

XXV.

Ueber das Wachsthum des Unterkiefers.

Zweiter Beitrag zu den experimentellen Untersuchungen des Knochenwachsthums¹⁾.

Von Dr. Julius Wolff,
a. o. Professor der Chirurgie in Berlin.

(Hierzu Taf. XIII.)

Der erste Autor, welcher darauf aufmerksam gemacht hat, dass die gegenseitigen Beziehungen der anatomischen Verhältnisse des ausgewachsenen und kindlichen Unterkiefers sich mit den Lehren der Flourens'schen Knochenwachsthumstheorie nicht in Einklang bringen lassen, ist bekanntlich Rudolf Virchow gewesen.

„Offenbar kann“, so sprach sich derselbe im Jahre 1857 aus²⁾), „der Typus eines Röhrenknochens bei dem Unterkiefer nicht einfach in Anwendung kommen. Denn die Länge des Unterkiefers ist nur bis zu einem gewissen Maasse bestimmt durch die mittlere Synchondrose und durch die Gelenkknorpel; in späterer Zeit muss es sich vielmehr um ein complicirtes Verhältniss von periostaler Anbildung am Kieferwinkel und allerlei inneren und äusseren Absorptionen und Verschiebungen handeln, deren Detail durch Messung zu ermitteln wäre.“

Erst fünf Jahre, nachdem Virchow diese Bemerkungen gemacht hatte, wurde — und zwar jetzt ziemlich gleichzeitig von drei Seiten — der Frage des Unterkieferwachsthums eine eingehendere Erörterung zu Theil.

Zunächst unternahm Welcker den Versuch, die am wachsenden Unterkiefer vor sich gehenden Veränderungen nach der

¹⁾ Vergl. dieses Archiv Bd. 101. S. 592 ff.

²⁾ Virchow, Knochenwachsthum und Schädelformen mit besonderer Rücksicht auf Cretinismus. Dieses Archiv Bd. 13. S. 339.



4. (Exp. 15.)

5. (Exp. 24.)

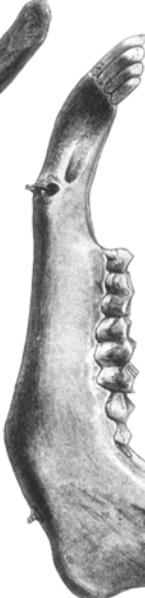
16. a.



6. (Exp. 27.)

7. (Exp. 32.)

16. a.



8. (Exp. 37.)

9. (Exp. 38.)



16. a.

9. — 94. Tag. 60. a.

29. — 76. Tag. 24. a.

22. — 156. Tag. 24. a.

9. (Exp. 6.)

5. — 91. Tag. 69. a.

29. — 76. Tag. 24. a.

22. — 156. Tag. 24. a.

28. — 126. Tag. 78. a.

28. — 250. Tag. 24. a.

28. — 255. Tag. 23. a.

Theorie des ausschliesslichen Appositions- und Resorptionswachsthums der Knochen zu erklären¹⁾.

Nachdem Welcker durch Messungen festgestellt hatte, dass die dritten Backzähne beim Erwachsenen in gerader Linie um 6 mm weiter von einander entfernt sind, als beim 8jährigen Kinde, sprach er sich mit Recht dahin aus, dass diese Distanzzunahme sich nicht durch Resorption an der Zungenseite des Unterkiefers erklären lasse; denn bei einem solchen Vorgange müssten „die Zähne in den Mund fallen“. Indess meinte er, dass alle Schwierigkeiten der Erklärung fortfallen, wenn man sich vorstelle, dass „an der Zungenseite des Zahns am Alveolarrande aussen Resorption, nach dem Alveolus zu Anbildung, dagegen an der Aussenseite des Zahns am Alveolarrand innen Schwund und an der Gesichtsseite Anbildung stattfinde“. Jeden Beweis dafür, dass wirklich ein solcher Vorgang sich abspiele, blieb freilich Welcker schuldig.

Was die Verhältnisse der Entfernungen der einzelnen Zähne von einander beim Erwachsenen im Vergleich zu denen des Kindes betrifft, so bieten dieselben nach Welcker der Erklärung nach der Flourens'schen Theorie keine besonderen Schwierigkeiten dar. Denn nach Welcker's Messungen nehmen die Schneidezähne, der Eckzahn und die 3 ersten Backzähne beim Erwachsenen keinen grösseren Raum ein, als beim Kinde, d. h. es befinden sich in einer Bogenlinie von gleicher Länge (wenn auch von ungleicher Krümmung) dort 10 bleibende, hier 10 Milchzähne.

Die zweite Erörterung der Unterkieferwachsthumsfrage aus derselben Zeit stammt von Richard von Volkmann²⁾ her.

Derselbe knüpfte in seiner bekannten grundlegenden Arbeit im 24. Bande dieses Archivs an Virchow's oben citirte Bedenken an, und bezeichnete den in der Knochenwachsthumsfrage „sehr einseitigen Anschauungen der Anatomen gegenüber“ den Standpunkt der Chirurgen, die „in Betreff dieser Frage sich oft viel unbefangener Anschauungen erhalten haben“. Nachdem

¹⁾ Welcker, Untersuchungen über Bau und Wachsthum des menschlichen Schädels. Leipzig 1862. S. 10.

²⁾ Volkmann, Chirurgische Erfahrungen über Knochenverbiegungen und Knochenwachsthum. Dieses Archiv Bd. 24. S. 536.

er zum Beweise interstitieller Vorgänge in der fertigen *Tela ossea* einerseits auf die therapeutischen Erfolge der orthopädischen Chirurgie, andererseits auf die als senile Erscheinung oder als Folge eines entzündlichen Prozesses oder der Inaktivität eintretenden interstitiellen Atrophien und Schrumpfungen einzelner Knochenabschnitte und ganzer Knochen verwiesen hat, kommt er auch auf die Unterkieferwachstumsfrage, und bemerkt, dass die Schwierigkeiten hier noch grösser seien, als es nach *Virchow's* Ausspruch scheinen könnte. „Lassen wir“, so sagt *Volkmann*, „die aufsteigenden Aeste des Unterkiefers und die Gelenkköpfe beim Erwachsenen $1\frac{1}{2}$ —2 Zoll weiter aus einander stehen, als beim einjährigen Kinde, wo von einer mittleren Naht am Körper nicht mehr die Rede ist, und wollen wir hier bei der Ansicht verbleiben, dass die Formveränderung und das Wachsthum ausschliesslich oder auch nur vorwiegend durch Ansetzen und durch Wegnahme von der periostalen und der Markhöhlenfläche vermittelt werde, so bliebe nichts übrig, als an jeder Hälfte des Unterkiefers“ (mit *Welcker*) „an der Gesichtsseite der periostalen Fläche Auflagerung, an der Mundseite Aufsaugung, an der Gesichtsseite der Markhöhle Resorption, an der Mundseite Knochenansatz anzunehmen. — Und der Knorpel am Gelenkende; wuchert er auch an den äusseren Partien und zerfällt er an den inneren? — Und wie wird es mit den Zähnen? Verschieben sie und ihre Keime in dem an Länge zunehmenden *Proc. alveolaris* sich auch nur, wie durchschneidende Gefässligaturen oder wie Keile, die sich in dem (durch *Usur*) nachgiebigen Knochengewebe aus einander treiben? Alsdann müsste, falls eben das Längерwerden des Kiefers nur durch Anbildung hinten am Winkel und vorn am Kinn erfolgte, jeder Zahn eine um so grössere Bewegung machen, je mehr er beim Erwachsenen von einem stehen bleibend gedachten in der Mitte zwischen Kieferwinkel und Kinn gelegenen Zahn entfernt gefunden würde. Und zwar müsste, da doch das Auseinanderrücken gleichzeitig erfolgt, die Intensität des Ernährungsprozesses — wirksam durch Apposition und Absorption — nicht nur in jeder anderen Alveole eine andere sein, sondern sie müsste auch in jeder Alveole der Entfernung dieser vom *Punctum fixum* proportional sein.“

Die dritte Bearbeitung wurde im Jahre 1862 der Unterkiefer-

wachsthumsfrage durch Ferdinand Strassmann¹⁾ zu Theil. Dieser Autor suchte in seiner Inaugural-Dissertation, gestützt auf vergleichende Messungen der Entfernung der Spina mentalis interna von den einzelnen Zähnen und der gegenseitigen Entfernnungen der Anguli und Processus von einander bei je einem neugeborenen, einem 8 Tage, 4 Wochen, $3\frac{1}{2}$ Jahre, $13\frac{1}{2}$ Jahre und 30 Jahre alten Individuum die Wahrscheinlichkeit des interstitiellen Wachsthums im Sinne Virchow's darzuthun. Ganz besonders betonte er dabei die wichtige Thatsache, dass der Keim des letzten Backzahns bei jugendlichen und zwar noch bei 13jährigen Individuen hinter der Basis des Processus coronoideus liegt, während beim Erwachsenen der letzte Backzahn sich vor der Basis des Proc. coronoideus befindet²⁾.

Im Jahre 1864 erschien in diesem Archiv eine Arbeit von Hueter³⁾ über das Unterkieferwachsthum. Hueter unterscheidet am oberen Rande des Kieferbogens eine Linie der Schneide- und Eckzahnhalveolen und eine Linie der Backzahnhalveolen. In der letzteren Linie wächst der Unterkiefer 4mal mehr, als in der ersten. Da nun aber in demjenigen Gebiete der letzteren Linie, welches den drei vorderen Backzahnhalveolen entspricht, wahrscheinlich gar kein Wachsthum in die Länge stattfindet, so hängt das erwähnte starke Wachsthum des Kiefers auf der Linie der Backzahnhalveolen in der Längsrichtung ganz vorzugsweise von der Bildung der Zahnkeime der beiden hinteren Backzähne und von dem Wachsthum derselben ab. Es wäre also hier das Knochenwachsthum als ein expansives aufzufassen, bedingt durch die Entwicklung physiologischer Neubildungen. Das Höhen- und Dickenwachsthum des Unterkiefers dagegen sei als ein periostales anzusehen.

Dass innerhalb der Kapsel erzeugte Knochentheile während des Wachsens aus der Kapsel hinausrücken können, sei im höch-

¹⁾ F. Strassmann, Nonnullae observationes ad ossium incrementum pertinentes. Diss. inaug. Berolini 1862.

²⁾ Die betr. Thatsache ist schon John Hunter bekannt gewesen (Works, by Palmer II. 45), wurde aber von diesem im Sinne der Resorptions-theorie gedeutet.

³⁾ Hueter, Der Unterkiefer bei Neugeborenen und Erwachsenen. Dieses Archiv Bd. 29. S. 121.

sten Grade unwahrscheinlich. Es komme demgemäss dem in der Kapsel eingeschlossenen Theil des Proc. condyloideus des Unterkiefers keine Bedeutung für das Wachsen des Unterkiefers bei, wie dies auch u. A. schon aus dem Umstände hervorgehe, dass man auf Durchschnitten der Knorpellage eines wachsenden Unterkiefers niemals die bekannten parallel der Wachstumsrichtung des Knochens angeordneten langen Reihen wuchernder Knorpelzellen antreffe.

Das von Welcker betonte Auseinanderweichen der dritten Backzähne in ihrer geradlinigen Entfernung, welches übrigens sehr viel weniger betrage, als es Welcker angenommen hat, komme auf Rechnung des sehr geringen expansiven Wachstums in der Linie der Schneidezahnalveolen. „Welcker's durchaus folgerichtige Ausführung der Resorptionstheorie“ (zur Erklärung, warum „die Zähne nicht in den Mund fallen“; s. oben) sei „insofern anzuerkennen, als sie beweist, dass diese Theorie sehr künstlicher Stützen bedarf, damit sie nicht unter der eigenen Feder des Autors zusammenbreche; aber etwas Weiteres werde durch diese Ausführung nicht bewiesen.“

Schliesslich sucht Hueter nachzuweisen, dass durch das erwähnte expansive Wachsthum die Veränderungen, welche die Form des Kieferwinkels erfährt (Spitzerwerden des Winkels), bedingt werden. Entsprechend nehmlich seiner bekannten, von allen anderen Autoren freilich mit Recht abgelehnten Anschauung über die Formveränderungen des Thorax und des Rippenwachstums meint er, dass die neugebildeten Knochenstücke auf die schon vorhandenen einen der Wachstumsrichtung parallelen Druck ausüben und somit eine formverändernde Kraft besitzen.

Neun Jahre später hat sich v. Kölliker¹⁾ mit der Frage des Unterkieferwachstums beschäftigt.

Dieser Autor, nach dessen Ausspruch die Hypothese der Knochenexpansion, da sie „auch nicht durch eine einzige That-sache gefördert“ werde, „nicht nur eine unbewiesene, sondern auch eine überflüssige“ ist²⁾), stellte sich wiederum die Aufgabe, alle Wachstumserscheinungen am Unterkiefer nach der Flou-

¹⁾ Kölliker, Die normale Resorption des Knochengewebes u. s. w. Leipzig 1873. S. 70—74.

²⁾ a. a. O. S. 67.

rens'schen Theorie durch äussere Appositionen und Resorptionen zu erklären.

Er erörtert die Erscheinungen des Unterkieferwachsthums beim Ochsen und beim Menschen.

Beim Ochsen finde das Längenwachsthum an den Rändern der Alveolarfortsätze der Schneidezähne und an den hinteren Rändern des aufsteigenden Astes und des Proc. coronoideus statt. Um aber dem Knochen seine Form zu wahren, finde sich hinter der Alveolarplatte der Schneidezähne, dann am vorderen Rande des Ramus ascendens, des Proc. coronoideus und condyloideus eine fortwährende energische Resorption, die zugleich für die hinteren Backzähne Raum schafft. Ausserdem wachse dieser Knochen „durch Apposition an der Symphyse, am Capitulum und allen vom Periost bedeckten Flächen, mit Ausnahme der genannten Resorptionsflächen und vieler Theile der Alveolen, in die Dicke und Höhe“; doch sei dieses Wachsthum „nicht überall gleich stark“; auch kommen hier „sicherlich in manchen Gegen- den“ indifferente Stellen vor. Was das sich immer mehr nach vorn verschiebende Foramen mentale und das sich immer mehr nach hinten verschiebende For. alveolare betrifft, so setze ersteres am hinteren Rande, letzteres am vorderen unteren Umfang Knochen an, während diese Oeffnungen an den entgegengesetzten Theilen Resorptionsflächen besitzen, welche ihr Auseinanderrücken und zugleich ihre Erweiterung bedingen. — Der Unterkiefer des Menschen unterscheide sich von demjenigen des Kalbes und vieler anderen Thiere namentlich dadurch, dass bei ihm die beiden Hälften sehr früh verschmelzen und von diesem Zeitpunkte an jedes Längenwachsthum am vorderen Ende aufhöre, Im Uebrigen seien „die Verhältnisse ziemlich dieselben, wie beim Kalbe“. Im Gegensatz zu den Angaben Welcker's ergebe es sich, dass der Raum, den die 6 vorderen Zähne, Schneidezähne und Eckzähne einnehmen, beim Erwachsenen grösser sei, als beim Kinde, dass also die bleibenden Zähne mehr Raum beanspruchen, als die Milchzähne (3,05 gegen 2,5 cm). Welcker habe übersehen, dass die bleibenden kleinen Backzähne weniger Raum beanspruchen, als die Milchbackzähne und so sei ihm die Wahrnehmung entgangen, dass die Sache bei den Schneide- und Eckzähnen sich gerade umgekehrt verhält. Die betreffende „erheb-

liche Verschiebung“ der Alveolen der Milchschnidezähne und der Milcheckzähne bei ihrer Umbildung in die der entsprechenden bleibenden Zähne sei „übrigens durch die an den Wandungen der Alveolen in so reichlichem Maasse stattfindenden Resorptions- und Anbildungsvorgänge leicht“ (d. h. im Sinne Welcker’s) „zu erklären“. — Die Verschiebung des For. mentale komme beim Menschen durch dieselben Mittel zu Stande, wie beim Kalbe; nur rücke das Loch bei ersterem rückwärts, beim Kalbe vorwärts. Beim Kinde steht das Loch unter dem ersten grossen Milchbackzahn, beim Erwachsenen in der Regel unter dem zweiten kleinen Backzahn. — Wie Hueter, so zeigt übrigens auch v. Kölliker, dass die von Welcker nachgewiesene Aenderung in der Krümmung des Unterkiefers erheblich geringer ist, als Welcker dies angegeben hat. Der geradlinige Abstand der Mitten der ersten grossen Backzähne beträgt bei Kindern 4,10, bei Erwachsenen 4,32 cm.

