12,6 mm (Exp. 1) oder von 2 Zehntelmillimeter auf 8,3 (Exp. 2), also um Differenzen, die ihrer Kleinheit wegen gar nicht in Betracht kommen, um so weniger, als sie vermuthlich gar nicht nachträglich, sondern schon beim Einbohren der Löcher entstanden sind.

Dass endlich Schwalbe's Versuch, die Markirlöcher als imitirte Ernährungslöcher darzustellen, sich auch noch an denjenigen Markirlöchern, in die ich Metallstifte eingefügt habe, und die trotzdem eine Distanzzunahme erfahren haben, als ein gänzlich verfehelter erweist, das liegt so sehr auf der Hand, dass es genügen wird, diesen Umstand hier nur kurz angedeutet zu haben.

Schwalbe hat nun aber auch noch geglaubt, zwei weitere Gründe herausgefunden zu haben, welche geeignet sein sollten, den Werth der durch v. Gudden's und meine Messungen festgestellten Resultate abzuschwächen¹⁾.

Er weist zunächst darauf hin, dass von v. Gudden ebenso, wie bei meinen früheren Maassangaben von mir die mit dem Zirkel gemessenen Entfernungen der Löcher mitgetheilt worden sind. Nun sei aber das Scheitelbein neugeborener Kaninchen ganz ansehnlich gewölbt, während die Wölbung beim späteren Wachsthum rasch abnimmt. Bei 3 tägigen Thieren werde daher die Sehne gemessen, bei 4 wöchentlichen und älteren der Bogen, da derselbe hier bereits so schwach gekrümmt ist, dass er durch gewöhnliche Messung nicht mehr von der durch Aufsetzen der Zirkelspitzen gemessenen Sehne sich unterscheidet. Auf Grund einer von ihm mitgetheilten vergleichenden Messung der Länge des Scheitelbeines eines neugeborenen Kaninchens mittelst des Zirkels und mittelst des Bandmaasses, nimmt er an, dass bei Zirkelmessungen von Markirlöchern, die am Scheitelbein in sagittaler Richtung neben der Pfeilnaht applicirt sind, Messungsfehler von mehr als 1 mm möglich seien.

Nun ist es zwar ganz richtig, dass die Wölbung des Scheitelbeins der Kaninchen in den ersten Lebenswochen allmählich eine geringere wird. Trotzdem erweist sich der von dieser Thatsache ausgehende Einwand Schwalbe's wiederum als ein seinem

¹⁾ Jenaische Zeitschr. l. c. S. XXX.

Werthe nach von Schwalbe nicht gehörig geprüft und darum in Bezug auf die hier in Betracht kommenden Verhältnisse verfehler.

Die betr. Differenzen der Zirkel- und Bandmaassmessung am Scheitelbein sind, wie man der Schwalbe'schen Annahme gegenüber leicht beweisen kann, thatsächlich so geringfügige, dass ihr Werth gegenüber den grossen Distanzzunahmen, die die Markirlöcher erfahren, fast gänzlich verschwindet.

Nimmt man nicht bei neugeborenen, sondern bei 2—3 Tage alten Thieren, wie sie hier in Betracht kommen, vergleichende Zirkel- und Bandmaassmessungen vor, so ergibt sich eine Differenz der Messungen der ganzen Länge der Sagittalnaht von höchstens 0,4 mm (in der Regel 10,5 gegen 10,8 oder 10,9 mm), und eine Messungsdifferenz der Entfernung zweier 6 mm von einander entfernter neben der Pfeilnaht angebrachter Markirlöcher von 0,2—0,3 mm.

Diese an sich schon gegenüber den Distanzzunahmen der Markirlöcher von 2 mm überaus geringfügige Differenz wird dadurch noch bedeutungsloser, dass auch bei 3—4 Wochen alten Thieren die Wölbung der Scheitelbeine noch nicht in dem Grade geschwunden ist, wie es Schwalbe annimmt, dass also auch hier wieder die Zirkelmessung einen etwas zu kleinen Werth der Bandmaassmessung gegenüber ergibt. Aus dem Berichte über meine Experimente, in welchem man stets beide Werthe angegeben findet, ergibt sich beispielsweise eine Differenz beider Messungen von 0,3 mm auf eine Entfernung der Markirlöcher von 8,3 mm bei einem 21 Tage alten Thiere (Exp. 2) und ebenfalls von 0,3 mm auf eine Entfernung von 7,0 mm bei einem 26 Tage alten Thier (Exp. 12).

Egger¹⁾ weist ebenfalls sehr energisch den Schwalbe'schen Einwand, dass die Fehlerhaftigkeit der Zirkelmessungen am Scheitelbeine wesentlich in Betracht komme, zurück. An neun 2—3 Tage alten und an neun 24 Stunden alten vor dem Versuch getödteten Kaninchen hat er in der gewöhnlichen Weise Markirlöcher in genau gemessenen Entfernungen eingebohrt, alsdann die Scheitelbeine ausgeschnitten, zwischen zwei Object-

¹⁾ l. c. S. 8.

träger gebracht, fest gepresst und nun wiederum die Entfernung der Bohrlöcher unmittelbar neben dem Rande des Glases gemessen. Dabei stellte sich zwischen der ersten und zweiten Messung eine Distanz von allerhöchstens 0,2 mm heraus.

Erweist sich somit schon aus den Verhältnissen am Scheitelbein selber der in Rede stehende Schwalbe'sche Einwand als ein thatsächlich nicht in Betracht kommender, so fällt der Einwand vollends in sich zusammen gegenüber den von mir mitgetheilten Resultaten der Distanzzunahme der Markirlöcher am Stirn- und Nasenbein. Denn das Stirnbein der Kaninchen ist nur an einer einzigen Stelle, und zwar in der Höhe der Mitte der Orbita gewölbt, und diese Wölbung ist, abgesehen von ihrer Geringfügigkeit (vergl. die kleinen Differenzen der Zirkel- und Bandmaassmessungen am Stirnbein von 0,1 oder 0,2 mm in Exp. 1, 2, 3, 8), bei neugeborenen Thieren nicht stärker ausgeprägt, als bei 4 Wochen alten, und das Nasenbein ist sogar im Bereich derjenigen Partien, an welchen ich die Markirungen vorgenommen habe, zu keiner Zeit an seiner Oberfläche gewölbt.

Der zweite Grund, aus welchem nach Schwalbe's Meinung v. Gudden's und meine Messungsergebnisse eine Abschwächung erfahren könnten, ist ganz ebenso hinfällig. Schwalbe macht darauf aufmerksam, dass Messungsfehler vorkommen können, wenn man die Distanzen nicht von den Centren der Markirlöcher aus misst, sondern von den einander zugekehrten Rändern der Löcher. Da indess wohl Niemand auf den überaus verkehrten Gedanken kommen dürfte, anders von den Centren der Löcher aus zu messen, und da speciell v. Gudden¹⁾ und ich, um deren Resultate allein es sich handelt, selbstverständlich niemals ein anderes Verfahren geübt haben, so ist auch diese Bemerkung Schwalbe's keine stichhaltige.

Der dritte Autor, der gegen die Schlussfolgerungen für die Knochenexpansion, welche aus den Distanzveränderungen der Markirlöcher am Scheitelbein zu ziehen sind, Einwendungen erhoben hat, ist Maas²⁾. Derselbe geht noch einen Schritt weiter, als Schwalbe, insofern nach ihm die Bohrlöcher nicht

¹⁾ cf. Egger, l. c. S. 6.