Bei der in der Berliner medicinischen Gesellschaft im December 1874 stattgehabten Discussion über das Knochenwachsthum kam Virchow¹⁾ auch wieder auf die Unterkieferfrage zurück. Schon sehr früh nach der Geburt, so sprach er sich aus, geschehe die vollständige Verwachsung der Symphyse. Nichtsdestoweniger entfernen sich, wie dies auch Kölliker anerkannt habe, die einzelnen Theile wesentlich von der Mittellinie; die Stellen der einzelnen Zähne rücken weiter nach hinten; die Foramina mentalia rücken weiter auseinander. Nach der Appositions- und Resorptionstheorie wachse der Unterkiefer hauptsächlich an seinem hinteren Ende, während am vorderen Rande des Proc. coron. und condyl. und an der Incisur Absorption erfolge, und während die Zahnreihe durch die Welcker’schen Appositionen und Absorptionen in den Alveolen allmählich nach hinten (aussen) rücke. Es bestehe hier jedoch eine grosse Schwierigkeit. „Ein solches Rücken lässt sich verstehen; bewiesen ist es bis jetzt noch nicht. Ueberdies hat es seine besonderen Schwierigkeiten zu begreifen, wenn die Zähne sich gänzlich verschieben, wie sich dann die Nerven und Gefässe verhalten, die in ihre Wurzeln hineingehen und die in be-

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

sonderen Kanälen liegen.“ Diese Schwierigkeit ergebe „eher ein Argument für die Annahme einer gewissen interstitiellen Bildung“. „Vergleiche man überdies“, so schliesst Virchow, „die entgegengesetzten Verhältnisse, wie sie sich nach dem Verlust von Zähnen und im Greisenalter darstellen, also die descendirende Reihe, so sei der Gedanke schwer abzuweisen, dass hier zu der unzweifelhaften und sehr wichtigen äusseren Absorption noch eine interstitielle Atrophie hinzutrete.“

Im Jahre 1875 erörterte Georg Ruge in seiner Inaugural-Dissertation¹⁾ die Frage des Unterkieferwachstums. Nach diesem Autor sollen alle hier erwähnten, das Mittelstück des Unterkiefers betreffenden und der Theorie des ausschliesslichen Appositions- und Resorptionswachstums mehr oder weniger grosse Schwierigkeiten bereitenden Bedenken Virchow's, Welcker's, v. Volkmann's, Hueter's und v. Kölliker's in sehr einfacher Weise in Wegfall kommen, weil dasjenige, was man als Wachstumsvergrösserung der Alveolen des Mittelstücks angesehen habe, „wahrscheinlich nicht über das Gebiet individueller Schwankungen, das einer Rasse oder der Rassen unter einander hinausgehe“, und weil demgemäss ein Wachsthum dieser Alveolen „an und für sich ausgeschlossen sei“.

Ruge nimmt also mit Welcker gegen v. Kölliker an, dass die 5 ersten Zähne jeder Seite bereits beim Kinde einen eben so grossen Raum einnehmen, wie beim Erwachsenen, und er nimmt zugleich gegen Welcker an, dass auch der geradlinige Abstand der Backzähne von einander beim Kinde und beim Erwachsenen ein gleich grosser sei.

Zum Beweise dieser seiner Anschauungen stützt sich Ruge einmal auf eine Reihe von ihm vorgenommener Messungen der Grösse der Alveolen bei 3 Kiefern Neugeborner, so wie bei 4 jugendlichen und 6 ausgewachsenen Kiefern. Diesen Messungen ist indess, wie auch schon der Autor selber hervorhebt, kein voller Werth beizulegen, weil die Grösse der in dem bogenförmigen Kieferstück gelegenen Alveolen indirect mittelst Anlegens eines Bandmaasses an die äussere Fläche des Unterkiefers gemessen wurde, die gemessenen Werthe mithin je nach

¹⁾ Georg Ruge, Beiträge zum Wachsthum des menschlichen Unterkiefers. Inaug.-Dissert. Berlin 1875.

der grösseren oder geringeren Verdickung der Ränder der Alveolen mehr oder weniger fehlerhafte waren.

Zweitens stützt sich Ruge auf Schätzungen. Beim Ueber-einanderlegen eines jungen und alten Kiefers fallen nach Ruge „die Zahnalveolen beider genau zusammen“¹⁾). Häufig seien sogar die des jungen Kiefers noch geräumiger, als die des alten, „was vielleicht auf Rechnung der feinen Zwischenzahnbalken des jungen Kiefers zu setzen sei“.

Wenn es also überhaupt ein intercelluläres Unterkieferwachsthum gebe, so könne dasselbe „nicht das Mittel- und vordere Hinterstück des Knochens“ betreffen, sondern höchstens — und auch dies soll nach Ruge sehr unwahrscheinlich sein — den hinteren sehr energisch wachsenden Apparat des Kiefers zwischen dem hinteren Rande der Alveole des zweiten Backzahns und dem Kiefergelenk.

Noch viel leichter, als G. Ruge, glaubt der folgende Autor, Schwalbe²⁾, sich über die Bedenken der erstgenannten Forscher hinwegsetzen zu dürfen. Er hält von jenen Bedenken überhaupt nur ein einziges für erwähnenswerth, und zwar die durch Virchow für die Möglichkeit eines expansiven Wachsthum geschehene Geltendmachung der Thatsache der Entfernung der Foramina mentalia von einander noch nach der Vereinigung beider Unterkieferhälften. Diese Thatsache glaubt Schwalbe — im Gegensatz zu der Kölliker'schen Annahme einer beständigen Resorption an den Foramina — dadurch erklären zu können, dass „das interstitiell wachsende Periost, welches sich nach Verknöcherung der Symphyse ausschliesslich in der Richtung nach dem Winkel und Aste jeder Unterkieferhälfte hin verschiebt, dadurch zugleich eine Verschiebung der Foramina mentalia nach hinten bzw. aussen bewirkt.“ Dass diese Schwalbe'sche Erklärung eine durchaus verfehlte ist, das geht aus dem Umstände hervor, dass auch das an der medialen Knochenfläche gelegene Foramen alveolare sich nach hinten verschiebt. Denn an der medialen Knochenfläche kann von einer periostalen Apposition und somit auch von einer verschiebenden Wirkung des Periosts selbstver-

¹⁾ a. a. O. S. 23.

²⁾ Schwalbe, Ueber die Ernährungskanäle der Knochen und das Knochenwachsthum. Zeitschrift für Anatomie. Bd. I. S. 349.

ständlich nimmermehr die Rede sein. — Ferner wird die Haltlosigkeit der Schwalbe'schen Hypothese durch die Thatsache bewiesen, dass bei manchen Thieren, wie beim Rind, die Foramina mentalia nach vorn rücken. Die Verhältnisse liegen hier allerdings etwas anders als beim Menschen, insofern die mittlere Symphyse bei diesen Thieren nicht vollständig verknöchert. Aber für Schwalbe's Hypothese wird dadurch gar nichts geändert. Denn es findet, wie dies aus dem Nebeneinanderbleiben der beiderseitigen Schneidezähne hervorgeht, unter keinen Umständen an der mittleren Symphyse eine Apposition und eine aus ihr resultirende verschiebende Wirkung des Periosts nach vorn im Sinne Schwalbe's statt.

Es bleibt mir schliesslich noch übrig, hier die experimentellen Untersuchungen aufzuführen, welche bisher der Frage des Unterkieferwachstums zu Theil geworden sind. Es handelt sich bei denselben theils um Krappfütterungsversuche, theils um Markirversuche mittelst Metallmarken.

Lieberkühn¹⁾ und später von Kölliker²⁾ haben durch Krappfütterungsversuche den Nachweis äusserer Resorptionen am Unterkiefer und namentlich am vorderen Rande des aufsteigenden Astes zu liefern und zugleich die Stellen der periostalen Apposition und die indifferenten Stellen der äusseren Oberfläche des Knochens aufzufinden gesucht.

Es ist hier nicht der Ort, auf diese Versuche, in denen selbst dann, wenn Lieberkühn und von Kölliker die Resultate derselben überall richtig gedeutet hätten, kein Beweis gegen eine neben den Appositions- und Resorptionsvorgängen geschehende Expansion des Unterkiefers liegen würde, genauer einzugehen. Nur so viel muss ich bemerken, dass, wie schon Strelzoff an Taubenknochen gezeigt hat, und wie ich in einer späteren Arbeit an den Knochen von Säugethieren ausführlicher darthun werde, die Krapppräparate bezüglich der äusseren Appositionen und Resorptionen bisher in den meisten Punkten durchaus irrthümlich beurtheilt worden

¹⁾ Lieberkühn, Ueber Wachsthum und Resorption der Knochen. Marburger Universitätsprogramm 1867. S. 8. Vgl. auch Esch, Ueber appositionelles Knochenwachsthum. Inaug.-Dissert. Marburg 1874. S. 13.

²⁾ Kölliker, a. a. O. S. 72.

sind, und dass dies, wie ebenfalls schon Strelzoff andeutete, in besonders hervorragender Weise bezüglich des Unterkiefers gilt¹⁾.

Die Zahl derjenigen bisher am Unterkiefer ausgeführten Markirversuche, über welche ein genauerer Bericht vorliegt, beträgt im Ganzen fünf. Drei derselben sind von Humphry, einer von Lieberkühn und einer von F. Busch unternommen worden.

Humphry's drei Versuche²⁾ gelten auf Grund der Schlussfolgerungen, die der Experimentator selber, so wie Wegner und Busch aus den Ergebnissen der Versuche irrthümlicher Weise gezogen haben, und auf Grund eines Berichts, den Wegner über einen dieser Versuche gegeben hat, bis auf den heutigen Tag allgemein als sichere Stütze der Lehre vom ausschliesslich appositionellen Unterkieferwachsthum.

Der betreffende Bericht Wegner's zeugt indess von derselben völligen Unzuverlässigkeit, die dieser Autor auch hinsichtlich des Berichtes über du Hamel's Experimente an den Tag gelegt hat. Wegner ist genöthigt gewesen, sich bezüglich du Hamel's damit zu entschuldigen, dass die betreffenden Irrthümer seines Berichts „durch ein Versehen seines Schreibers“ in seine Arbeit hineingerathen seien³⁾. Man wird bezüglich Humphry's einer ähnlichen Entschuldigung Wegner's entgegensehen dürfen!

In Anbetracht der Bedeutung, die in der bisherigen Discussion der Knochenwachstumsfrage und speciell der Unterkieferwachstumsfrage den Humphry'schen Experimenten beigelegt worden ist und zugleich in Anbetracht des Umstandes, dass aus den Ergebnissen der Humphry'schen Versuche sehr wichtige, der Annahme des Experimentators selber freilich durchaus entgegenstehende Schlussfolgerungen gezogen werden können, halte ich es für nothwendig, hier über diese Versuche etwas genauer zu berichten, und dabei zugleich die Humphry'schen Abbildungen zu reproduciren.

Humphry führte zunächst den du Hamel'schen Ringver-

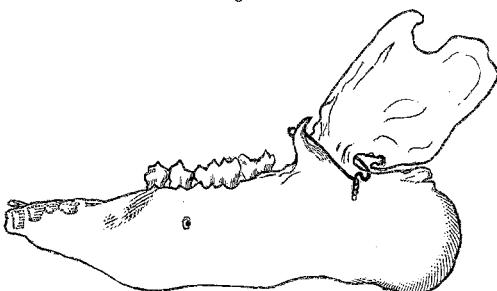
¹⁾ Strelzoff, Unters. aus dem pathol. Inst. zu Zürich. I. S. 65 u. 82.
II. S. 59 ff.

²⁾ Humphry, On the growth of the jaws. Transactions of the Cambridge philosophical society. T. XI. 1871. (read 9. Nov. 1863.)

³⁾ S. Verhandl. der Berliner medicinischen Gesellschaft. Sitzung vom 16. Dec. 1874. Berliner klin. Wochenschr. 1875. S. 79.

such am Unterkiefer aus. Er legte um den linken aufsteigenden Unterkieferast eines 13 Wochen alten Schweins einen Metalldraht, und schnürte denselben fest zu einem Ringe zusammen. Nach $3\frac{1}{2}$ Monaten wurde das Thier getötet. Der Ast hatte etwa das Doppelte der früheren Breite erlangt. Die vordere Partie des Ringes war etwas lose geworden, derart, dass dieselbe den vorderen Rand des Ramus etwas nach vorn überragte (s. Fig. a). Dies Ueberragen war aber ein so geringfügiges,

Fig. a.



dass man zweifeln kann, ob dasselbe nicht vielleicht bereits bei Ausführung des jedenfalls sehr schwierig gewesenen Experiments, bei dem leicht Weichtheile durch den Ring mit eingeschnürt worden sein konnten, nahezu ebenso beträchtlich gewesen ist, wie am Präparate. Hinten war der Ring um mehr als einen Zoll in den Knochen hineingewachsen und zwar so, dass es aussah, als „hätte der Knochen dem Drucke des Ringes nachgegeben und als wäre er dabei vom Ringe durchgeschnitten worden“ („The ramus looks as if it had been cut more than half through by the wire and had thus yielded a little to the pressure upon it“).

Diesen Versuch Humphry's hat Wegner¹⁾ mit grosser Emphase für seine irrthümlichen Anschauungen zu verwerthen gesucht, ohne zu merken, dass derselbe das volle Gegentheil von dem beweist, was er, so wie Humphry selber, aus ihm geschlossen haben. Hätte sich der Unterkiefer durch Apposition vom hinteren Rande her verbreitert, so müsste sich hinter dem

¹⁾ Wegner, Ueber das normale und pathologische Wachsthum der Röhrenknochen. Dieses Archiv Bd. 61. S. 62.

Ringe intactes, nicht durchschnittenes Knochengewebe befinden. Das hinter dem Ringe vorhandene Knochengewebe zeigt sich aber, wie bereits erwähnt, in horizontaler Richtung vom Ringe durchgeschnitten. Darin liegt der Beweis, dass die betreffende Knochenpartie dieselbe ist, die schon bei Ausführung des Experiments vorhanden gewesen war. Nur dadurch, dass diese Knochenpartie sich in die Breite zu expandiren strebte, konnte sie von dem in seiner Weite unveränderlichen Ringe durchtrennt werden. Das Resultat des Experiments ist somit in vollem Einklange mit dem, was aus meinen unten mitzutheilenden Experimenten 31, 38 und 40 (Fig. 9 und 11, Taf. XIII) hervorgeht.

Der zweite Versuch betrifft ein 10 Wochen altes Schwein, bei welchem Humphry von einem mitten durch den rechten aufsteigenden Ast gebohrten Loch aus einen Metalldraht um die vordere und einen zweiten um die hintere Hälfte des Astes führte.

Fig. b.

Nach einem Monat fand sich der vordere Ring wieder ein wenig lose geworden (s. Fig. b), während der hintere ein kleines Stück der Breite des Knochens ebenso, wie im vorigen Experimente vom hinteren Knochenrande her durchgeschnitten hatte.



Ueber diesen Versuch nun berichtet Wegner¹⁾, „der die vordere Hälfte des Knochens umschliessende Ring sei beim weiteren Wachsen des Thieres ganz abgefallen“. Humphry war es selbstverständlich gar nicht eingefallen, Solches zu behaupten, und die Abbildung beweist ja auch, dass davon gar keine Rede sein kann. (Nur beim folgenden Experiment, bei dem der Ring von vornherein nahe dem vorderen Knochenrande lag, fiel derselbe, wie wir sehen werden, ab.)

Der folgende Autor, der sich auf Humphry's zweiten Versuch beruft, F. Busch²⁾, hat sich leider auf Wegner verlassen,

¹⁾ a. a. O.

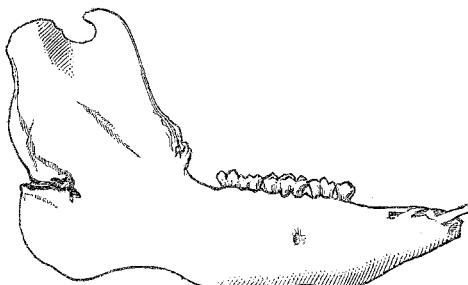
²⁾ Vgl. Busch in der Discussion über meinen Vortrag „Das Gesetz der Transformation der Knochen u. s. w.“ Verhandl. der deutschen Gesellschaft für Chir. 13. Congr. 1884. I. S. 16.

ohne Humphry's Arbeit und Abbildung zu vergleichen. Er betont mir gegenüber, dass Humphry „einem jungen Thiere einen Ring von Platindraht (Humphry giebt gar nicht an, aus welchem Metall seine Drähte bestanden!) um die hintere Hälfte des Ramus adscendens gelegt und bei der nach längerer Zeit erfolgten Tötung des Thieres gefunden habe, dass der Ring nur die vordere Hälfte des Ramus adscendens umspannte. Es sei somit die zur Zeit des Versuchs bestandene vordere Hälfte des Ramus adscendens durch Resorption geschwunden, während sich eine neue hintere Hälfte durch Apposition angelagert habe.“ Die letztere Schlussfolgerung Busch's wäre ganz richtig gewesen — wenn nur nicht eben der Versuch selber ganz anders ausfallen wäre, als dies Busch auf Wegner's Darstellung hingeglaubt hat.

In einem dritten Versuch endlich führte Humphry bei einem 15 Wochen alten Schwein einen Ring nahe dem vorderen, und einen zweiten nahe dem hinteren Rande des rechten Unterkieferastes durch den Knochen. Nach 3 Monaten war der vordere Ring ganz abgefallen (Fig. c), während die Stelle, an der er gelegen hatte, noch durch starke Unebenheiten gekennzeichnet war; der hintere Ring war ein wenig nach vorn gerückt; aber auch hier wieder war der Weg, auf dem er gewandert war (ähnlich wie bei meinem Experiment 39; Fig. 10 Taf. XIII), durch eine Durchschneidungsrinne gekennzeichnet.

Der letztere Versuch Humphry's beweist unbestreitbar, dass am vorderen Rande des Proc. coronoideus eine Resorption, und dass beim Schwein wahrscheinlich auch am hinteren Rande des

Fig. c.



Ramus eine Apposition geschieht. Die quantitativen Verhältnisse dieser Apposition und Resorption lassen sich aus Humphry's Experiment, bei dem Maasse überhaupt nicht angegeben sind, nicht erschliessen. Der Versuch beweist aber zugleich bei genauerer Betrachtung, dass gleichzeitig eine Expansion des Astes stattgefunden hat. Da wir die ungefähre Entfernung, welche der am vorderen und der am hinteren Rande des Astes befestigte Ring ursprünglich von einander gehabt haben müssen, kennen, so gestaltet sich — was Humphry selber entgangen ist — sein dritter Versuch zu einem Markirversuch. Das Versuchsthier war nehmlich dasselbe, bei welchem Humphry zu ziemlich gleicher Zeit, 14 Tage zuvor, in der 14. Lebenswoche, an der anderen Unterkieferhälfte seinen ersterwähnten Versuch (die Umlegung eines Ringes um die ganze Breite des Astes) ausgeführt hatte (s. Fig. a). Aus Fig. a wissen wir, dass der Ramus zur Zeit der Ausführung des Versuchs nicht breiter gewesen sein kann, vielmehr offenbar etwas schmäler gewesen sein muss, als der um seine ganze Breite gelegte Ring. Mithin muss auch bei Humphry's drittem Versuch die Entfernung zwischen den beiden Ringen kleiner gewesen sein, als die Breite des Ringes im ersten Versuch. — Nun zeigt aber Humphry's Abbildung zu seinem dritten Versuch (s. Fig. c), dass zu Ende der Versuchszeit die Entfernung zwischen dem hinteren Ringe und der deutlich markirten Stelle, an der der vordere Ring gesessen hatte, etwa das Anderthalbfache der Breite des Ringes des ersten Versuchs beträgt. Das ist nicht anders zu erklären, als durch die Annahme, dass die zwischen den beiden Ringen des dritten Versuchs gelegene Partie des Ramus durch Expansion um das Anderthalbfache ihrer Breite gewachsen ist.