²⁾ l. c.

nur Ernährungslöcher imitiren, sondern sogar zu wirklichen Ernährungslöchern werden sollen. Maas konnte, wie er berichtet, durch Injection des Kopfes der Kaninchen vom Aortenbogen aus mit Richardson'schem Blau „leicht feststellen, dass in allen Fällen, in denen die Bohrmarken erhalten bleiben, dies dadurch geschieht, dass sich in ihnen ein Gefäss gebildet hat“. Darin sieht er den Beweis, dass die Bohrlöcher „dieselben Veränderungen ihres Verlaufes durchmachen, die Schwalbe für die Canales nutritii und für die anderen Ernährungskanäle der Knochen nachgewiesen und durch die appositionellen Wachthumsvorgänge der Knochen erklärt habe“.

Die Maas'sche Auffassung ist indess in keiner Weise zutreffend. Selbst wenn es als wirklich erwiesen betrachtet werden müsste, dass sich in jedem Markirloche ein Gefäss bildet, so wäre dennoch die Maas'sche Schlussfolgerung aus einem solchen Verhalten eine unrichtige. Denn diese Schlussfolgerung involvirt wieder die Schwalbe'sche von uns als irrthümlich nachgewiesene Annahme, dass einmal die Markirlöcher einen schiefen Verlauf annehmen, und dass zweitens eine lebhaftige Apposition vom Pericranium her stattfinde.

Nun ist aber Maas weit davon entfernt, durch seine fast aller Details entbehrende Mittheilung den auch nur einigermaßen überzeugenden Beweis, dass wirklich in allen ihre Distanz verändernden Markirlöchern sich je ein Gefäss bildet, geliefert zu haben. Ja, es lässt sich im Gegentheil leicht beweisen, dass von einer solchen Gefässbildung sehr häufig gar keine Rede sein kann. Denn erstens findet man, wie wir bereits wissen, öfters Markirlöcher, die ihre Entfernung von einander geändert haben, entweder von aussen oder von innen her durch eine dünne Knochenlage überdeckt. Egger¹⁾ fand sogar einmal ein und dasselbe Markirloch zugleich von aussen und von innen her überdeckt, und konnte dennoch bei durchscheinendem Lichte feststellen, dass dasselbe sich von seinem Nachbarloche weiter entfernt hatte. Zweitens beobachtet man, wie ich ebenfalls im Vorangegangenen habe zeigen können, Distanzunahmen auch an solchen Markirlöchern, in welche Metallstifte hineingesteckt wurden. Es liegt auf der Hand, dass

¹⁾ Egger, l. c.

in solchen Fällen die Möglichkeit eines nach Maas das Markirloch durchziehenden Gefässes schon von vornherein ausgeschlossen ist.

In dem Vorangegangenen hoffe ich alle Einwendungen gegen die auf den Markirversuchen am Scheitel-, Stirn- und Nasenbein der Kaninchen begründete Annahme der Existenz eines expansiven Knochenwachsthums in überzeugender Weise widerlegt zu haben.

Für den nüchternen und unbefangenen Blick ist das Ergebniss jedes einzigen richtig angestellten Scheitelbeinversuchs und jedes einzigen der von mir ausgeführten Variationen dieses Versuchs am Scheitel-, Stirn- und Nasenbein ein so gänzlich unzweideutiges, dass dies Ergebniss, wie ich glaube, über kurz oder lang einen Umschwung der Anschauungen derjenigen Autoren, welche bisher rundweg die Existenz aller und jeder Knochenexpansion bestritten haben, wird herbeiführen müssen.

So dürfte es denn, nachdem der Zwiespalt der Anschauungen über das Knochenwachsthum fast anderthalb Jahrhunderte hindurch gewährt hat, endlich zu der übereinstimmenden Anschauung aller Autoren kommen, dass Apposition und Expansion, und zwar auch die letztere an gewissen Stellen in leicht messbaren Grössen, neben einander existiren, und dass es mithin ein ganz eben so grosser Irrthum ist, die Expansion gänzlich zu bestreiten, wie es meinerseits im Jahre 1869 irrthümlich war, gar keine Apposition anzunehmen. Die Aufgabe der Forschung wird dann nicht mehr, wie es bisher vielfach schien, darin bestehen, die eine Art des Wachsthums gegen die andere zu vertheidigen, sondern nur darin, genauer festzustellen, welchen Altersstufen und welchen Oertlichkeiten das expansive, und welchen das appositionelle Wachsthum angehört.

Es mag mir an dieser Stelle nur noch gestattet sein, behufs Klarstellung meines eigenen gegenwärtigen Standpunktes in der Knochenwachsthumsfrage die Bemerkung einzuschalten, dass in Bezug auf diesen Standpunkt die Frage des expansiven Wachsthums und die Frage nach dem Mehr oder Weniger desselben an dieser oder jener Oertlichkeit eine sehr nebensächliche Bedeutung hat und dass demgemäss mein, so zu sagen, persön-

liches Interesse an dieser Frage ein nur noch sehr geringes ist. Ich erinnere in dieser Beziehung an die folgenden Umstände:

Bis zu Ende der Sechziger Jahre standen bekanntlich diejenigen Anschauungen über die Vorgänge beim Knochenwachsthum, deren Hauptvertreter Flourens war, in sehr hohem Ansehen, obwohl schon damals Virchow und etwas später auch R. v. Volkmann gewisse sehr berechtigte Bedenken gegen diese Anschauungen geäußert hatten. Alle durch das Wachsthum bedingten Vorgänge sollten, wie man damals fast ganz allgemein annahm, ausschliesslich an den freien Oberflächen und an den Diaphysenden der Knochen sich abspielen. Das innere Gefüge des festgewordenen Knochengewebes dagegen sollte gänzlich passiv und unveränderlich sein und Nichts galt, wie dies v. Volkmann treffend darstellte, für undenkbarer, als die Existenz „irgend welcher beträchtlicheren, gröberen oder auch nur moleculären Verschiebungen und Dislocationen der fertigen *Tela ossea*“¹⁾.

Nun ergaben im Jahre 1869 meine vergleichenden Untersuchungen der inneren Architectur jugendlicher und ausgewachsener Knochen, dass sich die Verhältnisse dieser Architectur in keiner Weise mit den eben erwähnten damals herrschenden Anschauungen von der Passivität der fertigen *Tela ossea* in Einklang bringen liessen, und dass, wenn die Entstehung des architectonischen Bildes eines Fournierblattes vom ausgewachsenen Knochen aus dem des jugendlichen Knochens erklärlich werden sollte, unter allen Umständen eine gänzlich neue Vorstellung an die Stelle der alten treten müsse.

Für eine solche neue die architectonischen Bilder erklärende Vorstellung lagen zwei Möglichkeiten vor. Entweder mussten die Knochen ohne alle Apposition ausschliesslich durch Expansion wachsen, oder es musste, wenn in der That an bestimmten Stellen der Knochen eine beständige Apposition und damit eine beständige Veränderung der die innere Architectur wesentlich mitbestimmenden äusseren Knochenform stattfindet, die fertige *Tela ossea* beständigen Architecturumwälzungen unterliegen.

Unter dem Drucke der herrschenden Passivitätslehre, von welcher die Annahme der ausschliesslichen Expansion viel weni-

¹⁾ Volkmann, Chirurgische Erfahrungen über Knochenverbiegung und Knochenwachsthum. Dieses Archiv Bd. 24.

ger abwich, als die im diametralen Gegensatz zu jener Lehre stehende eine ganz besonders lebhafte Activität der fertigen *Tela ossea* voraussetzende Annahme der beständigen Architecturumwälzungen, glaubte ich damals irrthümlicherweise die erstere Annahme für die richtige halten zu müssen.

Dieser mein damaliger Irrthum dürfte leichter erklärlich erscheinen, wenn man bedenkt, dass unter demselben Druck der Passivitätslehre zwei so ausgezeichnete und gerade auch auf dem Gebiete der Knochenlehre so hervorragende Autoren, wie v. Volkmann und Billroth, zu jener Zeit ebenfalls keinen anderen Ausweg als ich fanden, und dass sich deshalb beide damals in einem wesentlich mit mir übereinstimmenden Sinne äusserten.

„Seit meiner ersten Publication über das interstitielle Knochenwachsthum“, so sagte damals v. Volkmann¹⁾, „habe ich diese für den Anatomen, wie für den Chirurgen gleich bedeutungsvolle Frage nicht aus dem Auge gelassen, und mich immer mehr von der Thatsache überzeugt, dass das Längenwachsthum der grossen Röhrenknochen zu einem so vorwiegenden Theile durch interstitielle Wachsthumsvorgänge erfolgt, dass dagegen die Einschaltungen an den Epiphysenfugen wenig in Betracht kommen“.

In ähnlicher Weise sprach sich damals Billroth aus, und zwar folgendermaassen²⁾: „Ich kann zu Wolff's Arbeit (im 50. Bande dieses Archivs) nur sagen: es fällt mir bisher Nichts ein, womit man Wolff's Anschauungen widerlegen könnte. So wie man sich hat in die Vorstellung finden müssen, dass Gletschereis fliesst, so wird man sich auch daran gewöhnen müssen, sich ein interstitielles oder Expansionswachsthum compacten Knochengewebes vorzustellen.“

Indessen hat sich doch in der That von den erwähnten beiden Annahmen, welche die Entstehung des architectonischen Bildes erwachsener aus demjenigen jugendlicher Knochen zu erklären vermochten, die zweite, die der beständigen Architecturumwälzungen der fertigen *Tela ossea* als die richtige erwiesen.

¹⁾ R. Volkmann. Notiz, betreffend das interstitielle Knochenwachsthum. Centrabl. für d. medic. Wissensch. 1870. No. 9.

²⁾ Billroth, Ueber die Endresultate der Gelenkresectionen. Anhang zu dessen Briefen aus dem französischen Feldzug. S. 340. Sep.-Abdr. aus der Wiener medic. Wochenschr. 1871. No. 1—7.

Ich habe mich später nicht nur zu dieser Annahme bekannt¹⁾, sondern ich glaube ihr auch noch durch das für die pathologischen Verhältnisse von mir aufgestellte „Transformationsgesetz“ der Knochen eine weitere sichere Stütze gegeben zu haben²⁾.

Schon zur Zeit nun, als ich das ausschliesslich expansive Knochenwachsthum vertheidigen zu müssen glaubte, war dasselbe keineswegs die Hauptsache gewesen, auf die es mir ankam. Der Kernpunkt meiner Bestrebungen in der Knochenwachsthumfrage war vielmehr auch schon damals nur der gewesen, zu zeigen, dass sich die Wachsthumsvorgänge keineswegs ausschliesslich an den freien Oberflächen und an den Diaphysenenden der Knochen abspielen, dass vielmehr auch das innere Gefüge der festgewordenen *Tela ossea* sowohl in der spongiösen, wie auch in der — Nichts als eine Zusammendrängung der Bälkchen der *Spongiosa* darstellenden — compacten Region beständigen sehr lebhaften Veränderungen unterliegt. Und bezüglich dieser Veränderungen kam es mir vor allem Andern darauf an, zu zeigen, dass dieselben streng nach mathematischen Gesetzen erfolgen, wie sie sich für jedes kleinste Knochenpartikelchen, gemäss den beim Wachsen beständig geschehenden Veränderungen der äusseren Form und der Belastung der Knochen, in jedem Moment aufs Neue geltend machen.

Dies Hauptergebniss in der Knochenwachsthumfrage, zu welchem meine Studien der inneren Knochenarchitectur geführt haben, ist von der Frage des Expansionswachsthums ganz unabhängig; es würde völlig unverändert bestehen bleiben können, wenn es sich selbst herausgestellt hätte, dass es gar kein Expansionswachsthum giebt.

Ich glaube aber dieses Hauptergebniss meiner Untersuchungen um so mehr der Expansionsfrage gegenüber in den Vordergrund stellen zu müssen, als die hervorragendsten Autoren, wie Steudener³⁾,

¹⁾ Verhandl. der Berl. physiol. Ges. 1877. l. c. und J. Wolff, Zur Knochenwachsthumfrage. Berl. klin. Wochenschr. 1879. No. 48.

²⁾ J. Wolff, Das Gesetz der Transformation der inneren Architectur der Knochen etc. Sitzungsberichte der Kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1884. XXII. — Sitzung d. physik.-mathem. Klasse vom 24. April. Vorgelegt von Herrn du Bois-Reymond am 13. März 1884.

³⁾ Steudener, l. c.

v. Kolliker¹⁾, Maas²⁾, Virchow³⁾, v. Ebner⁴⁾ u. A. sich inzwischen ebenfalls im Wesentlichen auf den Standpunkt der Lehre von den beständigen Architecturumwälzungen gestellt haben.

Nach Erledigung der prinzipiellen Frage vom expansiven Wachsthum liegt mir die Aufgabe ob, im Speciellen die Schlussfolgerungen zu erörtern, die sich für das Breiten- und Dickenwachsthum des Scheitel-, Stirn- und Nasenbeines der Kaninchen und für die Betheiligung der Schädelnähte an diesem Wachsthum aus meinen Untersuchungen ziehen lassen.

Um eine leichte Uebersicht über die durch circa 180 Messungen ermittelten Werthe der einzelnen Wachsthumscoefficienten zu ermöglichen, habe ich die letzteren in der folgenden Tabelle zusammenstellt und je nach dem Alter, welches die Thiere bei der Operation gehabt hatten, in sechs Gruppen gesondert, so zwar, dass die I. Gruppe die 2 Tage alten Thiere betrifft, die II. die 3 Tage, die III. die 4 Tage, die IV. die 5 Tage, die V. die 6 und 7 Tage und die VI. die 2—5 Wochen alten Thiere. Neben jeden Wachsthumscoefficienten wurde in Parenthese die Nummer des betreffenden Experiments gesetzt. Für alle eine bestimmte Knochenstrecke betreffenden Wachsthumscoefficienten je einer Gruppe wurde der Mittelwerth berechnet und ebenfalls in der Tabelle notirt. Wo es sich um das Randwachsthum, also nicht nur um Bestimmung der Werthe des Expansions-, sondern auch zugleich derjenigen des Nahtwachsthums handelte, da habe ich in der Tabelle ausser der Nummer des Experiments auch noch jedesmal die absolute Grösse der ursprünglichen Entfernung der gemessenen Punkte neben dem Wachsthumscoefficienten besonders vermerkt, und zwar aus folgendem Grunde. Wenn man einen Knochen einmal in sehr grosser Nähe einer Naht und in einem Parallelfalle in grösserer Entfernung von derselben Naht

¹⁾ v. Kolliker, l. c.