Der nächste Experimentator, Lieberkühn¹⁾), applicirte „am unteren Rande des Unterkiefers eines jungen Hundes“ zwei Ringe aus feinem Platindraht „in einer Entfernung von nahezu 24 mm von einander“. Nach Ablauf von fast 6 Monaten waren die Ringe vom unteren Rande²⁾ des Knochens um 2 mm in die Höhe gerückt und zum Theil von „Knochensubstanz überlagert.

¹⁾ Lieberkühn, Zur Lehre vom Knochenwachsthum. Sitzungsbericht der Marburger Gesellschaft zur Beförderung der ges. Naturwissenschaft, 1872, No. 2, S. 46; vgl. auch Esch, a. a. O. S. 14.

Die Entfernung der Ringe von einander war unverändert geblieben, obwohl der Unterkiefer sich „um die Breite seines Astes verlängert hatte“. Der Versuch leidet an dem Mangel, dass das Alter des Versuchsthiers und die Applicationsstellen der Ringe nicht genau angegeben sind und dass die Ringe zu nahe an einander lagen. Ausserdem beweist der Versuch keineswegs irgend etwas gegen eine Expansion an den nicht von den Ringen eingeschlossenen Knochenpartien bezw. in der ersten Lebenszeit des Thieres vor Ausführung des Versuchs.

Wegner¹⁾ berichtet, dass er „denselben Versuch“, wie Lieberkühn am Unterkiefer, und zwar „mit Anwendung von Nägeln wiederholt“ hat. Irgend etwas Genaueres theilt er nicht mit; aber „er kann bestätigen, dass die Nägel nicht auseinander rücken“.

Endlich hat F. Busch²⁾ einen zwar sehr sorgfältigen Markirversuch bei einem Hunde grosser Rasse ausgeführt, diesen Versuch aber schon von vornherein dadurch zu einem sehr wenig verwerthbaren gemacht, dass er ihn bei einem Thiere ausführte, welches sich bereits „im Alter von 3—4 Monaten befand“. Am unteren Rande der linken Unterkieferhälfte wurde ein feines Schrotkorn nahe der Syndesmose, und ein ebensolches nahe dem hinteren Knochenrande eingefügt. Nach 112 Tagen war der Unterkiefer von circa 11 auf circa 16 cm gewachsen. Die Entfernung der beiden Marken von einander hatte dagegen ihre ursprüngliche Grösse von 6,62 cm genau beibehalten. Selbstverständlich ist durch das Ergebniss dieses Versuchs wieder das Vorkommen von Knochenexpansionen in den ersten 3—4 Lebensmonaten des Hundes durchaus nicht ausgeschlossen.

Man ersieht aus unserer Zusammenstellung der Ergebnisse der bisherigen Forschungen, dass zur Zeit noch keine einzige der das Unterkieferwachsthum betreffenden Fragen einen auch nur einigermaassen befriedigenden Abschluss gefunden hat. Nicht

¹⁾ Wegner, a. a. O. S. 61.

²⁾ F. Busch, Demonstration von zwei Knochenpräparaten u.s.w. Verhandl. der Berliner physiolog. Ges. Sitzung vom 27. Febr. 1885. Archiv für Physiologie 1885.

einmal bezüglich der makroskopischen Messungen der Distanzen der einzelnen Unterkieferpunkte von einander findet man in der Literatur übereinstimmende und überall ausreichende Angaben.

Um so erstaunlicher muss es erscheinen, dass gegenwärtig in den Augen fast aller Anatomen und Histologen und selbst in den Augen fast aller Chirurgen die Theorie des ausschliesslich durch Apposition und Resorption geschehenden Wachsthums auch am Unterkiefer als durchaus zu Recht bestehend gilt, und dass man sich über die von Virchow, von Volkmann und Hueter geäusserten Bedenken gerade so hinwegsetzen zu dürfen glaubt, als wären dieselben — wie es ja doch thatsächlich keineswegs der Fall ist — von irgend einer Seite her widerlegt.

Ich habe es unter solchen Umständen für nothwendig erachtet, die Frage des Unterkieferwachsthums durch eine grössere Reihe experimenteller Untersuchungen zu prüfen, und zwar durch diejenige Art von Experimenten, welche nach dem übereinstimmenden Urtheil aller Autoren als die zuverlässigste anzusehen ist, nehmlich durch Markirversuche.

Ehe ich indess zur Mittheilung der Ergebnisse dieser experimentellen Untersuchungen schreite, muss ich noch einige Angaben über eine kleine Zahl von makroskopischen Messungen machen, die behufs besserer Orientirung in den uns hier beschäftigenden Fragen von mir vorgenommen worden sind.

Die Bemerkung Georg Ruge's, dass nicht nur die Länge, sondern auch die Bogenform des die 10 vordersten Zähne tragenden Mittelstücks des Unterkiefers beim Wachsthum unverändert bleibt, und dass demgemäß überhaupt keine Veranlassung vorliegt, die Expansionsfrage für dies Mittelstück zu discutiren, hat bisher in der Literatur keinen Widerspruch erfahren. Ich habe die Ruge'sche Angabe sowohl an einer kleinen Sammlung sehr kunstvoll aufgesägter Unterkiefer geprüft, die mir Herr Dr. Eder jun. in Wien gütigst zur Verfügung gestellt hat, als auch an Präparaten der hiesigen anatomischen Sammlung und der auf der Berliner Naturforscherversammlung ausgestellt gewesenen schönen Sammlung der Berliner Zahnkünstlerinnung, deren Benutzung mir Herr Geheimrath Waldeyer bezw. Herr Zahn-techniker Jüterbock freundlichst gestattet haben.

Meine an den verschiedenen Unterkiefern vorgenommenen Messungen ergaben Folgendes:

	7monatlicher Föetus. (Berliner anatom. Samml.)	Neugeborenes Kind. (Berliner anatom. Samml.)	6 Monate altes Kind. (Eder'sche Sammlung.)	1jähriges Kind. (Samml. der Zahnkünstlerinnung.)	2jähriges Kind. (Berliner anatom. Samml.)	6jähriges Kind. (Eder'sche Sammlung.)	Erwachsener. (Samml. der Zahnkünstlerinnung.)	Erwachsener (30 Jahre). (Berliner anatom. Samml.)	Erwachsener. (Eder'sche Sammlung.)	Erwachsener. (Eder'sche Sammlung.)
Breite der Alveolen der beiden Schneidezähne	0,8	0,75	0,8	0,8	0,9	0,92	0,9	0,9	1,05	1,0
Breite d. Schneidezähne und des Eckzahnes	1,2	1,4	1,35	1,35	1,5	1,5	1,72	1,7	1,73	1,7
Breite der ersten 4 Zähne	1,7	1,85	2,2	2,03	2,3	2,3	2,24	2,5	2,35	2,47
Breite der ersten 5 Zähne	2,2	2,5	3,1	2,92	3,2	3,35	2,92	3,1	2,9	2,95
Geraadliniger Abstand d. äusseren Randes der Alveole d. rechtsseitigen 2. Backzahns vom linksseitigen (gemess. vom äusseren Ende der Scheidewand zwischen 5. und 6. Alveole)	3,45	3,8	4,5	3,9	4,7	4,8	4,8	4,8	4,5	4,8

Bei Ausführung dieser Messungen habe ich mich zunächst davon überzeugen müssen, dass es schon für einen und denselben Untersucher sehr schwer ist, an den einzelnen Präparaten genau analoge Punkte für die Messung zu finden, und dass um so leichter verschiedene Untersucher Messungspunkte wählen werden, die nicht analog sind. Die Verschiedenheiten in den Angaben Welcker's, v. Kölliker's und Ruge's und den meinigen erklären sich also nicht blos durch die zufälligen individuellen und Rassenunterschiede an der verhältnissmässig geringen Zahl von Präparaten, die jeder einzelne von uns gemessen hat, sondern auch durch die grossen Schwierigkeiten, die solche Messungen schon an und für sich darbieten.

Für unseren Zweck genügend verwerthbare Ziffern würden wir erst dann erhalten, wenn ein und derselbe Untersucher, der mit grösstmöglicher Sorgfalt bemüht wäre, überall genau analoge Messungspunkte zu treffen, an einer sehr viel grösseren Zahl von Präparaten, als es bis jetzt geschehen ist, Messungen vor-

nähme, wenn er dazu nur Unterkiefer einer und derselben Rasse und nur eines Geschlechts wählte, und dann aus allen seinen Messungen das Mittel zöge.

Wenn somit meine Tabelle ebenso wie die der früheren Autoren nur einen relativ geringen Werth beanspruchen darf, und wenn sie auch natürlich von denen der früheren Autoren keine sehr wesentlichen Abweichungen enthält, so wird man doch aus derselben jedenfalls so viel ersehen können, dass die Ruge'sche Auffassung keine richtige ist. Namentlich dann, wenn wir auch die in meiner Tabelle angegebenen Verhältnisse des Unterkiefers vom 7. Schwangerschaftsmonat berücksichtigen, finden wir, dass sowohl der Raum für die ersten 5 Zähne, als auch der geradlinige Abstand der beiderseitigen zweiten Backzähne von einander allmählich zunimmt, sei es auch nur um einige Millimeter. Offenbar aber behalten die Virchow'schen und Volkmann'schen Betrachtungen betreffs des Auseinander-rückens der Zähne und ihrer Gefässe und Nerven eine ebenso grosse Bedeutung und bleiben die Schwierigkeiten der Erklärung für die Anhänger der Theorie des ausschliesslich appositionellen Wachstums gleich grosse, ob es sich bei diesem Auseinander-rücken um nur wenige Millimeter oder um grössere Werthe handelt.

Ja, die Virchow'schen und Volkmann'schen Bedenken dürften auch nicht einmal dann ausser Acht gelassen werden, wenn wir bezüglich des menschlichen Unterkiefers zu einem mit dem Ruge'schen übereinstimmenden Resultate gelangt wären, wenn es sich also wirklich ergeben hätte, dass die menschlichen Unterkieferzähne überhaupt nicht auseinanderrücken. Denn die Bedenken würden dann immer noch sowohl bezüglich des menschlichen Oberkiefers als auch bezüglich des Unterkiefers der Thiere aufrecht gehalten werden müssen.

Für den menschlichen Oberkiefer ergiebt meine folgende Messungstabelle, dass die Länge und Bogenkrümmung des Mittelstücks dieses Knochens beim Wachsen ebenfalls unzweifelhaft zunimmt, und dass diese Zunahme grösser ist, als die entsprechende Zunahme am Unterkiefer. Zu diesem Resultat kommen wir auch dann, wenn wir die letzte Colonne der Tabelle, die einen wohl nur seltenen Ausnahmsfall betrifft, ganz ausser

Acht lassen. Der Umstand, dass die Processus palatini max. sup. und die Partes horizontales der Gaumenbeine beider Seiten nicht vollkommen knöchern verschmelzen, ist, wie ich hierbei bemerken muss, für unsere Betrachtung ohne Belang. Denn in der betreffenden Fuge findet sicher keine Apposition statt — es müssten ja sonst Zwischenräume zwischen den Schneidezähnen des Oberkiefers entstehen!

Messungen am Oberkiefer.

	Neugeborenes Kind. (Berliner anatomi- sche Sammlung.)	1-jähriges Kind. (Samml. der Zah- nkünstlerinnung.)	2-jähriges Kind. (Berliner anatomi- sche Sammlung.)	Erwachsener, 30 J. (Berliner anatomi- sche Sammlung.)	Erwachsener. (Samml. der Zahnb- künstlerinnung.)	Erwachsener (24jähr. Frau mit auffällig breitem Gaumen). (Samml. der Zahnb- künstlerinnung.)
Breite der Alveolen der beiden Schneidezähne incl. der des Eckzahns	1,4	1,7	1,9	2,2	2,3	2,6
Breite d. ersten 4 Alveol.	2,0	2,37	2,5	2,9	2,9	3,2
Breite d. ersten 5 Alveol.	2,7	2,8	3,5	3,5	3,45	3,82
Breite d. ersten 6 Alveol.	—	3,88	—	—	4,35	4,8
Geradliniger Abstand der 1. Backzähne	—	2,95	—	—	3,65	4,4
Geradliniger Abstand der 2. Backzähne	3,9	—	4,65	5,2	—	—

Was den Unterkiefer der Thiere betrifft, so habe ich bisher nur die folgenden Messungen bei der Ziege, dem Rinde und dem Kaninchen vorgenommen.

Messungen an 6 Unterkiefern der Ziege.

	Länge des ganzen Kno- chens von der Spitze des längsten Schneide- zahns bis zum hinteren Rande des Knochens.	Breite der Pars incisiva am oberen Knochenrand gemessen.	Breite des Raumes für die 3 ersten Backzähne.	Breite des Raumes für die 4 Schneide- zähne.
1.	76 mm	11	32	10
2.	93 -	19	31	10
3.	100 -	21	31	10,5
4.	114 -	26	30	10
5.	126 -	31	30	10,5
6.	128 -	32	30	11,0

Messungen am Unterkiefer des Kalbs und Rinds.

	Knochenlänge (von der Spitze des längsten Schneide- zahns bis zum hinteren Rande des Knochens).	Breite der Pars inci- siva.	Breite des Raumes für die 3 ersten Back- zähne.	Breite des Raumes für die 4 ersten Backzähne.	Breite des Raumes für die beiden mittleren Schneide- zähne.	Breite des Raumes für die 4 Schneide- zähne.
Kalb	190	39	58	86 am frontal aufgesägten Alveolus gemessen.	14	26
Rind	432	117	50	70	20	42

Messungen an 8 Kaninchenunterkiefern.

	Knochenlänge (vom Proc. pterygoid. bis zur Spitze des Schneidezahns).	Breite der Pars incisiva.	Breite des Raumes für die 5 Backzähne.
1.	27	7	9
2.	30	8	10
3.	34	12	10,5
4.	41	12	12
5.	43	14	13
6.	48	15	13
7.	53	15	13
8.	59	16,5	14

Aus diesen Messungen ergeben sich folgende bemerkenswerthe Umstände:

Die Breite des Raumes für die Backzähne verkleinert sich während des Wachstums bei der Ziege und beim Rind, bei ersterer in sehr geringem, bei letzterem in sehr bedeutendem Maasse. Beim Kaninchen dagegen nimmt die Breite des betreffenden Raumes sehr erheblich zu, relativ viel erheblicher, als dies beim menschlichen Unterkiefer der Fall ist.

Was den Raum für die Schneidezähne betrifft, so scheint sich derselbe bei allen Thieren zu verbreitern. Bei der Ziege geschieht diese Verbreiterung in nur geringem, beim Rind in sehr bedeutendem Maasse.

Es bestehen mithin für den Unterkiefer der Thiere die Virchow-Volkmann'schen Bedenken nicht nur fort, sondern sie werden hier auch noch durch die bisher meines Wissens nicht bekannt gewesene Thatsache des Zusammenrückens der Backzahnalveolen einzelner Thiere erheblich vermehrt. Diese merkwürdige Thatsache reiht sich am nächsten den von v. Volk-

mann und Virchow betonten interstitiellen Altersatrophien¹⁾ und den ebenfalls bereits von v. Volkmann herbeigezogenen und von mir mit Bestimmtheit nachgewiesenen und als trophische Störungen beschriebenen Knochenschrumpfungen ausgewachsener Individuen²⁾ an. Die betr. Thatsache kann offenbar nach keiner der bisherigen Theorien des Knochentwicklungswachstums, vielmehr, wie ich glaube, nur nach dem von mir aufgestellten „Gesetz der Transformation der Knochen“ erklärt werden.

Wir haben aus den bisherigen Erörterungen ersehen, dass die Theorie des ausschliesslichen Appositions- und Resorptionswachstums nach Hueter's treffendem Wort überall „der künstlichen Stützen“ bedurfte, um sich mühselig aufrecht zu erhalten. Speciell am Unterkiefer mussten dieser Theorie zu Liebe die Welcker'schen wunderlichen Appositions- und Resorptionsvorgänge in den Alveolen geschehen; Knochenpartikelchen, welche später die letzten Backzahnalveolen constituiiren, mussten im Kiefergelenk oder doch wenigstens am hinteren Knochenrande entstehen; der Knorpel des Proc. condyloideus musste in seinen vorderen Partien beständig zu Grunde gehen, während man hinten neuen Gelenkknorpel sich anlagern liess; die Nerven und Gefässen der Zähne mussten das Knochengewebe, innerhalb dessen sie eingebettet waren, usuriren und durchschneiden, und jedes der betreffenden Gefässen bzw. jeder betreffende Nerv musste dabei einen verschieden weiten Weg zu durchschreiten haben. So ungeheuerlich auch alle diese „Stützen“ waren, so kam man doch nie in Verlegenheit, wenn es darauf ankam, weitere ähnliche Stützen zu ersinnen. Jetzt würde für jene Theorie noch wieder eine neue künstliche Stütze ausgesonnen werden müssen, damit sie auch noch mit dem Zusammenrücken der Backzahnalveolen sich abzufinden vermöge.

Ich kommen nunmehr zu dem Berichte über meine Markirversuche. Ich habe dieselben am Unterkiefer von Ziegen und Kaninchen vorgenommen, und theile hier zuerst die Versuche an Ziegen, dann die an

¹⁾ Cf. oben S. 495 u. 500.