²⁾ Maas, Zur Frage über das Knochenwachsthum. v. Langenbeck's Archiv für klinische Chirurgie. XIV. Bd. S. 207.

³⁾ Virchow, Ueber Bildung und Umbildung von Knochengewebe im menschlichen Körper. Berliner klin. Wochenschr. 1875. No. 1 und 2.

⁴⁾ v. Ebner, Ueber den feineren Bau der Knochensubstanz. Sitzungsberichte der K. Akad. der Wissensch. zu Wien. 72. Bd. 1875.

markirt, so kann man schon aus der verschiedenen Grösse der Wachsthumscoefficienten, die sich für die beiden verschiedenen Entfernungen von der Naht ergeben, einen gewissen Aufschluss darüber erhalten, ob die Distanzzunahme zwischen der Marke und der Naht mehr durch Apposition an der Naht oder mehr durch expansives Wachstum der Randpartie des Knochens bedingt ist. Ist nemlich der Coefficient für die kleinere Strecke viel grösser, als für die grössere, so wird vermuthlich die Distanzzunahme vorzugsweise durch Apposition bedingt sein; wenn dagegen die grössere und die kleinere Strecke ziemlich gleich grosse Coefficienten haben, so wird vorzugsweise das expansive Wachstum der Randpartie die Distanzzunahme veranlasst haben müssen.

Aus unserer Tabelle nun ergibt sich für das Expansions- und Randwachsthum Folgendes:

Expansionswachsthum.

Das Expansionswachsthum findet am lebhaftesten in der sagittalen Richtung des Scheitel-, Stirn- und Nasenbeins statt, und zwar ist es am stärksten und zeigt sich zugleich in der spätesten Zeit nach der Geburt der Thiere am Nasenbein, weniger stark am Scheitelbein, noch weniger am Stirnbein.

Am Nasenbein (Col. 6) beträgt der Coefficient des expansiven Wachstums in den ersten beiden Gruppen 1,38 und noch in der 5. Gruppe 1,35; am Scheitelbein (Col. 1) nimmt der Coefficient von 1,34 in der 1. Gruppe allmählich bis auf 1,17, 1,16, 1,10 und 1,03 in der 3.—6. Gruppe ab; am Stirnbein (Col. 4) beträgt er in der 1.—3. Gruppe circa 1,17, in der 5. 1,10, in der 6. 1,03¹⁾.

¹⁾ Es muss sehr auffällig erscheinen, dass Egger (l. c.) bei seinen freilich nur 4 Messungen am Stirnbein wesentlich höhere Werthe des Expansionswachstums gewonnen hat, als ich. Nach den von ihm angegebenen Werthen würde für das Stirnbein in der 2. Gruppe ein Wachsthumscoefficient von 1,55 herauskommen. Die Versuchsdauer betrug zwar bei Egger 33 Tage; es ist aber gar nicht daran zu denken, dass etwa erst in der Zeit vom 25.—33. Tage das Stirnbein sich besonders stark expandirt. Ich möchte die unmaassgebliche Vermuthung aussprechen, dass möglicherweise Egger's vordere Stirnbeinmarken, die angeblich 1 mm von der Incisura nasi des Stirnbeins entfernt geblieben sind, in den Bereich der Schuppe an der Incisura nasi gelangt sind. Es kann dies, da das hintere Ende des Nasenbeins mehr als 1 mm weiter nach hinten liegt, als das vordere des Stirnbeins, leicht unversehens geschehen,

	I.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
	Schädelbein in sagittaler Richtung.	Schädelbein in querer Richtung.	Schädelbein in schräger Richtung.	Stirnbein in sagittaler Richtung.	Stirnbein in querer Richtung.	Nasenbein in sagittaler Richtung.	Schädelbein in querer Richtung bis zur Pfeil- nahl.	Beide Scheitelbeine in querer Richtung über die Pfeilnahl hinweg.
I. (2 Tage)	1,34 (2) } 1,34			1,14 (1) } 1,17 1,20 (2) }		1,34 (1) } 1,34		
II. (3 Tage)	1,04 (9) 1,09 (6) 1,13 (6) 1,13 (6) 1,13 (6) 1,16 (10) 1,19 (10) 1,20 (10) 1,21 (5) 1,22 (7) 1,22 (7)	1,17 1,08	1,12 (6) }	1,15 (3) } 1,15 1,00 (5) 1,17 (8) } 1,19 (9) } 1,30 (10) } 1,32 (6) }		1,34 (4) } 1,40 1,45 (3) }	2,0 (6) 1,10 2,0 (6) 1,10 2,2 (9) 1,08 2,3 (10) 1,13 2,9 (5) 1,21 3,0 (3) 1,27 3,4 (10) 1,12 3,5 (10) 1,11 4,1 (10) 1,07 6,2 (9) 1,00	5,0 (7) 1,24 5,6 (7) 1,32 6,0 (10) 1,07
III. (4 Tage)		1,00 (6) } 1,08 1,15 (6) }						
IV. (5 Tage)	1,14 (13) 1,17 (11) 1,17 (13) 1,18 (11) 1,21 (12) 1,22 (11) 1,28 (13) 1,31 (11) 1,05 (18) 1,05 (18) 1,09 (16) 1,10 (17) 1,11 (16) 1,13 (16) 1,17 (16)	1,16 1,08 (13) 1,10 (13) 1,12 (11) 1,13 (11)	1,13 (11) 1,13 (11) 1,13 (13)		1,18 (11) } 1,18		1,6 (11) 1,13 1,6 (11) 1,06 2,0 (13) 1,00 2,1 (11) 1,05 2,1 (12) 1,10 3,4 (12) 1,00 3,6 (13) 1,00 3,6 (13) 1,11	3,1 (14) 1,13 3,2 (14) 1,20 6,0 (12) 1,03 8,1 (12) 1,02
V. (6 u. 7 Tage)		1,00 (17) 1,04 (17) 1,11 (16) 1,13 (16)	1,06 (17) 1,08 (16) 1,10 (16)	1,06 (19) 1,08 (19) 1,13 (16)		1,30 (20) } 1,35 1,40 (19) }	1,6 (17) 1,19 2,0 (17) 1,10 2,2 (17) 1,09 2,2 (17) 1,00 3,0 (18) 1,07	3,2 (16) 1,23 4,0 (16) 1,05
VI. (2-5 Woch.)	1,00 (22) 1,05 (22)	1,03		1,00 (21) } 1,03 1,05 (22) }				3,0 (22) 1,00 5,0 (22) 1,00

	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
	Stirnbein in querer Richtung bis zur Stirnnaht.	Nasenbein in querer Richtung bis zur Mittelrinne.	Schädelbein in sagittaler Richtung bis zur Kranznaht.	Stirnbein in sagittaler Richtung bis zur Kranznaht.	Schädel- u. Stirnbein in sagittaler Richtung über die Kranznaht hinweg.	Schädelbein in sagittaler Richtung bis zur Interparietalnaht.	Stirn- und Nasenbein in sagittaler Richtung über die Incurva nasi os. fr. hinweg.	Stirnbein in querer Richtung bis zur Orbita.
I. (2 T.)	2,5 (1) 1,04 } 1,02 2,6 (2) 1,00 } 3,0 (2) 1,30 } 1,21 4,3 (1) 1,12 }	1,2 (1) 1,00 } 1,00 1,4 (1) 1,00 }		3,6 (2) 1,56 } 1,56			4,0 (1) 2,63 } 2,63	1,1 (1) 1,64 } 1,40 3,1 (2) 1,16 }
II. (3 T.)	1,5 (3) 1,07 } 3,1 (4) 1,00 } 1,05 6,6 (3) 1,09 }	2,5 (4) 1,08 } 2,7 (3) 1,00 } 3,5 (3) 1,00 } 1,02 3,5 (4) 1,00 }		2,6 (3) 1,46 } 1,46			2,6 (3) 2,69 } 2,69	
III. (4 T.)	2,0 (6) 1,10 } 2,0 (6) 1,10 } 2,2 (9) 1,00 } 1,12 2,2 (9) 1,00 } 2,1 (5) 1,29 } 2,3 (5) 1,25 }	1,3 (7) 1,54 } 2,0 (7) 1,90 } 2,6 (6) 1,73 } 1,69 2,6 (5) 1,93 }		2,2 (6) 1,53 } 1,49 2,2 (6) 1,53 } 2,4 (10) 1,29 }	3,6 (10) 1,75 } 1,75	1,4 (7) 1,64 } 1,4 (7) 1,64 } 2,1 (6) 1,19 } 1,41 5,4 (3) 1,19 }		
IV. (5 T.)			1,5 (11) 1,47 } 2,1 (13) 1,90 } 2,5 (12) 1,76 } 1,86 2,6 (14) 2,08 } 2,6 (14) 2,08 } 1,72 4,0 (12) 1,88 } 1,45 4,6 (18) 1,52 }	2,1 (18) 1,90 } 1,52 2,6 (11) 1,15 }	3,5 (11) 1,49 } 1,49 3,8 (11) 1,20 } 4,5 (18) 1,78 }	1,2 (14) 1,67 } 1,33 2,6 (11) 1,00 }		
V. (6 u. 7 T.)	2,8 (19) 1,29 } 3,0 (19) 1,33 } 1,16 3,3 (20) 1,00 } 7,4 (20) 1,00 }	1,6 (19) 1,25 } 1,30 2,2 (19) 1,36 }	2,0 (18) 1,95 } 1,75 2,5 (18) 1,56 }	4,0 (19) 1,83 } 1,83		1,0 (18) 1,50 } 3,3 (16) 1,00 } 1,17 2,4 (16) 1,00 }	3,4 (19) 2,47 } 2,47	2,3 (19) 1,52 } 1,52
VI. (2-5 W.)	3,0 (22) 1,00 } 1,00 4,6 (22) 1,00 }		2,2 (22) 1,23 } 1,21 3,5 (22) 1,14 } 2,0 (23) 1,25 }			3,3 (22) 1,30 } 1,25 3,2 (22) 1,19 }		

In querer Richtung expandirt sich das Scheitelbein (Col. 2) sehr viel weniger, als in sagittaler. Der betreffende Coefficient beträgt in der 3.—5. Gruppe durchschnittlich nur 1,08. In der schrägen (aus der sagittalen und queren zusammengesetzten) Richtung des Scheitelbeins (Col. 3) ist der Coefficient natürlich etwas grösser, als in der queren, und kleiner, als in der sagittalen (1,12 resp. 1,14 und 1,08 in der 3.—5. Gruppe).

Ueber die Expansion des Stirnbeins in querer Richtung liegt nur 1 Messung vor (Col. 5), nach welcher diese Expansion mit der in sagittaler Richtung an demselben Knochen stattfindenden ziemlich gleichen Schritt halten würde.

Randwachsthum.

An allen in der Medianlinie gelegenen Nähten resp. Fugen zwischen den beiderseitigen Scheitel-, Stirn- und Nasenbeinen, also an der Pfeilnaht, Stirnnaht und der Fuge zwischen den Nasenbeinen findet keine oder eine nur sehr geringfügige Apposition statt. Dagegen scheint an allen senkrecht zur Medianlinie stehenden Nähten und Schuppen, also an der Interparietal- und Kranznaht, so wie an der Schuppe der Incisura nasalis des Stirnbeins ein lebhaftes Appositionswachsthum stattzufinden.

a) Pfeilnaht

Die Messungen in querer Richtung zwischen Punkten des Scheitelbeins und der Pfeilnaht (Col. 7) ergaben keine grösseren, ja eher kleinere Coefficienten (1,11; 1,05; 1,05 in Gruppe 3—5), als die entsprechenden Messungen in querer Richtung zwischen je zwei Punkten eines und desselben Scheitelbeins (1,08; 1,08; 1,07 Col. 2). Die Messungen zwischen je einem Punkte des rechten und einem Punkte des linken Scheitelbeins in querer Richtung über die Pfeilnaht hinweg (Col. 8) ergeben zwar in denselben 3 Gruppen grössere Werthe (1,21; 1,11; 1,15). Aber auch selbst diese letzteren Werthe sind kaum grösser, als die Werthe des Expansionswachsthums des Scheitelbeins in sagittaler Richtung (1,17; 1,16; 1,10 Col. 1), so dass, wenn man annähme, dass nahe der Pfeilnaht eine etwas stärkere Expansion am Scheitel-

bein in die Quere stattfindet, als in einuiger Entfernung von der Pfeilnaht, für die Apposition an letzterer gar nichts übrig bliebe. Der Vergleich derjenigen Coefficienten, die bei geringerer Entfernung des betreffenden Scheitelbeinpunkts von der Pfeilnaht gewonnen sind, mit denjenigen, die für grössere Entfernungen des betr. Scheitelbeinpunkts von der Pfeilnaht gelten, giebt über die Frage, ob eine geringe oder ob gar keine Apposition an der Pfeilnaht stattfindet, keinen genügenden Aufschluss. In Col. 7 Gruppe 4 und Col. 8 Gruppe 3 und 4 ist der Coefficient für die kleineren Entfernungen von der Pfeilnaht grösser, als für die grösseren, — was für Apposition an der Pfeilnaht spricht —, während in Col. 7 Gruppe 3 der Wachsthumscoefficient für die kleineren Entfernungen kleiner, für die grösseren grösser ist — ein Umstand, der für den Mangel jeder Apposition an der Pfeilnaht sprechen würde.

b) Stirnnaht.

Für die Stirnnaht liegen die Verhältnisse ähnlich, wie für die Pfeilnaht. Die Coefficienten von queren Strecken zwischen Punkten des Stirnbeins und Punkten der Stirnnaht sind in Gruppe 1—3 (Col. 9) kleiner (1,11; 1,05; 1,12), als die von sagittalen Stirnbeinstrecken (1,17; 1,15; 1,19 Col. 4), und nur in Gruppe 5 ein wenig grösser (1,16 gegen 1,10). In Gruppe 1 der Col. 9 haben die kleineren Strecken kleinere Coefficienten, als die grösseren, was auch hier wieder gegen jede Apposition an der Stirnnaht sprechen würde.

c) Mediane Nasenbeinfuge.