²⁾ Vgl. J. Wolff, „Ueber trophische Störungen bei primärem Gelenkleiden“, Berliner klin. Wochenschr. 1883. No. 28 ff. und „Ueber die Verkürzung ausgewachsener Röhrenknochen“ ebendas. 1884. No. 25.

Kaninchen mit, und zwar je nach der Reihenfolge des Alters, in welchem sich die Thiere bei Ausführung des Versuchs befunden haben.

Bei mehreren der mitzutheilenden Experimente hat mir Herr Dr. Georg Joachimsthal in sehr dankenswerther Weise assistirt. Die ersten vier Experimente (an sehr jungen Ziegen) hat Herr Dr. Joachimsthal selbständig ausgeführt.

Alle in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Präparate habe ich, ebenso wie diejenigen, welche ich früher durch meine Markirversuche am Scheitel-, Stirn- und Nasenbein der Kaninchen gewonnen habe¹⁾, Herrn Geheimrath Virchow übergeben. Man wird sich an den im hiesigen pathologischen Institut befindlichen Präparaten durch Nachmessen leicht von der Genauigkeit der im Folgenden angegebenen Maasse überzeugen können.

I. Experimente an Ziegen.

a) An 5—6 Tage alten Ziegen.

1) (s. Fig. 1.) Bei einer 5 Tage alten Ziege wurden zwei starke Silberdrahtstücke durch Bohrlöcher geführt, welche an der linken Unterkieferhälfte angebracht waren. Das erste Bohrloch befand sich dicht am unteren Rande der Pars incisiva, etwa 4 mm hinter der Gegend des Foramen mentale, das zweite am Angulus, und zwar ebenfalls dicht am unteren und zugleich etwa 2 cm vor dem hinteren Knochenrande. Die Drähte wurden nach Durchführung durch die Bohrlöcher fest zusammengeknotet, um Ringe aus ihnen zu bilden. Nach der Knotung lag der hintere Ring vollkommen unverrückbar in seinem Bohrloch; dagegen war der vordere in dem seinigen ein wenig nach vorn und hinten zu beweglich. — Nach 86 Tagen wurde das Thier getötet. — Die vorgenommenen Messungen ergaben Folgendes:

	Bei der Operation.	Am Präparat.	Distanz-zunahme.
Knochenlänge (hier, wie bei allen folgenden Experimenten, vom Proc. pterygoideus bis zur Spitze des der Medianlinie zunächst gelegenen Schneidezahns gemessen)	—	116	—
Entfernung der an der Aussenfläche des Knochens gelegenen Bohrlöcher von einander	58	ca. 68	ca. 10
Entfernung der Knoten der Ringe von einander	60	69	9
Entfernung der einander nächsten Punkte der Ringe von einander bei möglichst weit nach hinten gestelltem vorderem Ring	58,7	63,8	5,1
Entfernung der von einander entlegenen Punkte der Ringe von einander bei möglichst weit nach vorn gestelltem vorderem Ring	61,8	71,4	9,6

¹⁾ Vgl. dieses Archiv Bd. 101. S. 584.

Das vordere Bohrloch erscheint am Präparat etwas vergrössert; sein ursprünglicher Durchmesser von circa 1 mm beträgt jetzt nahezu 3 mm; der vordere Ring ist demgemäß am Präparat in seinem Bohrloch noch beweglicher, als er es ursprünglich war. Daraus erklärt sich die aus der Tabelle hervorgehende Unmöglichkeit einer vollkommen genauen Messung der Entfernung der Bohrlöcher von einander am Präparat, so wie auch die Möglichkeit, die Ringe am Präparat bis auf die in der Tabelle angegebene auffällig geringe gegenseitige Entfernung ihrer nächsten Punkte von 63,8 mm einander zu nähern.

2) Bei einer 6 Tage alten Ziege wurden zwei starke Silberdrahtringe mittelst Bohrlöchern an der linken Unterkieferhälfte befestigt, der erste am unteren Knochenrande in gerader Linie unter dem zweiten Backzahn, der zweite ebenfalls am unteren Knochenrande, in der Gegend des Angulus, etwa 1 cm vor dem Proc. pterygoideus. Nach 65 Tagen wurde das Thier getötet. Die vorgenommenen Messungen ergaben Folgendes:

	Bei der Operation.	Am Präparat.	Distanz-zunahme.
Knochenlänge	—	94	—
Entfernung der beiden Bohrlöcher	39,0	43,8	4,8
Entfernung der Knoten der Drahtinge bei möglichst starker Annäherung der beiden ein klein wenig beweglichen Ringe an einander	41	46	5
Entfernung der Knoten bei möglichst stark von einander abgewandten Ringen	45	49,6	4,6

3) Ein ganz analoger Versuch wurde bei einem ebenfalls 6 Tage alten Thiere linkerseits ausgeführt. Nach 75 Tagen wurde das Thier getötet. Die Knochenlänge betrug 101 mm. Der erste, unterhalb des 2. Backzahns gelegene Drahtring war von allen Seiten von neugebildeter Knochenmasse überwachsen und kam erst zu Gesichte, nachdem der Knochen in der Gegend des 2. Backzahns in zwei Fragmente zerbrochen war. Die Entfernung der Bohrlöcher hatte von 45,5 auf 49,1, also um 3,6 mm zugenommen.

4) Bei einer 5 Tage alten Ziege wurden linkerseits drei feine Silberringe durch die Pars buccalis, der erste unter dem 2., der zweite unter dem 4., der dritte unter dem 5. Backzahn befestigt. Das zweite Bohrloch war vom ersten 21,1, vom dritten 12,4 mm entfernt, das erste vom dritten 33,5. Weitere Messungen waren nicht vorgenommen worden. Als das Thier nach 95 Tagen getötet wurde, betrug die Länge des Knochens 116 mm. Alle drei Ringe waren von Knochenmasse überwachsen; die Bohrlöcher waren nicht mehr aufzufinden, und es war daher eine genaue vergleichende Messung unmöglich. Misst man von den Mittelpunkten der Ringe, also von denjenigen Punkten, die wenigstens ungefähr den Bohrlöchern entsprechen, so ergiebt es sich, dass die Entfernung der ersten Marke von der dritten unverändert 33,5 geblieben ist. Die zweite Marke scheint sich von der ersten um einige Millimeter entfernt, dafür aber um ebensoviel der dritten ge-

nähert zu haben. Alle drei Marken sind nahe dem unteren Knochenrand geblieben.

b) An 3—4 Wochen alten Ziegen.

5) (s. Fig. 2.) Bei einer drei Wochen alten Ziege wurde die rechtsseitige Pars incisiva des Unterkiefers nahe ihrem unteren Rande und etwa in der Mitte zwischen For. mentale und erstem Backzahn mittelst einer starken Präparirnadel durchbohrt. Ein Stück Golddraht wurde durch das Bohrloch geführt, und die Enden dieses Drahts wurden unterhalb des Knochenrandes zu einem Ringe zusammengeknotet. Darauf wurde ein zweites Bohrloch an der Grenze des unteren und hinteren Randes nahe dem Proc. pterygoideus durch den Knochen geführt. Da indess hier der Rand des Knochens beim Bohren abbrach, so wurde unmittelbar darauf ein anderes Loch etwa 1 cm weiter nach vorn dicht oberhalb des unteren Knochenrandes eingebohrt. Durch dies letztere Loch wurde nun ein zweiter Golddraht hindurchgeführt. Hier wurden die Drahtenden aber nicht zusammengeknotet; vielmehr wurde durch blosses dichtes Aneinanderpressen der beiden Enden des starken Drahtes ein Ring gebildet. Da der Draht zu stark war, um ein vollkommen enges Zusammenschnüren der Ringe zu ermöglichen, so behielten beide Ringe in ihren Bohrlöchern eine geringe Beweglichkeit nach vorn und hinten (wie bei Exp. 2). — Nach einer Versuchsdauer von 63 Tagen wurde das Thier getötet. Der vordere Ring wurde in ziemlich unveränderten Verhältnissen vorgefunden. Er überragte nach wie vor den Knochen nach unten, und war im Bohrloch ein wenig nach vorn und hinten beweglich. Der hintere Ring haftete ebenfalls fest an seiner Stelle, lag aber, da hier am unteren Rande des Knochens eine beinahe bis an das Bohrloch reichende Resorption stattgefunden hatte, freier da, als er bei der Operation gelegen hatte. Hinter dem zweiten Ring befand sich an der Stelle der bei der Operation geschehenen Randfractur eine unebene rauhe Knochenstelle. — Die vorgenommenen Messungen ergaben Folgendes:

	Bei der Operation.	Am Präparat.	Distanz-zunahme.
Knochenlänge	—	108	—
Entfernung der Bohrlöcher von einander . .	51,9	60,3	8,4
Entfernung der einander allernächsten beiden Punkte der Drähte bei möglichst stark einander zugewandten Ringen	48,3	57,2	8,9
Entfernung der von einander allerentlegensten beiden Punkte der Drähte bei möglichst stark von einander abgewandten Ringen .	58	66	8

Beim Vergleich der rechten operirten Kieferhälfte mit der nicht operirten linken ergab es sich, dass die erstere etwas kürzer war, als die nicht operirte Hälfte. Die Entfernung der Spitze des am meisten medial gelegenen Schneidezahns bis zum Proc. pterygoideus am hinteren Knochenrande betrug an der operirten Seite 108, an der nicht operirten 112,2, die Entfernung von derselben Zahnspitze zum hintersten Punkt der Gelenkfläche des Proc. con-

dyloideus an der operirten Seite 114,6, an der nicht operirten 116,8, endlich die Entfernung von jener Zahnspitze zur Spitze des Proc. coronoid. an der operirten Seite 124,8, an der nicht operirten 128.

6) (s. Fig. 3.) Bei einer 4 Wochen alten Ziege wurden dicht oberhalb des unteren Randes der rechten Unterkieferhälfte mittelst einer feinen Nadel zwei Löcher eingebohrt. Durch jedes derselben wurde ein Stück sehr feinen Silberdraths geführt, dessen Enden dicht unterhalb des Knochenrandes möglichst fest zu einem unverrückbar am Knochen liegenden Ringe zusammengeknotet wurden. Der erste Ring lag in der Pars incisiva, gerade unter dem Foramen mentale, der zweite am Angulus, etwas vor dem Proc. pterygoideus. — Das Thier wurde nach 98tägiger Versuchsdauer getötet. Beide Ringe fanden sich dadurch, dass am unteren Kieferrand neue Knochensubstanz apponirt worden war, ein wenig (um 2 bzw. 3 mm) in die Höhe gerückt; der hintere war zugleich durch eine geringe Apposition an der Außenfläche des Knochens stellenweise von aussen her überdeckt; indess lag doch der Knoten noch frei zu Tage, wie bei Ausführung des Experiments. Die vorgenommenen Messungen ergaben Folgendes:

	Bei der Operation.	Am Präparat.	Distanz-zunahme.
Knochenlänge	—	126	—
Entfernung der Bohrlöcher	69,9	81,0	11,1
Entfernung der Knoten der Ringe	68,4	78,3	9,9
Geringste Entfernung zwischen den einander nächsten Punkten der Ringe	66,3	76,2	9,9
Weiteste Entfernung zwischen den beiden von einander entlegensten Punkten der Ringe	71,1	82,5	11,4

Beim Vergleich der rechten operirten Kieferhälfte mit der nicht operirten linken ergab es sich, dass die Entfernung der Spitze des am meisten medial gelegenen Schneidezahns bis zum Proc. pterygoideus beiderseits gleich gross war (125,5); desgleichen die Entfernung von der betreffenden Zahnspitze zum Proc. condyloideus (beiderseits 130). Dagegen war die Entfernung von jener Zahnspitze bis zur Spur des Proc. coronoideus auch hier wieder, wie beim Experiment 5 an der operirten Seite etwas kleiner (139), als an der nicht operirten linken Seite (141,5).

II. Experimente an Kaninchen.

a) An 3—6 Tage alten Kaninchen. (1. Woche.)

7) 5 Tage altes Thier. Eine hufeisenförmige Silberdrahtmarke wurde in der Pars incisiva¹⁾ und zwar nahe der hinteren Grenze derselben gegen die Pars buccalis, derart befestigt, dass der hintere Arm der Marke mit sei-

¹⁾ Sämtliche anatomischen Bezeichnungen am Unterkiefer des Kaninchens in der vorliegenden Arbeit entsprechen den Bezeichnungen von W. Krause in seiner „Anatomic des Kaninchens“ (Leipzig 1868).

nem freien Ende in ein am unteren Knochenrande applicirtes und gerade nach oben gerichtetes Bohrloch gesteckt wurde, während der vordere Arm, ebenfalls nach oben gerichtet, frei auf der Aussenfläche des Knochens und die Umbiegungsstelle des Hufeisens dicht am Bohrloch lag. — In der Mitte des unteren Randes des Ramus wurde ferner ein feiner fest geknoteter Drahtring befestigt. — Nach 18 Tagen Knochenlänge vom Proc. pterygoideus bis zur Spitze des Schneidezahns 34. Die Entfernung der Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke bis zum Bohrloch des Ringes betrug unverändert 15 mm; dagegen hatte die Entfernung vom demselben Punkte der Hufeisenmarke bis zum Knoten des Ringes um 1 mm (von 15 auf 16 mm) zugenommen.

8) 3 Tage altes Thier. Ein feines, circa 1 mm langes Silberstiftchen wurde mittelst eines horizontal gerichteten kleinen Bohrlochs in der Mitte der Pars incisiva, ein zweites in der Pars buccalis nahe der hinteren Grenze derselben gegen den Ramus befestigt. Nach 20 Tagen hatte der Knochen eine Länge von 29 mm. Die Stiftchen hatten sich von 8,3 auf 9,3 mm, also um 1 mm von einander entfernt.

9) 3 Tage altes Thier. Drei feine Stiftchen wurden linkerseits in den Unterkiefer gesteckt, das erste an der Grenze der Pars incisiva und buccalis, das zweite an der hinteren Grenze der Pars buccalis, das dritte am Angulus nahe dem hinteren Knochenrande. Versuchsdauer 21 Tage. — Der Knochen ist 32 mm lang. Die Entfernung des ersten Stiftes vom zweiten ist unverändert 8 mm geblieben; die des ersten vom dritten hat von 13,9 auf 15,5, also um 1,6 mm zugenommen. Der Versuch ist aber nicht einwandsfrei, da der dritte Stift nicht ganz fest sass.

10) 5 Tage altes Thier. Versuch ebenso, wie 7. Nach 21 Tagen Knochenlänge 34. Zunahme der Entfernung von der Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke zum Knoten des Ringes 1 mm (15 auf 16).

11) 6 Tage altes Thier. Klammer wie bei 7 und 10. Ausserdem zwei feine geknotete Drahtringe am unteren Rande des Ramus, der eine nahe der Pars buccalis, der andere nahe dem Proc. pterygoideus. — Starke Eiterung. — Tod des Thieres nach 22 Tagen. Knochenlänge 30. Die Klammer umfasste die Wurzel des Nagezahns und hat das Vorrücken desselben verhindert. Die Entfernung der ersten Marke von der zweiten ist unverändert 12,4 geblieben, die der zweiten zur dritten hat von 3,4 auf 4,4, die der ersten zur dritten von 16 auf 17 mm zugenommen.

12) 3 Tage altes Thier. 3 feine Stiftchen rechterseits in die äussere Knochenwand eingefügt, das erste in Pars incisiva, nahe der hinteren Grenze derselben, das zweite unterhalb des ersten, das dritte unterhalb des zweiten Backzahns. Versuchsdauer 30 Tage. — Stift 3 fand sich von aussen her überdeckt, kam erst bei Abmeisselung der äusseren Knochenwand zum Vorschein und steckte in der Wurzel des 3. Backzahns. Knochenlänge 35. Die Entfernung von Stift 1 zu 2 (4,2 mm) und von Stift 2 zu 3 (3,8 mm) waren unverändert geblieben. Die Entfernung von Stift 1 zu 3 hatte von 5,9 auf 6,9 mm zugenommen; indess ist hierauf kein Werth zu legen, da Stift 3 mit dem Zahn etwas in die Höhe gewandert zu sein scheint.

13) 5 Tage altes Thier. 3 hufeisenförmige Golddrahtmarken; die erste in der Pars incisiva nahe der hinteren Grenze derselben, die zweite am unteren Rande des Ramus nahe der Pars buccalis, die dritte ebenfalls am unteren Rande des Ramus, aber nahe dem Proc. pterygoideus. Die erste Marke wurde mit ibrem einen Arm von unten nach oben in ein am unteren Knochenrande befindliches Bohrloch gesteckt, während der andere Arm frei auf der Aussenfläche des Knochens lag; die zweite wurde mit den etwas zugeschärften Spitzen ihrer beiden Arme dicht oberhalb des unteren Knochenrandes von der medialen Knochenfläche her gegen die Aussenfläche zu durch den Knochen hindurchgedrückt; die dritte endlich wurde von unten und hinten her so über den hinteren Knochenrand schräg nach vorn und oben geschoben, dass sie den hier sehr dünnen und platten Knochen zwischen ihren beiden Armen fasste. Die beiden ersten Hufeisenmarken lagen absolut unverrückbar, die dritte ziemlich unverrückbar. — Versuchsdauer 36 Tage. Messungsergebnisse:

	Bei der Operation.	Am Präparat.	Distanzzunahme.
Knochenlänge	—	38	—
Umbiegungsstelle der hufeisenförmigen Marke 1 zu der der Marke 2 . . .	13,1	15,2	2,1
Desgl. der Marke 1 zu Marke 3 . . .	16	20,3	4,3
Desgl. der Marke 2 zu Marke 3 . . .	4	5,5	1,5

Die erste Messungsrubrik, die Distanzzunahme von 2,1 mm zwischen den völlig unverrückbaren beiden ersten Hufeisenmarken betreffend, ist vollkommen einwandslos. Die beiden letzten Messungsrubriken unterliegen vielleicht einem Einwande, welcher aus der — freilich nur bei einer gewissen Kraftanwendung vorhandenen — Verschiebbarkeit der dritten Klammer hergeleitet werden könnte.