An der Fuge zwischen den beiden Nasenbeinen (Col. 10) betrug in Gruppe 1 der Coefficient 1,00 und auch in Gruppe 2 nur 1,02. Dem gegenüber war es sehr auffällig, und bleibt vor der Hand gänzlich unaufgeklärt, dass in Gruppe 5 der Coefficient bei 2 Messungen circa 1,30 betrug.

d) Interparietalnaht.

Messungen zwischen je einem Scheitelbeinpunkt und einem Punkte der Interparietalnaht in sagittaler Richtung (Col. 14) ergaben in Gruppe 3—6 als Coefficienten 1,41 resp. 1,33; 1,17 und 1,25. Die Höhe dieser Werthe spricht schon an und für sich für eine lebhafte Apposition an der Interparietalnaht, und dies

ist um so mehr der Fall, als in Gruppe 3 der Coefficient für kleinere Entfernungen von der Interparietalnaht erheblich grösser ist (1,64), als für grössere (1,19).

e) Kranznaht.

Durchschnittlich noch höhere Coefficienten, als für die Interparietalnaht ergaben sich für alle die Kranznaht betreffenden Messungen. Die Messungen zwischen Punkten des Scheitelbeins und solchen der Kranznaht in sagittaler Richtung (Col. 11) ergaben in Gruppe 3—5 als Coefficienten 1,69; 1,72; 1,75; Messungen zwischen Punkten des Stirnbeins und solchen der Kranznaht in derselben Richtung in Gruppe 1—5 (Col. 12) 1,56; 1,46; 1,49; 1,52; 1,83; endlich Messungen zwischen je einem Punkt des Scheitelbeins und einem Punkte des Stirnbeins derselben Seite über die Kranznaht hinweg (Col. 13) in Gruppe 3 und 4: 1,75 resp. 1,49 und selbst noch in Gruppe 6: 1,21. Auch hier sprechen die hohen Werthe um so mehr für ein lebhaftes Appositionswachsthum an der Kranznaht, als wiederum namentlich aus Col. 11 Gruppe 4 sich ergibt, dass im Allgemeinen den kleineren Entfernungen von der Kranznaht grössere Coefficienten zukommen, als den grösseren. Bemerkenswerth ist noch der Umstand, dass, während das Expansionswachsthum in sagittaler Richtung am Scheitel- und Stirnbein von Gruppe 1 bis Gruppe 6 successive abnimmt, das Appositionswachsthum zwischen den beiden genannten Knochen in den entsprechenden Wachstumsperioden successive zuzunehmen scheint (vgl. Col. 11 und 12 im Gegensatz zu Col. 1 und 4).

f) Nasenbeinschuppe.

Das mächtigste Appositionswachsthum findet an der Incisura nasi ossis frontis statt. Hier betrugen die betreffenden Coefficienten (Col. 15) in Gruppe 1: 2,63, in Gruppe 2: 2,69 und noch in Gruppe 5: 2,47.

g) Orbitalrand.

Zwischen je einem Punkte des Stirnbeins und einem solchen des Orbitalrandes in querer Richtung wurden nur 3 Messungen vorgenommen (Col. 16), und zwar 2 in der 1. und 1 in der 5. Gruppe. Diese Messungen ergaben den ziemlich hohen und

für eine ziemlich lebhaftes Apposition am Orbitalrand sprechenden durchschnittlichen Wachthumscoefficienten von 1,44.

Die Resultate, zu welchen ich hier bezüglich des Randwachsthums gelangt bin, stimmen nur zum Theil mit denjenigen überein, zu welchen v. Gudden durch seine Experimental-Untersuchungen über das Schädelwachsthum der Kaninchen gelangt ist.

Nach v. Gudden findet an den Nähten nicht nur kein Wachsthum statt, sondern sogar „eine leise Hemmung und unter Umständen eine Stauung des Wachsthums“¹⁾.

So interessant indess auch die schönen Experimente v. Gudden's sind, welche er zur Stütze der Annahme einer solchen Stauung mittheilt, so scheinen mir dieselben doch nicht ganz in v. Gudden's Sinne beweisend zu sein. Namentlich kann die Thatsache des Hineinwachsens eines Knochens in einen Defect eines Nachbarknochens nicht als maassgebend für die physiologischen Wachstumsverhältnisse gelten. Der Defect füllt sich, wie ich glaube, nicht deswegen vom Nachbarknochen her aus, weil der Nachbarknochen nach Erzeugung des Defects in mehr ungehinderter Weise nach der Richtung des Defects hin wachsen kann, sondern weil die functionelle Anpassung des Nachbarknochens an die durch den Defect gesetzten pathologischen Verhältnisse dies gebietet²⁾.

Aber auch abgesehen hiervon kann die Annahme v. Gudden's, dass an den Schädelnähten des Kaninchens keine Apposition stattfindet, nicht für alle Schädelnähte gelten, sondern, wie ich dies durch meine Zusammenstellung der Wachstumscoefficienten bewiesen zu haben glaube, höchstens für die in der Medianlinie gelegenen Nähte resp. Fugen.

Hierbei muss ich allerdings bemerken, dass für den menschlichen Schädel die v. Gudden'sche Annahme des Fehlens einer Apposition an den Nähten mir in grösserer Ausdehnung zulässig zu sein scheint, als für den Kaninchenschädel.

¹⁾ v. Gudden, l. c. S. 22. Cap. 10.

²⁾ cf. J. Wolff, Das Gesetz der Transformation der Knochen etc. I. c. V. Abschn. Die Regeneration der Gewebe. S. 493.

Ich habe bereits im Jahre 1869¹⁾ und dann wieder 1877²⁾ darauf hingewiesen, dass sich schon am kindlichen Schädel dendritische Nahtformen finden, bei denen der Eingang in eine Nahtzacke schmaler ist, als die Ausbuchtung der Zacke. Wenn auch die betreffenden Nähte die dendritische Form nur an der Tabula externa des Schädels zeigen, und nicht auch zugleich an der Tabula vitrea, so erscheint es mir doch vor der Hand nicht erklärlich, wie eine solche Nahtform mit der Annahme einer Apposition an der Naht vereinbar sein soll, da ja doch ein Auseinanderweichen der durch dendritische Zacken in einander gekeilten Knochen nicht gut denkbar ist.

Die folgenden Abbildungen zeigen solche dendritischen Zacken an 2 kindlichen Schädeln aus der Sammlung des hiesigen pathologischen Institutes, die Herr Geheimrath Virchow die Güte gehabt hat, mir zur Verfügung zu stellen. Diejenigen Zacken, deren Gestalt mir besonders beweisend zu sein scheint, habe ich mit einem kleinen Kreuz bezeichnet.

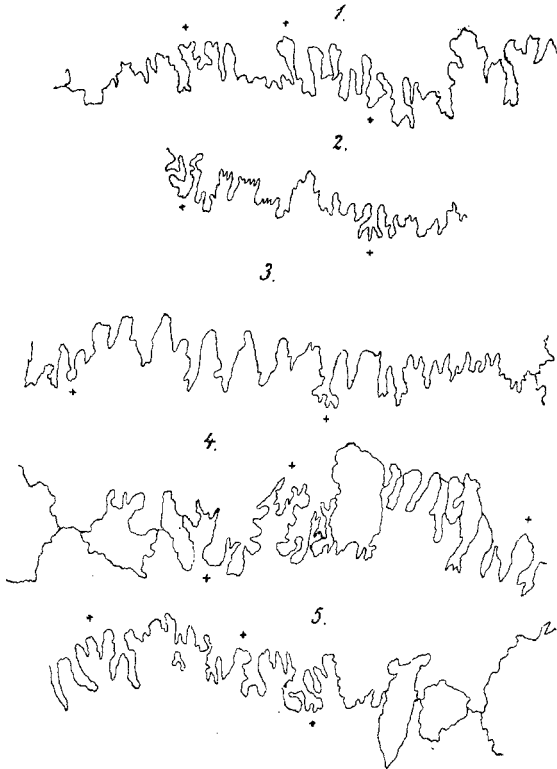
Fig. 1 stellt ein Stück der linken Hälfte der Lambdanaht eines 2jährigen Kindes (No. 79 der Sammlung) dar; Fig. 2—5 Stücke der Nähte eines nicht numerirten Schädels der Sammlung von einem 10jährigen Kinde, und zwar Fig. 2 ein Stück der linken Hälfte der Kranznaht, Fig. 3 ein Stück der Pfeilnaht, Fig. 4 ein Stück der linken, Fig. 5 ein Stück der rechten Hälfte der Lambdanaht.

Ich bemerke hierbei übrigens, dass Welcker, so entschieden derselbe auch sonst das Appositionswachsthum an den Schädelnähten vertheidigt, doch auch schon eine ähnliche Ansicht betreffs der mechanischen, durch Nähte bedingten Wachsthumshindernisse, wie die hier ausgesprochene, angedeutet hat. „Das vordere Ende der Pfeilnaht,“ sagt er³⁾, „erfährt eine Zusammenpressung, indem die Anguli frontales der Scheitelbeine durch die in sie eingreifenden Zähne des Stirnbeins in ihrem Auseinanderrücken gehindert werden.“

¹⁾ Verhandlungen der Berliner medicin. Gesellschaft. Sitzung vom 15. Dec. 1869. Berliner klin. Wochenschr. 1870.

²⁾ Verh. der Berliner physiologischen Gesellschaft. Sitzung vom 13. Juli 1877.

³⁾ Welcker, Untersuchungen über Bau und Wachsthum des menschlichen Schädels. Leipzig 1862, S. 4.



Die hier von mir vertretene Anschauung, dass an vielen Stellen der menschlichen Schädelnähte, wenn wir die rein mechanischen, durch die Form der Zacken gegebenen Verhältnisse in Betracht ziehen, eine Apposition nicht gut denkbar ist, scheint im Widerspruch zu stehen mit dem bekannten und unbestreitbaren Nachweise Virchow's¹⁾, dass „bei Synostose einer Naht die Entwicklung des Schädels jedesmal in der Richtung zurückbleibt, welche senkrecht auf die synostotische Naht liegt“. Indess ist der Widerspruch, wie ich bereits im Jahre 1869 hervorgehoben habe, in der That nur ein scheinbarer. Ich bemerkte

¹⁾ Virchow, Gesammelte Abhandlungen. S. 936. Untersuchungen über die Entwicklung des Schädelgrundes. Berlin 1857. S. 89. Knochenwachstum und Schädelformen. Dieses Archiv Bd. XIII. S. 347.

damals¹⁾, dass man „nicht mit Nothwendigkeit die Synostose als die Ursache des Zurückbleibens in der betreffenden Wachstumsrichtung anzusehen habe. Es sei vielmehr wahrscheinlicher, dass beide eine anderweitige gemeinsame Ursache haben“. — Ganz in demselben Sinne hat sich später v. Gudden ausgesprochen²⁾. Auch er meint, dass „Verkürzung und Synostose gleichmässige Folgen einer anderswoher eingeleiteten Ernährungsstörung sind“.

Es bleibt mir nach der Erörterung des Expansions- und Randwachstums zum Schluss noch die Besprechung des Dickenwachstums der Schädelknochen übrig.

Dickenwachsthum.

v. Gudden hat bei Gelegenheit seiner Erörterung des interstitiellen Schädelwachstums die Ansicht geäußert³⁾, dass „die Constatirung des interstitiellen Wachstums in die Dicke selbstredend durch die Markirmethode nicht möglich sei“.

Ich kann indess dieser Ansicht v. Gudden's nicht beistimmen. Zunächst bin ich der Meinung, dass aus der Thatsache des expansiven Breitenwachstums an unseren Präparaten schon ohne alles Weitere auch die des expansiven Dickenwachstums folgt. Wir wissen nicht, welche Gestalt den das expansive Breitenwachsthum bedingenden, in die bereits fertige Knochen-substanz sich einschiebenden Partikelchen eigen ist. Wie indess immer auch diese Partikelchen gestaltet sein mögen, so liegt es jedenfalls auf der Hand, dass sie nicht blos in die Länge und Breite, sondern auch in die Dicke eine gewisse Ausdehnung haben, und dass sie mithin auch zugleich in der Dickenrichtung expandirend wirken müssen⁴⁾.

Viel wichtiger aber, als diese rein theoretische Erwägung ist der Umstand, dass sich, meiner bereits 1877 geäußerten Ansicht nach⁵⁾, aus den Markirversuchen am Schädel ein ähnlicher

¹⁾ Verhandlungen der Berliner medic. Gesellschaft. Sitzung vom 15. Dec. 1869. Berl. klin. Wochenschr. 1870. S. 112.

²⁾ v. Gudden, l. c. S. 15.

³⁾ v. Gudden, l. c. S. 27.

⁴⁾ Vgl. Berliner klin. Wochenschr. 1868. No. 8.

⁵⁾ Verh. der Berl. physiol. Ges. l. c.

Schluss für das Dickenwachsthum der Schädelknochen ziehen lässt, wie ich ihn bereits 1868 aus den Stiftmarkirungsversuchen an den Diaphysen langer Knochen für das Dickenwachsthum der Diaphysen hergeleitet habe.

Ich bemerkte im Jahre 1868¹⁾, dass „die rechtwinklig gebogenen Stiftchen, die ich zur Beobachtung des Längenwachstums in die Diaphysen der Knochen gesteckt hatte, in keinem Falle von der Knochenoberfläche in die Markhöhle hineingewandert waren“, wie es die Appositionstheorie verlangte. Denn nach dieser Theorie sollte ja die ganze Diaphysenwand, in der die Häkchen steckten, beim Wachsen durch allmähliche Resorption von innen her verschwinden und durch eine gänzlich neue von aussen her apponirte Wand ersetzt werden.

Später, im Jahre 1874, wies ich auf's Neue darauf hin²⁾, dass nicht nur nach meinen eigenen Untersuchungen, sondern auch nach den Abbildungen aller anderen Experimentatoren allermeistens „die Stiftchen, Häkchen und Nägel, die man behufs Messung des Längenwachstums fest und unverrückbar bei ganz kleinen Thieren in Diaphysenlöcher gesteckt hat, nach vollkommener oder nahezu vollkommener Vollendung des ganzen Wachstums der Thiere noch gerade ebenso an der Oberfläche des Knochens liegend gefunden werden, wie bei Beginn des Versuchs“.