14) 3 Tage altes Thier. Ein kleiner Silberstift an der hinteren Grenze der Pars incisiva, ein zweiter am Ramus, dicht an der Grenze der Pars buccalis, circa 1 mm oberhalb des unteren Knochenrandes und circa 2 mm vom hinteren Knochenrand entfernt. — Versuchsdauer 40 Tage. Der erste Stift, von aussen überdeckt, kam erst nach Aufmeisselung der äusseren Knochenwand zum Vorschein. Stift 2 steckte fest, aber etwas schräg gerichtet, im Knochen. Er lag circa 3 mm oberhalb des unteren Randes, und war, an der Aussenfläche gemessen 10, an der Innenfläche gemessen 8 mm vom hinteren Knochenrande entfernt. Die Entfernung der Stifte von einander hatte bei der Operation 13,5 mm betragen. Am Präparat beträgt sie, an der Aussenfläche gemessen 14,8, an der Innenfläche des Knochens gemessen 16,5 mm.

15) (s. Fig. 4.) 5 Tage altes Thier. Linke Unterkieferhälfte. Erste Hufeisenmarke mit ihrem hinteren Arm in ein an der Grenzlinie zwischen Pars incisiva und buccalis gelegenes von unten nach oben gerichtetes Bohrloch gesteckt; zweite Hufeisenmarke am Proc. pterygoid. mit ihrer offenen

Seite über den Knochenrand von hinten nach vorn geschoben, so dass die Marke den platten Knochen fest zwischen ihren Armen fasste. — Versuchsdauer 42 Tage. Knochenlänge 43. Die Entfernung der Umbiegungsstelle der vorderen von der hinteren Marke hat um 9 mm (von 16,2 auf 25,2), die Entfernung der Spitzen der an der Aussenfläche des Knochens gelegenen Arme der beiden Marken um 9,4 mm (von 14 auf 23,4) zugenommen. Doch ist das Resultat auch hier wieder vielleicht nicht ganz einwandfrei, weil die zweite, den hinteren Knochenrand umfassende Marke sich — bei einiger Kraftanwendung — in der Richtung von vorn nach hinten ein wenig verschieben lässt. Will man im Sinne der Appositionstheorie diesen Einwand erheben, so bleibt es freilich schwer erklärlich, wie es möglich war, dass die hintere Marke, wenn sie sich etwa *intra vitam* rein mechanisch allmählich immer weiter nach hinten verschoben hat, den hinteren Knochenrand bei der Tödtung des Thieres gerade ebenso zwischen der ganzen Länge ihrer Arme fasste, wie bei Ausführung des Experiments. Das ganze Verhalten dieser hinteren Marke war überhaupt hier, wie in den analogen Versuchen No. 20, 30, 32, 41, ein vollkommen unverändertes geblieben; weder an der Aussen- noch an der Innenfläche des Knochens war die Marke von Knochenmasse überdeckt.

16) 5 Tage altes Thier. Linke Unterkieferhälfte. Erste Hufeisenmarke mit dem einen Arm in ein nach aufwärts gerichtetes Bohrloch der Pars incisiva (etwa 4 mm vor der hinteren Grenze derselben) gesteckt; zweite in ein ebenso gerichtetes Bohrloch der Pars buccalis nahe der hinteren Grenze derselben; beide Marken vollkommen unverrückbar. — Versuchsdauer 43 Tage. Knochenlänge 39. — Die freien Arme beider Marken finden sich grösstentheils von Knochen überdeckt; die Bohrlochsstellen aber waren frei und zur Messung ziemlich gut geeignet. Die Entfernung der Bohrlöcher hat um 1,2 mm (von 12 auf 13,2) zugenommen; die Entfernung der Spitzen der beiden ursprünglich freien und nachträglich theilweise wieder ausgegrabenen Arme der Marke von 16,1 auf circa 18 mm. (Die letztere Grösse kann wegen der Schwierigkeit der Messung, die dadurch bedingt ist, dass die Spitze der ersten Marke an der Innenfläche, die der zweiten an der Aussenfläche des Knochens freigelegt ist, nicht ganz genau angegeben werden.)

17) 6 Tage altes Thier. Linke Unterkieferhälfte. Es wurde eine Hufeisenmarke mit ihrem hinteren Arm in ein nach oben gerichtetes, in der hintersten Partie der Pars incisiva befindliches Bohrloch gesteckt und ein Stück sehr feinen Silberdrahts durch den unteren Rand des Rami, circa 3 mm hinter der Grenze der Pars buccalis gezogen und fest zu einem Ringe geknotet. Versuchsdauer 15 Tage. — Der frei gewesene, an der Aussenfläche des Knochens gelegene Arm der Marke fand sich mit Ausnahme seiner äussersten Spitze überall von Knochenmasse überlagert, und kam erst nach Abmeisselung der letzteren wieder frei zu Tage. Der Ring umfasste nach wie vor den Knochen vollkommen unverrückbar, und war an der Aussen- und Innenfläche in gleicher Weise unbedeckt und frei sichtbar. Vom

unteren Rande her war er um etwa 4 mm in die Höhe gerückt. Messungsresultate:

	Bei der Operation.	Am Präparat.	Distanz-zunahme.
Knochenlänge	—	49	—
Von der Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke bis zum Knoten des Ringes	12,2	15,8	3,6
Von der Spitze des freien Hufeisenarmes bis zum Knoten des Ringes	12,5	16,2	3,7
Von der Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke zu dem am weitesten nach vorn gelegenen Punkte des Ringes, an der Aussenfläche gemessen	—	14	
Dieselbe Entfernung, an der Innenfläche des Knochens gemessen	—	13,8	

b) An 8—15 Tage alten Kaninchen. (2. Woche.)

18) 8 Tage altes Thier. Rechte Unterkieferhälfte. 3 feine Stiftchen, das mittlere in der Grenzlinie der Pars incisiva und buccalis, das vordere 4,1 mm weiter nach vorn, das hintere 4 mm weiter nach hinten, unterhalb des zweiten Backzahns. — Das etwas verkümmerte Thier crepирte nach 26 Tagen. — Die Entfernung der Stifte von einander war genau dieselbe geblieben. Die Entfernung des ersten Stifts von der Spitze des Schneidezahns hatte von 6 auf 10 mm zugenommen; die Entfernung des hintersten Stifts vom unteren Knochenrand von 1,3 auf 2,0, vom Alveolarrand von 2,8 auf 4,5.

19) 13 Tage altes Thier. Rechte Unterkieferhälfte. 2 rechtwinklig umgebogene Häckchen in Pars incisiva, nahe dem unteren Rand; 2 gerade Stiftchen in Pars buccalis etwa 2 mm oberhalb des unteren Randes. — Versuchsdauer 28 Tage. Knochenlänge 46. — Entfernung des 1. Stifts von der Spitze des Schneidezahns von 4,8 auf 12 gewachsen; Entfernung des 1. Stifts vom 2. unverändert geblieben (4,2); Entfernung des 2. zum 3. hat von 8,1 auf 8,6 zugenommen. Stift 4 ist gänzlich verschoben, in die Zahnröhre hinaufgerückt, und sitzt fest zwischen dem 3. und 4. Backzahn.

20) 11 Tage altes Thier. Rechte Unterkieferhälfte. Hufeisenförmige Goldmarke mit dem hinteren Arm in ein Bohrloch der Pars incisiva gesteckt. Eine zweite Hufeisenmarke mit ihrer offenen Seite den Knochen nahe dem Proc. pterygoideus eng zwischen sich fassend, von hinten so weit als möglich nach vorn über den Knochen geschoben. — Versuchsdauer 29 Tage. Die vordere Marke fand sich grossenteils von neugebildeter Knochenmasse überdeckt; die hintere war weder an der Aussen-, noch an der Innenfläche des Knochens überdeckt, umfasste den Knochen noch gerade so, wie zur Zeit des Experiments und lag aussen und innen in einer flach rinnenförmigen Vertiefung, in der man sie bei einiger Kraftanwendung nach vorn und hinten ein wenig verschieben konnte, weshalb auch dieser Versuch (wie Vers. 15) bezüglich der Distanzunahme als nicht ganz einwandsfrei anzu-

sehen ist. Die Knochenlänge betrug 41. Die Entfernung der Umbiegungsstellen der Marken von einander hatte um 5,2 mm, von 20,4 auf 25,6 zugenommen, die der Spitze der ersten Marke bis zur Umbiegungsstelle der zweiten um 6 (von 20 auf 26).

21) (s. Fig. 5.) 12 Tage altes Thier. Linke Unterkieferhälfte. 3 hufisenförmige Marken am unteren Knochenrande; die erste in der Grenzlinie zwischen Pars incisiva und buccalis, die zweite in der Mitte der Pars buccalis, die 3. am Angulus, in der Mitte des unteren Randes des Rami. — Versuchsdauer 30 Tage. Knochenlänge 40. — Die Umbiegungsstelle der ersten und die der zweiten Marke erscheinen um 0,8 mm (von 6 auf 5,2) näher an einander gerückt; Umbiegungsstelle 2 ist von Umbiegungsstelle 3 um 1,2 mm (10,8 auf 12) weiter abgerückt. Die Entfernung der ersten von der dritten Umbiegungsstelle hat von 16 auf höchstens 16,6 mm zugenommen. Die dritte Marke ist vom unteren Knochenrand um 6 mm in die Höhe gerückt, und reicht mit ihrer nach vorn gerichteten Spitze bis nahe an die Pars buccalis heran.

22) 8 Tage altes Thier. Drei Stiftchen in Pars bucc. und incisiva, in Entfernungen von 4—5 mm von einander. Das sehr verkümmerte Thier creperte nach 31 Tagen. Die Länge des Unterkiefers betrug 32 mm. Die Stiftchen befanden sich in unveränderter Entfernung von einander.

23) 9 Tage altes Thier. Linke Unterkieferhälfte. Eine hufeisenförmige Drahtmarke in der Mitte der Pars incisiva, die zweite an der Grenzlinie der Pars buccalis und des Rami. Beim Einbohren des Lochs für die zweite Marke geschah eine Infraction des Knochens; doch liess sich trotzdem die Marke in eine ziemlich unverrückbare Lage bringen. — Eiterung. — Tod des Thieres nach 32 Tagen. — Knochenlänge 37. Die erste Hufeisenmarke, überwachsen, umfasst die Wurzel des etwas verkümmerten Schneidezahns. Die Umbiegungsstellen der Marken sind von 12,2 auf 15 mm auseinander gewichen.

24) 14 Tage altes Thier. Rechte Seite. 3 Stiftchen, das erste in ein nach oben gerichtetes Bohrloch der hintersten Partie der Pars incisiva, das zweite in ein ebenso gerichtetes Bohrloch der Pars buccalis unterhalb des 2. Backzahns gesteckt; das dritte in horizontaler Richtung durch den Rawus gesteckt, derart, dass das Stiftchen um $\frac{1}{2}$ mm vor der Knochenoberfläche prominent blieb. — Versuchsdauer 35 Tage. Knochenlänge 43. Das erste Stiftchen fand sich in unveränderter Lage; das zweite war gelockert und zur Messung ungeeignet; das dritte hatte eine senkrecht aufwärts gerichtete Lage angenommen und lag fest im Knochen eingebettet. Die Entfernung des ersten Stiftchens vom dritten hat um 1,5 (von 16,3 auf 17,8 mm) zugenommen.

25) 12 Tage altes Thier. Rechte Seite. 3 hufeisenförmige Silberdrahtmarken am unteren Rande, die erste an der hinteren Grenze der Pars incisiva, die zweite unterhalb des 2. Backzahns, die dritte in der hinteren Partie des Rami. — Eiterung. — Versuchsdauer 38 Tage. Messungsresultate:

	Bei der Operation.	Am Präparat.	Distanz- zunahme.
Knochenlänge	—	37	—
Umbiegungsstelle der 1. zu der der 2. Marke	4,7	4,7	0
— - 2. - - - 3. -	12,6	14,6	1,8
— - 1. - - - 3. -	16,0	18,5	2,5
Spitze des freien Arms der 1. zu der der 3. Marke	13,4	15,6	2,2

26) 10 Tage altes Thier. Rechte Seite. Hufeisenförmige Silberdrahtmarke an der Grenze der Pars incisiva und buccalis; feiner, festgeknoteter, unverrückbarer Drahtring am unteren Ende des Ramus. — Versuchsdauer 40 Tage. Knochenlänge 40. Die Entfernung der Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke zum Knoten des Ringes hat von 15 auf 16,8 mm zugenommen; von der Spitze des freien Armes der Hufeisenmarke zum Bohrloch des Ringes von 14,2 auf 16,5.

27) (s. Fig. 6.) 11 Tage altes Thier. Rechte Seite. Eine Hufeisenmarke am unteren Rande der Pars buccalis unterhalb des 2. Backzahns; eine zweite im Ramus derart befestigt, dass beide zugespitzte Enden der Marke von der äusseren Fläche gegen die innere hin und zugleich in der Richtung gegen die Incisura semilunaris post. durch die dünne Knochenwand (ohne vorher eingefügtes Bohrloch) hindurchgesteckt wurden. — Versuchsdauer 60 Tage. Knochenlänge 43. — Die Entfernung der beiden Marken von einander (14 zwischen den Umbiegungsstellen der Marken, 13 von der Spitze des freien Armes der vorderen zur Umbiegungsstelle der hinteren Hufeisenmarke) ist unverändert geblieben. Dies auffällige Resultat findet vielleicht seine Erklärung in dem Umstände, dass das Wachsthum des Knochens in der Gegend der Incisura zurückgeblieben ist, vielleicht in Folge des Reizes, den die scharf zugespitzten Enden der 2. Klammer auf die Musculatur an der Innenfläche des Knochens ausgeübt haben. Die Tiefe der Incisur beträgt an dem Präparat etwa 8 mm, während sie am normalen Unterkiefer von gleicher Länge circa 5 mm misst (vgl. die Abbildung Fig. 6).

28) 8 Tage altes Thier. Rechte Seite. Ein sehr feines Uhrmacherschraubennägelchen in die Mitte der Pars incis., ein zweites in die Mitte der Pars bucc. — Versuchsdauer 70 Tage. Die erste Marke findet sich an der Innenfläche der Pars incis., die zweite steckt mitten im 3., kümmerlich entwickelten und schiefstehenden Backzahn. Bei der Operation waren die beiden Nägelchen 10,5 mm von einander entfernt; nach ihrer Wanderung beträgt ihre Distanz 12,3 mm.

29) 10 Tage altes Thier. Linke Seite. Hufeisenmarke an der hinteren Grenze der Pars incisiva, schräg nach vorn und aufwärts gerichtet; feiner geknoteter Ring etwa in der Mitte des unteren Randes des Ramus. Versuchsdauer 145 Tage. Knochenlänge 55. Die vordere Hufeisenmarke steckt mit ihrem unteren Arm fest im Nagezahn und hat das Vorrücken des gänzlich verkümmert gebliebenen Zahns gehindert. Die hintere Marke ist vom

unteren Rande um 5 cm nach aufwärts gerückt. Die Entfernung von der Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke zum Bohrloch des Ringes hat um 2,2 (von 16,8 auf 19), die der Spitze des freien Hufeisenarms zum Bohrloch des Ringes um 3,3 (von 20,5 auf 23,8) zugenommen.

c) An 15—21 Tage alten Kaninchen. (3. Woche.)

30) 18 Tage altes Thier. Linke Seite. Erste Hufeisenmarke an der hinteren Grenze der Pars incisiva, zweite in Pars buccalis, dritte über den hinteren Knochenrand dicht unter Proc. pterygoideus von hinten nach vorn geschoben, letztere fast ganz unbeweglich. — Versuchsdauer 40 Tage. Knochenlänge 43. Die beiden ersten Marken sind in unveränderter Entfernung von 7 mm geblieben; die dritte Hufeisenmarke hat sich von der ersten um 5,5 mm (19,5—25) weiter entfernt. (Bezüglich der dritten, über den Knochenrand geschobenen Hufeisenmarke vgl. die Bemerkungen bei Exper. 13 und 15.)

31) 16 Tage altes Thier. Linke Seite. Hufeisenmarke in der Mitte der Pars incisiva; feiner festgeknoteter Silberring am Proc. pteryg. — Das verhältnismässig wenig gewachsene Thier wurde nach 85 Tagen getötet. Die Hufeisenmarke umfasste mit ihren beiden Armen die Wurzel des Schneidezahns; in Folge davon ist der Schneidezahn gegen den rechten um 2 mm weniger nach vorn gerückt, während andererseits die nach oben gerichtet gewesenen Enden der Hufeisenmarke durch den Zug des vorrückenden Zahnes zugleich etwas nach vorn gerichtet sind. Die Entfernung des Ringes von der Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke hat in gänzlich unzweideutiger Weise um fast 5 mm (26—30,8) zugenommen. Der Ring ist vom Proc. pterygoideus nicht nach vorn gerückt. Beim Vergleich der linken operirten mit der rechten nicht operirten Unterkieferhälfte ergab es sich, dass beide Hälften genau gleich lang waren (41 mm).

32) (s. Fig. 7.) 18 Tage altes Thier. Rechte Seite. Erste Hufeisenmarke an der hinteren Grenze der Pars incisiva, zweite am Proc. pteryg. von hinten her über den Knochen nach vorn geschoben und fast vollkommen festsitzend. — Versuchsdauer 96 Tage. Knochenlänge 51. Der ursprünglich freie Arm der ersten Klammer fand sich vollkommen von neugebildeter Knochenmasse überdeckt. Die zweite Hufeisenmarke umfasste den Knochen genau so, wie bei Anstellung des Experiments; sie war weder von hinten, noch von aussen oder innen her durch Knochenmasse bedeckt. Die Umbiegungsstellen der Hufeisenmarken hatten eine Distanzzunahme von 7,8 (20,6—28,4), die Enden derselben um 8,6 (17—25,6) erfahren. (Bezüglich der Verschiebbarkeit der hinteren Hufeisenmarke vgl. wieder die Bemerkungen bei Experiment 13 und 15.)

d) An 22—29 Tage alten Thieren. (4. Woche.)

33) 22 Tage altes Thier. Linke Seite. Hufeisenmarke an der hinteren Grenze der Pars incisiva; feiner fest geknoteter Ring am Proc. pterygoideus. — Versuchsdauer 28 Tage. Knochenlänge 40. Die Entfernung des Bohrlochs der Hufeisenmarke von dem des Ringes hat um 1,1 (19,1—20,2)

zugenommen; die der Spitze des freien Armes der Hufeisenmarke zum Knoten des Rings um 1,5 (22,8 - 24,3).

34) 24 Tage altes Thier. Linke Seite. 4 feine Stiftchen, nahe dem unteren Knochenrande, der 1. an der hinteren Grenze der Pars incisiva; der 2. in der Mitte der Pars buccalis, der 3. am Anfangsteil des Rami, der 4. nahe dem Proc. pterygoideus. — Versuchsdauer 32 Tage. Messungsresultate:

	bei der Operation.	am Präparat.	Distanzzunahme.
Knochenlänge	—	42	—
Stift 1 bis 2	7	7,9	0,9
- 2 - 3	8,9	10,0	1,1
- 1 - 3	15,5	17,3	1,8
- 3 - 4	9	8	—1
- 1 - zur Schneidezahnspitze . .	12	15	
- 4 - zum unteren Knochenrand	3	5,8	
- 4 - - hinteren Knochenrand	2	5	

Es hat also in diesem Falle auffälliger Weise eine Annäherung der Stifte 3 und 4 an einander stattgefunden. Sollte der Grund dieser Annäherung in einer nachträglich zufällig geschehenen Verschiebung des nicht ganz fest am Knochen haftenden Stifts 3 gelegen haben, so würde dadurch die anscheinend geschehene Distanzzunahme zwischen Stift 3 und 2 sich ziemlich auf 0 reduciren.

35) 29 Tage altes Thier. Rechte Seite. Erste hufeisenförmige Silberdrahtmarke an der hinteren Grenze der Pars incisiva; zweite an Angulus, nahe dem Proc. pterygoideus; letztere so befestigt, dass die Spitze des hinteren Armes von der Innenfläche des Knochens her gegen die Außenfläche hin durch den Knochen hindurchgesteckt wurde, so dass also beide Spitzen der zweiten Hufeisenmarke auf der Außenfläche des Knochens lagen. Beide Marken vollkommen fest. — Versuchsdauer 44 Tage. Knochenlänge 43. Die Umbiegsstellen der Hufeisenmarke sind von 22 auf 24, also um 2 mm auseinandergewichen.

36) 29 Tage altes Thier. Rechte Seite. Eine hufeisenförmige Silberdrahtmarke vorn und eine eben solche Goldmarke hinten genau an denselben Stellen und in derselben Weise wie bei Experiment 35 befestigt. — Versuchsdauer 36 Tage. Knochenlänge 45. Die Umbiegsstellen der Marken sind um 1,6 mm (20,3 auf 21,9) auseinandergewichen.

37) (s. Fig. 8.) 29 Tage altes Thier. Rechte Seite. Zwei hufeisenförmige Marken, ebenso wie bei Experiment 35 und 36 gelagert und befestigt; beide vollkommen fest. — Versuchsdauer 47 Tage. Knochenlänge 45. Die Entfernung der Umbiegsstellen der Hufeisenmarken von einander hat von 22,1 auf 24,8, also um 2,7 mm zugenommen.

(Ein vierter, den drei letzterwähnten analoger Versuch bei einem 22 Tage alten Thiere, mit 49tägiger Versuchsdauer, ergab, dass in diesem Falle die Hufeisenmarken nicht auseinandergewichen waren. Es war in diesem Falle

beim Hindurchstecken der zweiten Marke durch die Wand des Ramus eine Infraction des Knochens geschehen.

38) (s. Fig. 9.) 22 Tage altes Thier. Rechte Seite. Hufeisenmarke an der hinteren Grenze der Pars incisiva, mit dem hinteren Arm im Bohrloch, mit dem vorderen der äusseren Knochenfläche anliegend, gerade nach oben gerichtet. Feiner Silberring, fest geknotet, innerhalb des Bohrlochs ein wenig beweglich, aber in seinen sonstigen Verhältnissen zum Knochen vollkommen unverschiebbar am hinteren Rande des Ramus, dicht unterhalb des Proc. pterygoideus.

Versuchsdauer 134 Tage. Der vordere Arm der Hufeisenmarke ist von Knochensubstanz überdeckt und muss durch Abmeisselung der überdeckenden Massen ausgegraben werden. Der Ring befindet sich in unveränderter Lage in seinem Bohrloch am hinteren Knochenrande, weder von hinten, noch von aussen oder innen von Knochenmasse überdeckt. Messungsresultate:

	Bei der Operation.	Am Präparat.	Distanz-zunahme.
Knochenlänge	—	55	—
Entfernung von der Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke zum hintersten Punkte des Ringes	24,5	32	7,5
Bohrloch der Hufeisenmarke zum hinteren Knochenrand an der Stelle des Ringes	24	30,8	6,8
Entfernung der beiden Bohrlöcher von einander	23,8	30	6,2

39) (s. Fig. 10.) 28 Tage altes Thier. Linke Seite. Hufeisenförmige Silberdrahtmarke an der hinteren Grenze der Pars incisiva, mit beiden Enden in das Bohrloch gesteckt. Ring aus feinem, durch ein $1\frac{1}{2}$ mm vor dem hinteren Knochenrand gelegenes Bohrloch gezogenem Silberdraht am Proc. pterygoideus, fest geknotet, unverrückbar. — Versuchsdauer 192 Tage. Die Hufeisenmarke wurde durch Aufmeisselung zu Gesichte gebracht. Der Ring war vom hinteren Knochenrand um circa 5 mm nach vorn gerückt, umschloss nach wie vor ein Knochenstück von circa $1\frac{1}{2}$ mm Breite, und war weder an der Aussen-, noch an der Innenfläche von Knochensubstanz bedeckt. — Die Knochenlänge betrug 56 mm. Die Entfernung des Bohrlochs des Ringes von der Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke hat um 1,9 (von 24,1 bis 26 mm) zugenommen; die Entfernung von dem am meisten nach hinten gelegenen Punkte des Ringes bis zur Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke um 2,1 (25,9 bis 28). — Das Präparat zeigt unterhalb des Proc. pterygoideus an der Aussen- und Innenfläche eine vom hinteren Knochenrand bis an den Ring verlaufende eigenthümliche Rinne, deren Vorhandensein den Eindruck hervorruft, als sei der Ring auf dem durch die Rinne angedeuteten Wege nach vorn gezerrt worden (vgl. ob. die bezügliche Bemerkung bei Humphry's Experimenten).

40) (s. Fig. 11.) 28 Tage altes Thier. Linke Seite. Hufeisenförmige Silberdrahtmarke mit beiden Armen in ein Bohrloch gesteckt, welches in der hinteren Grenzlinie der Pars incisiva, circa 1 mm oberhalb des unteren

Knochenrandes beginnend, etwas schräg nach oben und hinten verlief. Die Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke ragte um circa $\frac{1}{2}$ mm aus dem Bohrloch hervor und steckte im Uebrigen vollkommen unverrückbar im Bohrloch. Ring von circa 2 mm Durchmesser aus sehr feinem Silberdraht, fest geknotet, am hinteren Knochenrand dicht unterhalb des Proc. pterygoideus. Das feine, mittelst einer englischen Nähnadel erzeugte Bohrloch für den Ring war circa $1\frac{1}{2}$ mm vom hinteren Knochenrand entfernt; die hinterste Partie des Ringes lag also circa $\frac{1}{2}$ mm hinter dem hinteren Knochenrand. — Versuchsdauer 207 Tage. Die Hufeisenmarke wurde durch Aufmeisselung des Knochens zu Gesichte gebracht; sie war durch Auflagerung von Knochensubstanz vom unteren Rande her weiter nach oben gewandert, so dass ihre Umbiegungsstelle jetzt beinahe 4 mm vom unteren Knochenrande entfernt war. Der Ring hatte seine unveränderte Lage am hinteren Knochenrande behalten, übertrug denselben nach wie vor nach hinten und lag hinten, aussen und innen ganz ebenso frei zu Tage, wie bei der Operation. — Messungsresultate:

	Bei der Operation.	Am Präparat.	Distanzzunahme.
Knochenlänge	—	57	—
Bohrloch des Ringes bis zur Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke . .	23,0	31,8	8,8
Hinterer Knochenrand an der Stelle des Ringes bis zur Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke	24,2	34,0	9,8
Hinterster Punkt des Ringes bis zur Umbiegungsstelle der Hufeisenmarke	25,1	34,3	9,2

e) An 37—42 Tage alten Thieren. (6. Woche.)

41) 40 Tage altes Thier. Rechte Seite. 3 Hufeisenmarken, die erste in Pars incisiva, die zweite in Pars buccalis; die dritte über den hinteren Knochenrand nach vorn geschoben. — Nach 31 Tagen fanden sich die beiden ersten Hufeisenmarken in unveränderter Entfernung; die zweite Hufeisenmarke von der dritten aber war, wie sich bei der Messung der Abstände ihrer Umbiegungsstellen von einander ergab, um 1,5 mm (von 19,0 auf 20,5) weiter abgerückt. Bei der Messung der Spitzen der an der Aussenfläche des Knochens gelegenen Arme der zweiten und dritten Hufeisenmarke ergab sich nur eine Distanzzunahme von 0,5 mm.

(Bei zwei anderen 40 Tage alten Thieren liess sich nach Ablauf von weiteren 40 Tagen eine Distanzzunahme der eingefügten Hufeisenmarken nicht constatiren.)

42) 40 Tage altes Thier. Rechte Seite. Hufeisenmarke in Pars buccalis unterhalb des 2. Backzahns. Fest geknoteter Ring am Proc. pterygoideus. — Versuchsdauer 120 Tage. Die in den 2. Backzahn eingedrungen gewesene Hufeisenmarke ist mit diesem bis an den freien Alveolarrand hinaufgerückt, während der Zahn ein wenig unterhalb des Niveaus der übrigen Zähne geblieben ist. Der Ring lag in vollkommen unveränderter Weise, nirgends überdeckt, am Proc. pterygoideus. — Messungsergebnisse: Die Knochenlänge

betrug 59 mm. Die Entfernung der Umbiegsstelle der Hufeisenmarke bis zum Bohrloch des Ringes hatte um 4,4 (25,1—29,5), die der Umbiegsstelle der Hufeisenmarke zum hinteren Knochenrand an der Stelle des Ringes um 4,2 (26,8 bis 31), die des Endes des freien Arms der Hufeisenmarke bis zum Bohrloch des Ringes um 5,5 mm (24,5—30) zugenommen. (Die Distanzzunahmen sind offenbar im Wesentlichen durch die Verschiebung der vorderen Marke bedingt.)

Die Resultate, zu welchen die 42 hier mitgetheilten Experimente hinsichtlich der Frage des appositionellen oder expansiven Unterkieferwachstums geführt haben, sind keineswegs in allen Fällen übereinstimmende gewesen. Die Experimente müssen vielmehr je nach der Verschiedenheit ihrer Resultate in folgende Gruppen geordnet werden.

I. 35 Experimente, bei welchen während des Wachstums des Unterkiefers ein Auseinanderrücken der im Knochen fixirten Marken stattgefunden hat. Unter diesen befinden sich

1) 23 Experimente, bei welchen die Marken vollkommen fest und unverrückbar im Knochen fixirt waren und während der Versuchsdauer fixirt geblieben sind, bei welchen demnach das wirklich geschehene Auseinanderrücken der markirten Knochenstellen als ganz unzweideutig erscheinen muss. Unter diesen 23 Experimenten befinden sich zunächst

a) 7 Experimente, deren Werth dadurch als ein relativ geringer erscheinen könnte, dass das Auseinanderrücken nicht mehr als 1—1,5 mm betragen hat.

No. des Experim.	Thier.	Alterstage d. Thieres beim Experim.	Versuchsdauer in Tagen.	Distanzzunahme der Marken in mm.	Art der Markirung.	Bemerkungen.
8.	Kaninchchen	3	20	1,0	2 Stiftchen in Pars inc. und bucc.	
10.	dito	5	21	1,0	Hufeisenmarke in Pars inc.; fest geknoteter Ring im Ramus.	
11.	dito	6	22	1,0	Hufeisenmarke in Pars inc.; zwei fest geknotete Ringe im Ramus.	
14.	dito	3	40	1,3	2 Stiftchen in Pars inc. und nahe dem hinteren Knochenrand.	
16.	dito	5	43	1,2	2 Hufeisenmarken in Pars inc. und bucc.	
17.	dito	6	75	1,3	Hufeisenmarke in Pars inc.; fest geknoteter Ring im Ramus.	Möglicherweise hat eine Distanzzunahme von 3,7 mm stattgefunden; vollkommen sicher ist aber nur die von 1,3 mm.
33.	dito	22	28	1,1 bis 1,5	Hufeisenmarke in Pars inc.; fest geknoteter Ring am Proc. pteryg.	

b) 8 Experimente, bei welchen die markirten Stellen um 1,6 bis 2,7 mm auseinandergerückt sind.

No. des Experiments.	Thier.	Alterstage des Thieres beim Experiment.	Versuchsdauer in Tagen.	Distanzzunahme der Marken in mm.	Art der Markirung.	Bemerkungen.
13.	Kaninchen	5	36	2,1	Eine Hufeisenmarke in Pars inc., zwei im Ramus.	Distanzzunahme zwischen 1. u. 3. Klammer wahrscheinlich 4,3 mm.
25.	dito	12	38	2,5	3 Hufeisenmarken am unteren Knochenrand in Pars inc., bucc. und im Ramus.	
26.	dito	10	40	1,8	Hufeisenmarke in Pars inc.; fest geknoteter Ring im Ramus.	
29.	dito	10	145	2,2	ebenso.	
35.	dito	29	44	2,0	Hufeisenmarken in Pars incis. und am Angulus.	
36.	dito	29	40	1,6	ebenso.	
37.	dito	29	47	2,7	ebenso.	
39.	dito	28	192	2,0	Hufeisenmarke in Pars inc.; fest geknoteter Ring am Proc. pterygoid.	abgebildet in Fig. 8. abgebildet in Fig. 10.

c) 3 Experimente, bei welchen die markirten Stellen um 3,6—5 mm auseinandergerückt sind.

No. des Experiments.	Thier.	Alterstage des Thieres beim Experiment.	Versuchsdauer in Tagen.	Distanzzunahme der Marken in mm.	Art der Markirung.	Bemerkungen.
2.	Ziege	6	65	4,6	Ringe in Pars bucc. und am Angulus.	
3.	dito	6	75	3,6	ebenso.	
31.	Kaninchen	16	85	5,0	Hufeisenmarke, den Nagezahn umfassend, in Pars inc.; fest geknoteter Ring aus feinem Silberdraht am Proc. pterygoid.	

d) 5 Experimente, deren Werth durch die erhebliche Distanzzunahme von 7—10 mm ein ganz besonders grosser ist.

No. des Experim.	Thier.	Alterstage d. Thieres beim Experim.	Versuchsdauer in Tagen.	Distanzzunahme der Marken in mm.	Art der Markirung.	Bemerkungen.
1.	Ziege	5	86	9	Ringe in Pars inc. und am Angulus.	abgebildet in Fig. 1.
5.	dito	21	63	8,4	ebenso.	abgebildet in Fig. 2.
6.	dito	28	98	10	2 fest geknotete Ringe aus feinem Silberdraht in Pars inc. und am Angulus.	abgebildet in Fig. 3.
38.	Kaninchen	22	134	7	Hufeisenmarke in Pars inc.; fest geknoteter Ring aus feinem Silberdraht am Angulus.	abgebildet in Fig. 9.
40.	dito	28	207	9	ebenso.	abgebildet in Fig. 11.

2) 5 Experimente, bei welchen 4mal die sehr bedeutende Distanzzunahme der Marken um 5,2, bzw. 5,5, 8 und 9 mm und 1mal, selbst noch bei einem bereits 40 Tage alten Kaninchen, die geringfügige Distanzzunahme von circa 1 mm zur Beobachtung kam, bei welchen aber allenfalls ein Einwand gegen die Annahme des wirklich geschehenen Auseinanderrückens der markirten Knochenstellen aus dem Umstände hergeleitet werden könnte, dass die in den betreffenden Experimenten am Ramus des Unterkiefers befindliche hufeisenförmige Marke nicht mittelst eines Bohrlochs fixirt war, sondern nur den Knochenrand mit ihren beiden Armen zwischen sich fasste.

No. des Experim.	Thier.	Alterstage d. Thieres beim Experim.	Versuchsdauer in Tagen.	Distanzzunahme der Marken in mm.	Art der Markirung.	Bemerkungen.
15.	Kaninchen	5	42	9	Erste Hufeisenmarke an d. Grenze zwischen Pars incis. und bucc.; zweite am Proc. pteryg.	abgebildet in Fig. 4.
20.	dito	11	29	5,2	Erste Hufeisenmarke in Pars inc., zweite am Proc. pterygoid.	Zweite Hufeisenm. in rinnenförmigen Vertiefungen der lateralen und medialen Knochenwand vorgefunden.
30.	dito	18	40	5,5	Erste Hufeisenmarke in Pars inc., zweite in Pars bucc., dritte am Proc. pterygoid.	
32.	dito	18	96	8	Erste Hufeisenmarke in Pars inc., zweite am Proc. pterygoid.	abgebildet in Fig. 7.
41.	dito	40	31	0,5 bis 1,5	Erste Hufeisenmarke in Pars inc., zweite in Pars bucc., dritte am Proc. pterygoid.	