Im Jahre 1875 machte alsdann Haab auf dieselbe Thatsache aufmerksam³⁾. Er bildete u. A. eine Kaninchentibia ab, welche „in 5½ Monaten so sehr an Dicke zugenommen hatte, dass man die Diaphyse des Knochens, wie er zur Zeit der Operation war, in die Markhöhle des jetzigen Knochens hätte hineinschieben können“ und bei welcher trotzdem „die Stiftenden noch ebenso deutlich an der Oberfläche sichtbar geblieben waren, wie bei der Operation“.

Haab hatte dabei meine früheren wiederholten Hinweise auf denselben Umstand übersehen. Er behauptet, dass „die früheren Experimentatoren diesen Punkt nie erwähnen, obschon

¹⁾ Berl. klin. Wochenschr. I. c.

²⁾ Verh. der Berliner medic. Ges. Sitzung vom 16. Dec. 1874. Berl. klin. Wochenschr. 1875.

³⁾ cf. Haab in Untersuchungen aus dem Züricher pathologischen Institut, III. Heft. 1875. S. 26.

sie in den Abbildungen die Stifte nach monatelanger Versuchszeit sehr oft ebenso sichtbar zeichneten, wie bei der Operation“.

Dem hier erörterten Verhalten der Diaphysenmarken ist dasjenige der Schädelmarken ganz analog.

Meine Präparate und auch die der vorliegenden Abhandlung beigegebenen Abbildungen zeigen, dass, während die Schädel der Versuchsthiere eine sehr erhebliche Wachsthumszunahme erfahren haben, die Bohrlöcher fast überall nicht blos an der cerebralen, sondern auch an der periostalen Schädelseite deutlich erhalten geblieben sind.

Nur sehr selten (bei 10 unter ungefähr 100 Löchern in den hier mitgetheilten Versuchen) wurden meine Markirlöcher von aussen her überdeckt vorgefunden, kaum viel öfter, als sie von innen her (vgl. Exp. 12, 16, 19, 23) überdeckt waren. Und in den wenigen Fällen, in welchen die Ueberdeckung von aussen her geschehen war, ergab es sich fast jedesmal, dass dieselbe durch eine äusserst dünne und durchscheinende Knochenlage zu Stande gekommen war, die schon bei ganz geringem Druck einer von innen her in das Bohrloch gesteckten Nadel perforirt wurde (vgl. die Markirlöcher am Scheitelbein a und b in Exp. 5, c und d in Exp. 7, d in Exp. 12, c in Exp. 13 und i in Exp. 16; ferner Markirloch c und d am Stirnbein in Exp. 5 und c am Stirnbein in Exp. 19, bei welchem letzteren die überdeckende Schicht etwas dicker war, als gewöhnlich. Mit diesen meinen Angaben hinsichtlich der Seltenheit resp. der äusserst dünnen Beschaffenheit der Ueberdeckung der Markirlöcher stimmen die von Egger¹⁾ vollkommen überein.

Aus einem solchen Verhalten der Markirlöcher ergibt sich nun aber, wie mir scheint, eine analoge Schlussfolgerung, wie aus dem Verhalten der Stifte an den Diaphysen der Röhrenknochen.

Fände wirklich eine auch nur einigermaassen lebhafte Apposition am Pericranium statt oder gar eine so erhebliche Apposition, wie sie Schwalbe annimmt, so hätten die Markirlöcher zu Ende der Versuchsdauer von den neugebildeten periostalen Schichten überdeckt sein müssen. Da Letzteres nicht der Fall gewesen ist, so kann auch am Pericranium nichts oder nur

¹⁾ Egger, l. c. S. 10.

wenig apponirt worden sein. Der Schädel muss vielmehr an den betreffenden Stellen die Erweiterung seiner Höhle ganz oder fast ganz durch Dickenexpansion erfahren haben.

Auch der Umstand spricht, wenn es hiernach noch eines weiteren Beweises bedürfen sollte, für ein sehr geringes Appositionsquantum am Pericranium, dass es, wie dies beispielsweise aus meinem Exp. 10 hervorgeht, für das Gelingen des Markirversuchs ganz gleichgültig ist, ob man das Pericranium bei diesem Versuch mit oder ohne Schonung behandelt. Macht man den Versuch an beiden Scheitelbeinen eines und desselben Thieres, und entfernt man dabei das ganze Pericranium des einen Scheitelbeins, während man das des anderen sorgfältig schont, so findet man nach 3 Wochen nicht den geringsten Unterschied in dem Verhalten des Knochens, des Pericranium und der Markirlöcher der beiden Seiten. Der entfernt gewesene Theil des Pericranium hat sich regenerirt; aber von irgend einem Ausfall an der Knochenbildung, wie er nach Schwalbe's Vorstellung da, wo eine Zeit lang im Pericranium ein Defect vorhanden gewesen war, hätte entstehen müssen, ist nicht das Geringste zu bemerken.

Ein Umstand scheint allerdings, wie ich noch erwähnen muss, bei meinen Präparaten auf den ersten Blick für ein erheblicheres Quantum von Apposition am Pericranium zu sprechen. Die horizontalen Schenkel rechtwinklig umgebogener Häkchen lagen nemlich zu Ende der Versuchsdauer meistens in Kerben auf der Knochenoberfläche, wie wir dies bei Exp. 1 (Häkchen a und b am Stirnbein; cf. Fig. 1 Taf. XI), bei Exp. 3 (Häkchen b am Stirnbein und c und d am Nasenbein), bei Exp. 4 (Häkchen c am Stirnbein und d und e am Nasenbein); bei Exp. 7 (Häkchen a und b am Scheitelbein) und bei Exp. 21 (an einem 16 Tage alten Thier, bei welchem sich allerdings nur sehr flache Kerben an zwei Stirnbeinhäkchen vorfanden) gesehen haben. Diese Kerben könnten den Eindruck hervorbringen, als habe an der Stelle der Kerbe der Draht die Apposition vom Pericranium gehindert, während zu beiden Seiten des Drahtes eine ungehinderte Apposition stattgefunden habe.

Bei näherer Betrachtung wird man sich indess leicht sagen, dass die betreffenden Kerben nach keiner Richtung hin irgend

etwas beweisen, dass sie vielmehr unter allen Umständen entstehen müssen, ob der Knochen durch Apposition oder durch Expansion in die Dicke wächst. Denn auch im letzteren Falle hält ja der fest im Bohrloch steckende senkrechte Schenkel des Häkchens den horizontalen Schenkel desselben unverrückbar fest, und die auf solche Weise an der Stelle des horizontalen Schenkels gehinderte Expansion muss auch hier wieder die Entstehung einer vertieften Stelle an der Knochenoberfläche bedingen.

Wir sind somit zu dem Resultate gelangt, dass der Schädel der Kaninchen in den ersten Lebenswochen dieser Thiere jedenfalls in sehr hervorragendem Maasse durch Expansion in die Dicke wächst.

Natürlich ist es nicht etwa ohne Weiteres zulässig, aus diesem Umstande einen Schluss auf die Verhältnisse beim Menschen zu ziehen. Aber es wird doch durch das Ergebniss der Markirversuche der Gedanke nahe gelegt, dass wir vielleicht auch für den Menschenschädel die an und für sich keineswegs sehr plausible Anschauung, nach welcher die *Tabula externa* sich fortwährend in *Diploë* auflösen, und diese sich dann wieder zur *Tabula vitrea* verdichten soll, ganz oder theilweise werden aufgeben dürfen.