3) 7 Experimente, bei welchen ein anderweitiger Zweifel darüber obwalten kann, ob die markirten Knochenstellen sich wirklich von einander entfernt haben, oder ob nicht die beobachtete Distanzzunahme der Marken blos auf Rechnung einer geschehenen Verschiebung der Marken zu setzen ist.

No. des Experiments.	Thier.	Alterstage des Thieres beim Experiment.	Versuchsdauer in Tagen.	Distanzzunahme der Marken in mm.	Art der Markirung.	Bemerkungen.
7.	Kaninchen.	5	18	1,0	Hufeisenmarke in Pars inc., fester Ring im Ramus.	Zwei einander widersprechende Messungsresultate.
9.	dito	3	21	1,6	3 Stifte.	Der dritte Stift nicht ganz festsitzend.
23.	dito	9	32	2,8	2 Hufeisenmarken in Pars inc. und bucc.	Schneidezahnwurzel von der ersten Hufeisenmarke umfasst.
24.	dito	14	35	1,5	3 Stiftchen in Pars inc., bucc. und im Ramus.	Das dritte Stiftchen wurde in veränderter Lage vorgefunden.
28.	dito	8	70	1,8	2 Schraubennägelchen in Pars inc. und bucc.	Das zweite Nägelchen mit dem 3. Backzahn in die Höhe gerückt.
34.	dito	24	22	1,8	4 Stiftchen.	Der Distanzzunahme des 1. vom 3. Stift um 1,8 mm steht eine Annäherung des 3. und 4. Stiftes um 1 mm gegenüber.
42.	dito	40	120	4,2	Hufeisenmarke in Pars bucc., Ring am Proc. pterygoid.	Die Hufeisenmarke ist mit dem 2. Backzahn in die Höhe gerückt.

II. 7 Experimente, bei welchen 6mal gar kein und 2mal (Experiment 19 und 21) ein minimales, 0,5—0,6 mm betragendes, also in den Bereich der Irrthumsmöglichkeiten fallendes Auseinanderrücken der Marken stattgefunden hat.

No. des Experiments.	Thier.	Altersstage des Thieres beim Experiment. Versuchsdauer in Tagen.	Distanzznahme der Marken in mm.	Art der Markirung.	Bemerkungen.
4.	Ziege.	5	95	0	3 Ringe; sämmtlich in Pars bucc.
12.	Kaninchen.	3	30	0	3 Stiftchen in Pars inc. und bucc.
18.	dito	8	26	0	3 Stiftchen in Pars inc. und bucc.
19.	dito	13	28	0,5	Häkchen und Stiftchen in Pars inc. und bucc.
22.	dito	8	31	0	3 Stiftchen in Pars inc. und bucc.
27.	dito	11	60	0	Erste Hufeisenmarke in Pars bucc.; zweite im Ramus, mit ihren freien Enden von vorn nach hinten durch die dünne Knochenwand hindurchgesteckt.
21.	dito	12	30	0,6	3 Hufeisenmarken am unteren Knochenrand.

Wenn wir nunmehr zur kritischen Betrachtung der durch die hier mitgetheilten 42 Experimente gewonnenen Präparate schreiten, so wird unser Interesse in erster Reihe gefesselt durch die drei Ziegenunterkiefer und die beiden Kaninchenunterkiefer der Gruppe I 1 d (Exp. 1 Fig. 1; Exp. 5 Fig. 2; Exp. 6 Fig. 3; Exp. 38 Fig. 9; Exp. 40 Fig. 11). An den Ziegenunterkiefern waren je zwei vollkommen unverrückbare Ringe mittelst Bohrlöchern in den Knochen eingefügt worden; an denen der Kaninchen je ein fest

zusammengeknoteter Ring am Proc. pterygoideus und je eine Hufeisenmarke, die mit dem einen Arm fest in einem langen Bohrloch der Pars incisiva steckte. Alle Marken fanden sich nach Ablauf der Versuchszeit ganz ebenso in ihren Bohrlöchern liegend wieder vor, wie sie unmittelbar nach Ausführung des Experiments gelegen hatten, und dabei waren doch die Marken der Ziegenunterkiefer nach 63 bzw. 86 und 98 Tagen um 8,4 bzw. 9 und 10, die der Kaninchenunterkiefer nach 134 bzw. 207 Tagen um .7 bzw. 9 mm auseinandergerückt.

Die hinteren Marken befanden sich entweder wie bei den Kaninchen nach wie vor genau am hinteren Knochenrande wieder vor, oder, wie bei den Ziegen, nahezu in ihrer ursprünglichen Entfernung vom hinteren Knochenrande. Es hatte also (bei den ersten) keine oder (bei den letzteren) höchstens eine verhältnismässig sehr geringe Apposition am hinteren Rande des Ramus adscendens stattgefunden. An den beiden Kaninchenpräparaten hätte es gar nicht der Einfügung der vorderen Marken in die Pars incisiva und des Nachweises ihrer Distanzzunahme von den hinteren Marken bedürft, um die Irrthümlichkeit der Lehre des ausschliesslich durch Apposition vom hinteren Rande her geschehenden Längenwachstums des Kiefers zu beweisen. Die (aus den Abbildungen Fig. 9 und 11 sehr gut ersichtliche) Thatsache allein, dass der am Proc. pterygoideus des hinteren Randes befindliche Ring nach wie vor am Proc. pterygoideus liegen bleibt und nicht nach vorn rückt, würde schon zum Beweise jener Irrthümlichkeit genügt haben.

Eben dieselben hinteren Marken fanden sich bei den Kaninchen weder lateralwärts, noch medialwärts verschoben. Die von vielen Autoren nach dem Vorgange Welcker's und Humphry's¹⁾ vertretene Annahme einer an der medialen Wand geschehenden Resorption bei gleichzeitiger Apposition an der lateralen Wand entspricht also ebenfalls nicht den thatsächlichen Verhältnissen.

¹⁾ Vgl. Humphry, a. a. O. S. 3. Ein Blick auf Humphry's Abbildungen seiner Präparate, (s. ob. S. 504—506) bei denen die Marken ebenso wie in meinen Versuchen weder lateralwärts noch medialwärts verschoben waren, ergiebt, dass Humphry zu seiner hier in Rede stehenden Annahme nach den Ergebnissen seiner Versuche ganz und gar nicht berechtigt war.

Auch der Umstand hat für sich allein schon volle Be- weiskraft gegen die Lehre vom ausschliesslich appositionellen Wachsthum, dass an den Präparaten 38 und 40 die betreffenden Marken mehr als 30 mm von einander entfernt sind. Wenn die ursprüngliche Entfernung von etwas über 20 mm gar nicht notirt worden oder die Notiz verloren gegangen wäre, so wüssten wir doch, dass die ursprüngliche Entfernung viel weniger als jetzt betragen haben muss, und dass also die Marken jedenfalls auseinander gerückt sind. Denn die ganze Entfernung von der hinteren Grenze der Pars incisiva bis zum hinteren Rande des Ramus beträgt bei 3—4 Wochen alten Kaninchen — und in diesem Alter befanden sich ja bei der Operation die betreffenden Thiere — nicht mehr als etwa 20 mm.

Sollte schliesslich irgend Jemand auf die Vermuthung kommen, dass es sich bei meinen Präparaten um einen durch den operativen Eingriff hervorgerufenen pathologischen Vorgang gehandelt haben könne, der uns vielleicht bezüglich unserer Schlussfolgerungen irreführt, so braucht dem gegenüber nur auf meine photolithographischen Abbildungen verwiesen zu werden, an welchen man ausser eben dem Vorhandensein der Marken selber nichts Pathologisches wird entdecken können. Auch die etwaige Annahme, dass hier etwa der bekannte Vorgang des „Reizungswachstums“ mitgespielt haben könne, lässt sich mit Bestimmtheit durch die Thatsache widerlegen, dass die operirte Kieferhälfte mit der nicht operirten entweder gleiche Länge hat, wie bei Exp. 31, oder gar etwas kürzer ist (wie bei Exp. 5 und 6), in keinem Falle aber länger, als die nicht operirte Hälfte.

Kurz, wenn wir, um mit E. du Bois-Reymond's Wort in seiner classischen Rede „Darwin versus Galiani“ zu sprechen, an diesen Präparaten „die gesuchte Wahrheit so unparteiisch prüfen, als läge uns Alles daran, das Gegentheil zu beweisen“, so wird uns doch nimmermehr etwas anderes übrig bleiben, als den Schluss zu ziehen, dass die Marken durch Expansion auseinander gewichen sind, und dass mithin die Lehre vom ausschliesslich appositionellen Wachsthum eine ganz und gar verkehrte ist. :

Beinahe ebenso wichtig, wie die Präparate der Gruppe I 1 d sind diejenigen der Gruppe I 1 c. An dem Ziegenunterkiefer des Exp. 2 waren die unverrückbar mittelst Bohrlöchern eingefügten Ringe um 4,6 mm, an dem des Exp. 3 um 3,6 mm auseinander gewichen. An dem Kaninchenunterkiefer des Exp. 31 wurde, wie in Exp. 38 und 40, der am Proc. pterygoid. des 16 Tage alten Thieres befestigte Ring nach 85 Tagen wiederum am Proc. pterygoideus vorgefunden. Es liegen also auch bei diesem Präparate Verhältnisse vor, welche den obigen Erörterungen nach die Knochenexpansion schon für sich allein, d. h. auch dann bewiesen haben würden, wenn nicht auch noch ausserdem die Messung eine Distanzzunahme von 5 mm von der vorderen Marke ergeben haben würde.

Die 7 Experimente der Gruppe I 1 a und die 8 Experimente der Gruppe I 1 b sind, wenn auch die Distanzzunahmen der betreffenden Marken nur 1 bis 2,7 mm betragen haben, doch ebenso untrügliche Beweise des expansiven Wachstums, wie die bisher erörterten. Die Marken waren in diesen 15 Experimenten ebenfalls vollkommen gut in Bohrlöchern fixirt, und ich kann versichern, dass Messungssirrthümer ausgeschlossen sind, da hier, wie überall jede einzelne Messung 3 oder 4 mal auf ihre Richtigkeit hin controlirt worden ist, ehe ihr Werth notirt wurde.

Von nicht geringer Wichtigkeit sind endlich auch die durch Exp. 15, 20, 30 und 32 gewonnenen Kaninchenpräparate der Gruppe I 2. Zwei dieser Präparate (15 und 32) sind in Fig. 4 bzw. Fig. 7 abgebildet. Die Distanzzunahme der bei den 5 bis 18 Tage alten Thieren eingefügten Marken betrug nach 29 bis 96 Tagen 5,2 bis 9 mm. Allerdings waren bei diesen Experimenten die am hinteren Knochenrand angebrachten und die ganze Knochenwand zwischen sich fassenden Hufeisenmarken nicht mittelst Bohrlöchern eingefügt worden. Indess ist doch ein hieraus etwa herzuleitender Einwand gegen den Werth der Experimente kein durchschlagender. Denn es würde nicht leicht sein, sich vorzustellen, dass die mit ihren Armen fest gegen die laterale und mediale Wand des Knochens angedrückten Marken sich allmählich nach hinten verschoben haben, und dass lediglich in Folge dieser Verschiebung die Umbiegungsstellen der Hufeisenmarken hinter dem durch Apposition immer weiter nach

hinten gerückten Knochenrande verblieben sind. War ja doch beispielsweise in Experiment 20 die Hufeisenmarke so fest an den Knochen angedrückt gewesen, dass sie sich beim Schluss des Experiments in rinnenförmigen Vertiefungen der lateralen und medialen Knochenwand vorfand! Im Uebrigen wird das Resultat der Experimente 15, 20, 30 und 32 durch dasjenige der Experimente der Gruppen I 1c und I 1d gestützt, bei welchen, wie wir sahen, eben so grosse oder noch grössere Distanzunahmen an vollkommen unverrückbar fixirten Marken constatirt werden konnten.

Ich bin nach Kräften bemüht gewesen, bei den bis hierher besprochenen Präparaten nicht allein die Expansion nachzuweisen, sondern auch zugleich Genaueres über die quantitativen Verhältnisse der Apposition und Expansion an den einzelnen Abschnitten des Knochens und auf den verschiedenen Altersstufen der Thiere festzustellen. Indess vermag ich doch bezüglich dieser Details noch keineswegs irgend welche allgemein gültigen Gesetze aufzustellen. Es wäre ein vergebliches Bemühen und ich nehme deshalb auch ganz davon Abstand, selbst auch nur die Altersstufen der Thiere angeben zu wollen, auf welchen die Expansion, und diejenigen, auf welchen die Apposition ganz besonders lebhaft ist. Ich kann höchstens auf das Eine hinweisen, dass ich bei Kaninchen, entgegen meiner Vermuthung, im Allgemeinen auffälligere Resultate bezüglich des Expansionswachstums erhalten habe, wenn die Thiere bereits 3—4 Wochen alt, als wenn sie jünger waren — ein Umstand, der vielleicht mit der besonders starken Entwicklung des Backzahngebisses auf der betr. Altersstufe in Zusammenhang zu bringen ist.

Ebenso wenig, wie es bezüglich der Bedeutung der Altersstufen möglich war, lässt es sich nach meinen Experimenten genauer feststellen, welches Appositionsquantum den Alveolarrändern, dem unteren Knochenrande, dem Proc. coronoideus und condyloideus zukommen, oder gar, an welchen Knochenstellen besonders lebhafte äussere Resorptionen geschehen. Während beispielsweise nach dem Ergebniss des Exp. 21 eine sehr mächtige Apposition am unteren Rande des Ramus angenommen werden müsste, scheint dies Appositionsquantum nach anderen Kaninchenpräparaten und noch mehr nach den Ziegenpräparaten ein

sehr viel geringeres zu sein. Während nach dem Ergebniss der mehrerwähnten Präparate 31, 38 und 40 und wohl auch nach dem Ergebniss des Humphry'schen Experimentes a (vgl. ob. S. 504) anzunehmen wäre, dass am hinteren Rande des Knochens gar keine Apposition stattfindet, muss man nach dem Ergebniss des Exp. 39 ein gewisses Appositionsquantum am hinteren Rande annehmen.

Endlich lässt es sich auch bis jetzt nicht mit ausreichender Sicherheit feststellen, ein wie grosser Anteil an der Expansion dem Ramus und ein wie grosser der Pars buccalis und incisiva zukommt. Nur so viel dürfte mit einiger Bestimmtheit aus meinen Untersuchungen hervorgehen, dass, während das Expansionswachsthum in dem die vorderen Backzähne tragenden Theil der Pars buccalis ein geringes ist, während hier sogar wahrscheinlich bei gewissen Thieren eine für das Aneinanderrücken der Zähne erforderliche physiologische Knochenschrumpfung stattfindet, ein sehr mächtiges Expansionswachsthum in die Breite am Ramus und vielleicht auch in dem die hintersten Backzähne tragenden Theil der Pars buccalis des Knochens stattfindet.

Es scheint mir hiernach, dass wir uns — im Wesentlichen in Uebereinstimmung mit Hueter — die Dinge so vorzustellen haben, als ob die hinteren Backzähne sich wie Keile zwischen die vorderen und den Ramus hineindrängen; dadurch wird eine Wirkung auf den Knochen ausgeübt, die der von mir in meinen Untersuchungen über das Gesetz der Transformation der Knochen nachgewiesenen Wirkung eines Trauma vergleichbar ist. Die statischen Verhältnisse der hinteren Knochenpartien werden durch das Zwischendrängen der Keile gänzlich abgeändert, und dadurch wird eine mächtige Transformation dieser Partien bedingt, zu deren Herstellung Apposition und Resorption nicht ausreichen, bei der vielmehr die Expansion die bei Weitem wichtigere Rolle spielt.

Ich komme nunmehr zur kritischen Beleuchtung derjenigen Experimente, welche zu einem den bisher besprochenen dem Anscheine nach direct entgegengesetzten Resultate geführt haben.

Bei den 7 Experimenten der Gruppe II sind die markirten Knochenstellen gar nicht oder um nur minimale Grössen auseinandergewichen.

Nun wird man sich allerdings über das Resultat des Experimentes 4 bei einer 5 Tage alten Ziege, — da hier alle drei Ringe in der Pars buccalis steckten, und da nach meinen obigen Erörterungen die Zähne der Ziege mit zunehmendem Alter des Thieres keinen breiter, sondern im Gegentheil einen um etwas schmäler werdenden Raum einnehmen —, leicht hinwegsetzen können. Man wird, wenn überhaupt ein einzelnes Experiment zu einer Schlussfolgerung Berechtigung giebt, aus diesem Resultate allerhöchstens schliessen, dass das Expansionswachsthum am Ziegenunterkiefer nicht oder doch zum weit geringeren Theil die Pars buccalis, grössttentheils aber den Ramus betrifft. — Auch über die Resultate der Exp. 12, 18, 19 und 22 bei 3 bezw. 8 und 13 Tage alten Kaninchen darf man sich hinwegsetzen, einmal, weil es sich hier jedesmal nur um die nicht sehr lange Versuchsdauer von 26 bis 31 Tagen handelte, und dann, weil keine der betreffenden Marken im Ramus des Unterkiefers befestigt war. Denn wenn auch beim Kaninchen die Backzähne des ausgewachsenen Thieres einen breiteren Raum einnehmen, als diejenigen des sehr jungen Thieres, so findet doch unzweifelhaft auch bei diesen Thieren im Ramus ein viel mächtigeres Expansionswachsthum statt, als in der Pars incisiva und buccalis. — Endlich dürfte sich auch noch in Bezug auf Exp. 27 der Umstand, dass hier die Marken nach 60 Tagen nicht auseinandergewichen sind, vielleicht dadurch in Uebereinstimmung mit den Resultaten der Experimente der Gruppe I bringen lassen, dass, wie bereits erwähnt ist, und wie man aus der die abnorme Tiefe der Incisura semilunaris post. sehr deutlich zeigenden Abbildung (Fig. 6) ersieht, das Wachsthum des Kiefers in der Gegend jener Incisur in diesem Falle stark zurückgeblieben ist.

Dagegen lässt sich das Resultat des Experimentes 21 in keiner Weise mit den Resultaten der Experimente der Gruppe I 1 d in Einklang bringen. Das durch Exp. 21 gewonnene Präparat, welches in Fig. 5 abgebildet ist, würde, wenn man sich auf dasselbe allein berufen wollte, den Anhängern der Lehre vom ausschliesslich appositionellen Wachsthum als eine Waffe gegen die Lehre vom Expansionswachsthum dienen können. Die 3 am unteren Knochenrande des 12 Tage alten Thieres befestigten Marken haben nach 30 Tagen im Wesentlichen ihre ursprüngliche Entfernung von einander beibehalten, während zu-

gleich die hinterste Marke vom unteren Knochenrande um 6 mm in die Höhe gerückt ist. Man muss annehmen, dass irgend ein mechanisches Hinderniss dem Auseinanderrücken der Stifte entgegengewirkt hat; welcher Art aber dies Hinderniss gewesen ist, das vermag ich vor der Hand nicht aufzuklären.

Bei dieser Gelegenheit ist zugleich der ebenfalls sehr auffällige Umstand zu besprechen, dass in einigen Experimenten der Gruppe I ein zwar unzweideutiges, aber doch im Verhältniss zu anderen Experimenten derselben Gruppe nur sehr geringfügiges Auseinanderrücken der Marken stattgefunden hat.

Zwei derjenigen Präparate, in welchen die Distanzzunahme eine merkwürdig geringe war, sind in Fig. 8 (Exp. 37) und Fig. 10 (Exp. 39) abgebildet. Im Exp. 37 waren die bei einem 29 Tage alten Kaninchen am Angulus und in der Pars incisiva eingefügten Marken nach 47 Tagen nur um 2,7 mm auseinander gewichen. — Was das Experiment 39 betrifft, so ist dasselbe ganz analog den in Fig. 9 und 11 veranschaulichten Experimenten 38 und 40 angestellt worden. Während aber in den beiden letzteren Experimenten nach 134 bzw. 207 Tagen eine Distanzzunahme der Marken um 7 bzw. 9 mm constatirt werden konnte, betrug die Distanzzunahme im Experiment 39 nach 192 Tagen nur 2 mm. — Ob sich diese Geringfügigkeit der Distanzzunahme durch die oben erwähnte am Präparat befindliche eigenthümliche Rinne unterhalb des Proc. pterygoideus erklären lässt, muss dahingestellt bleiben (vgl. meine Bemerkung über das Humphry'sche Experiment; oben S. 506). Auch die Präparate der Experimente 14, 29 und 34 sind durch die Geringfügigkeit der Distanzzunahme der Marken auffällig. Beim Experiment 14 waren die in Pars incisiva und nahe dem hinteren Knochenrand eines 3 Tage alten Kaninchens eingefügten Marken nach 40 Tagen nur um 1,3 mm auseinander gewichen; beim Experiment 29 die bei einem 10 Tage alten Kaninchen eingefügten Marken nach 145 Tagen nur um 2,2 mm; beim Experiment 34 steht, wie erwähnt, der an sich schon geringen Distanzzunahme des 1. vom 3. Stift um 1,8 mm gar noch eine Annäherung des 3. und 4. Stifts um 1 mm gegenüber.

Wie indess auch die Dinge sich an den zuletzt besprochenen Präparaten verhalten mögen, und wie viel auch noch zu thun

übrig bleiben mag, um die Untersuchungen über das Unterkieferwachsthum zu einem in allen Punkten befriedigenden Abschluss zu bringen, so steht doch so viel fest, dass durch das zum Theil vorläufig noch unaufgeklärte negative Resultat einiger weniger Versuche der Gruppe II der Werth des unzweideutigen positiven Resultats von 23 Versuchen und des doch wenigstens ziemlich sicheren Resultats von 12 weiteren Versuchen unmöglich beeinträchtigt werden kann. Wäre ja doch schon ein einziges Präparat, an dem eine Distanzzunahme unverrückbar befestigter Marken in unzweideutiger Weise zu constatiren war, gegenüber noch so vielen negativen Resultaten beweiskräftig gewesen.

Wir kommen demnach zu dem Schluss, dass der Unterkiefer der Sitz eines so mächtigen Expansionswachsthums ist, wie wir es bisher auch nicht annähernd bei irgend einem anderen Knochen kennen gelernt haben.

Mit diesem Schluss aber haben wir einen grossen Triumph in erster Reihe Rudolf Virchow's, demnächst aber auch Richard von Volkmann's und Hueter's zu verzeichnen.

Virchow war es, der mit genialem Blick gerade am Unterkiefer die Nothwendigkeit der Annahme der Expansion bereits zu einer Zeit erkannt hat, in welcher noch Niemand ausser ihm an der Flourens'schen Lehre zu rütteln gewagt hatte. Was Virchow damals noch mit Vorsicht äusserte, dass „auch in dem ausgebildeten Knochen ein gewisser innerer Wechsel besteht, der auf wirkliche Dislocation langsamster Art an den Knochen selbst hinzudeuten scheint“, das hat sich jetzt in einem gerade am Unterkiefer alle unsere Erwartungen weit übertreffenden Maasse als richtig erwiesen.

Demnächst war es von Volkmann, der in seiner erwähnten classischen Arbeit „gegenüber den Anatomen und Physiologen, die es kaum der Mühe werth erachtet hatten, auch nur die Möglichkeit des interstitiellen Wachsthums der Discussion zu unterbreiten“, zuerst und mit eindringlichem Wort die Erfahrungen der Chirurgen in's Feld geführt hat.

Hueter endlich war es, der zuerst den gesammten Modus des Unterkieferwachsthums festzustellen gesucht, und dabei

im Wesentlichen bereits das Richtige getroffen hat, wenn er auch ausreichende Beweise für seine Anschauungen noch nicht zu liefern im Stande gewesen ist.

In meiner vor drei Jahren in diesem Archiv erschienenen Arbeit über das Wachsthum des Stirn-, Scheitel- und Nasenbeins der Kaninchen sprach ich die Hoffnung aus, „es werde, nachdem der Zwiespalt der Anschauungen über das Knochenwachsthum fast anderthalb Jahrhunderte hindurch gewährt habe, nunmehr zu der übereinstimmenden Anschauung aller Autoren kommen, dass Apposition und Resorption neben einander existiren, und dass es nicht mehr darauf ankomme, die eine Art des Wachsthums gegen die andere zu vertheidigen, sondern nur darauf, genauer festzustellen, welchen Altersstufen und welchen Oertlichkeiten das expansive, und welchen das appositionelle Wachsthum angehört“¹⁾).

Ich glaubte zu dieser Erwartung berechtigt zu sein, nachdem meine Untersuchungen mir schon damals die untrüglichsten Beweise der Irrthümlichkeit der Anschauungen in die Hand gegeben hatten, zu denen namentlich Wegner und Schwalbe auf Grund ihrer experimentellen Untersuchungen gelangt waren.

Indess hat sich in den inzwischen verflossenen drei Jahren meine Hoffnung anfänglich nur in sehr schwachem Maasse erfüllt.

Es war allerdings wenigstens so viel erreicht, dass Niemand sich mehr auf die bekannte, lediglich auf die persönliche Invective zugespitzte, und in allen Punkten durch von Gudden, Egger und mich widerlegte Arbeit Wegner's berief, — des Autors, der von sich selber die kühne Versicherung gegeben hatte, dass er „nur fertige Dinge in definitiver und wohlbegründeter Form ein für allemal producire“, und der alsdann, wie wir gesehen haben, mit Bezug auf einen seiner schwersten Irrthümer sich mit „einem Versehen seines Schreibers“ hatte entschuldigen müssen.

Indess blieben doch in allem Uebrigen die Dinge zunächst noch beim Alten.

¹⁾ a. a. O. S. 612.

Man hatte von einem Forscher vom Range Schwalbe's erwarten dürfen, dass, wenn derselbe in einer von ihm mit so grossem Eifer verfochtenen Sache wirklich widerlegt war, er dies auch selber zugestehen werde. Schwalbe hat indess bezüglich des Nachweises, der ihm vor drei Jahren durch Egger und mich auf Schritt und Tritt geliefert worden ist, dass seine Untersuchungen überall fehlerhaft angestellt, und dass die Resultate seiner eigenen, das Wachsthum des Schädeldachs betreffenden Experimente und die der anderen Experimentatoren fehlerhaft von ihm beurtheilt worden sind — bis auf den heutigen Tag sich überhaupt nicht geäussert; er scheint also auch jetzt noch auf seinem bekannten Schlusswort: „es bleibt beim appositionellen Wachsthum“ verharren zu wollen.

Es war bei solchem Verhalten Schwalbe's ganz natürlich, dass die übrigen Autoren vorläufig eine abwartende Haltung einnehmen zu müssen glaubten.

Erst ganz neuerdings hat nun aber doch der längsterwartete Umschwung in sehr erfreulicher Weise begonnen, sich zu vollziehen.

Nachdem schon vor einem Jahre Stöhr¹⁾) sich wenigstens für die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der Knochenexpansion ausgesprochen hatte, ist Karl Bardeleben der erste Anatom gewesen, der endlich in die Phalanx der zahllosen Vertreter des ausschliesslich appositionellen Wachsthums, denen er früher selbst angehört hatte, mit festem Worte eingebrochen ist.

„Trotz der Stürme“, sagt Bardeleben²⁾ „welche in den Sechziger und Siebziger Jahren dieses Jahrhunderts von verschiedener Seite das Flourens'sche theoretische Gebäude angegriffen und unterwühlt haben, halte noch heute, wie es scheint, die grosse Mehrzahl der Anatomen und Histologen an dieser Lehre fest.“ Dieselbe werde „wohl ziemlich allgemein in den Lehrbüchern und in den Hörsälen vorgetragen“. Er bekenne offen, dass er „bis vor Kurzem gleichfalls ein überzeugter Anhänger des Dogmas von der Apposition

¹⁾ Stöhr, Lehrbuch der Histologie. 1887. S. 60.

²⁾ S. die Bearbeitung des Artikels „Knochen“ in Eulenburg's Real-Encyclopädie. 2. Aufl. Wien 1887.

und Resorption gewesen sei, aber auch des weiteren, dass er die ausschliessliche Gültigkeit desselben nicht mehr anzuerkennen vermag“, und dass er „das vielfach fast krampfhasste Bestreben, jegliches interstitielle Wachsthum in Abrede zu stellen“, für ungerechtfertigt halte. „Auf Grund eingehender kritischer Studien der Literatur und eigener Untersuchungen sehe er sich ge-nöthigt, seinen früheren einseitig negirenden Stand-punkt gegenüber der Expansion aufzugeben.“

Nach diesem Worte Bardeleben's und nach den Ergeb-nissen meiner in der vorliegenden Arbeit mitgetheilten Unter-suchungen wird voraussichtlich der weitere Umschwung der Anschauungen allgemeiner und schneller vor sich gehen, als es bisher der Fall gewesen ist.

Wie immer und immer wieder, so muss ich indess auch am Schlusse dieser Arbeit darauf zurückkommen, dass es zum Beweise der Unhaltbarkeit der Flourens'schen Lehre nicht etwa erst noch des Nachweises des Expansions-wachstums bedurft hat.

So erfreulich es mir auch zu sein scheint, dass durch die von mir vor drei Jahren und durch die in der vorliegenden Ar-biet mitgetheilten Markirversuche die untrüglichsten Beweise des Expansionswachstums geliefert werden konnten, so wäre doch auch ohne diese Beweise schon allein durch das Er-gebniss der Untersuchungen über die Bedeutung der inneren Architectur der Knochen unter normalen und pathologischen Verhältnissen zur vollen Genüge die Irrthümlichkeit der Lehre vom ausschliesslichen Appos-itions- und Resorptionswachsthum dargethan gewesen.

Die Appositionslehre ging von dem Dogma der Passivität des einmal fertig gebildeten Knochengewebes aus. Man dachte sich den Knochen molecular als ein „vollkommen starres“ Ge-webe, als „ein durch Verkreidung zu Grunde gegangenes Knorpel-gewebe“, welches „keine Veränderungen in der Ernährung seiner Elementartheile mehr erfahren“, welches demgemäss „auch nicht erkranken könne“¹⁾). Selbst gegenüber der auf einen äusserst regen internen Stoffwechsel hindeutenden Thatsache, dass „bereits

¹⁾ Vgl. H. v. Meyer in Henle und Pfeuffer's Zeitschr. 1853. S. 145.

fertige und feste aber unbrauchbar gewordene Partien mitten im harten Knochengewebe fortwährend wieder einschmelzen, während die Lücken durch neue Knochensubstanz ausgefüllt werden“¹⁾ hielt man an jenem Dogma fest, indem man zur „künstlichen Stützung“ der Flourens'schen Lehre die sogenannten inneren Appositionen und Resorptionen an den Innenwänden der Haversischen Kanäle und der Haversian spaces zu Hilfe nahm. Man blieb, wie dies von Volkmann treffend darstellt, der festen Ueberzeugung, dass die erwähnten internen Vorgänge nur in der Weise geschehen, „wie wenn an einem unmodern gewordenen Hause hie und da alte Wände eingeschlagen und neue gezogen, Thüren oder Fenster gebrochen und zugemauert werden: der Gesammtbau ist während des Reparirens genügend durch das Stehenbleibende gestützt, unbeweglich, unausdehnbar. Irgend beträchtlichere, gröbere oder auch nur molekuläre Verschiebungen und Dislocation glaubte man an der fest gewordenen *Tela ossea* nicht annehmen zu dürfen.“

Gerade das volle Gegentheil von dem, was das Dogma der Passivität lehrte, ist nun aber das Richtige. Aus den Verhältnissen der inneren Architectur der Knochen ergiebt sich die im diametralen Gegensatz zur Passivitätslehre stehende Lehre von einer ganz besonderen und sehr wunderbaren Aktivität der fertigen *Tela ossea*. Jedes kleinste Knochenpartikelchen, sei es an der Oberfläche oder im Innern des Knochens gelegen, innerhalb der Bälkchen der Spongiosa oder inmitten der Lamellensysteme der compacten Knochenregion behält während der ganzen Lebensdauer des Individuums eine absolute Beweglichkeit bei, bestehend in einer mathematischen Gesetzen folgenden unbedingten functionellen Anpassungsfähigkeit, in einer vollkommenen Reactionsfähigkeit auf jede noch so geringe Veränderung der statischen Inanspruchnahme, welche der Gesammtknochen beim Functioniren erfährt. In jeglichem Moment ist jedes kleinste Partikelchen bereit unterzugehen, sobald es durch irgend eine Aenderung der Inanspruchnahme des Gesammtknochens statisch

¹⁾ Vgl. von Volkmann, a. a. O. S. 513.

überflüssig geworden ist; in jeglichem Moment entstehen an jedem beliebigen Knochenpunkte, d. h. also auch mitten in der fertigen Tela ossea neue Knochenpartikelchen, sobald das Vorhandensein derselben durch irgend eine Aenderung der statischen Verhältnisse erforderlich gemacht worden ist.

Die hier genauer charakterisierte Art der Aktivität der fertigen Tela ossea konnte selbst für die pathologischen Verhältnisse, selbst für die Knochen ausgewachsener Individuen, ja selbst für die Knochen der Greise von mir nachgewiesen worden¹⁾ — um wie viel mehr ist es schon a priori klar, dass dieselbe Aktivität der kleinsten Partikelchen den Knochen jugendlicher, normal wachsender Individuen eigen sein muss, bei welchen eben wegen des Wachstums und der durch dasselbe bedingten beständigen Formveränderungen die statische Inanspruchnahme des Gesamtknochens in jedem Moment eine andere wird!

Obwohl nun aber die von mir aufgestellte Lehre von dieser ganz besonderen Aktivität der Tela ossea eine so unabwiesliche Consequenz der Lehre von der Bedeutung der inneren Architectur der Knochen ist, dass der Aktivitätslehre gegenüber nur derjenige sich würde ablehnend verhalten können, der die Ueber-einstimmung des Verlaufs der Femurbalkchen mit der Richtung der Spannungstrajectorien der graphischen Statik für eine blosse Illusion hielte, so hat man doch bisher meinen betreffenden Auseinandersetzungen nur eine sehr geringe Beachtung zu Theil werden lassen.

Ich muss deshalb immer wieder auf's Neue die Nothwendigkeit betonen, an Stelle der „kramphaft festgehaltenen“, das Fundament der Flourens'schen Theorie bildenden Irrlehre von der molekulären Starrheit der Tela ossea, an der nichts anderes möglich sein soll, als „Anlagerung oder Corrosion an den Flächen“ die Auffassung treten und als Richtschnur für die weiteren Untersuchungen der physiologischen und pathologischen Verhältnisse der Knochen dienen zu lassen, dass nicht etwa blos während des Wachstums, sondern viel-

¹⁾ Vgl. J. Wolff, Das Gesetz der Transformation u. s. w. Sitzungsbericht der Kgl. Preuss. Akad. der Wissensch. Vorgelegt von Herrn du Bois-Reymond am 13. März 1884.

mehr während der ganzen Lebensdauer des Individuums alle Partikelchen der fertigen Tela ossea die im Obigen näher gekennzeichnete wunderbare absolute Aktivität und functionelle Anpassungsfähigkeit bewahren.

Die Expansion steht ebenso, wie alle übrigen Wachstums- und Lebensvorgänge an den Knochen lediglich im Dienste jener Aktivität. Apposition, Interposition, Oberflächenresorption, Schrumpfung, Massenschwund und Expansion sind nichts, als die verschiedenen Einzeltätigkeiten, in welchen zu verschiedenen Lebenszeiten und an den verschiedenen Ortschaften, unter normalen Verhältnissen und bei pathologischen Veränderungen der statischen Inanspruchnahme der Knochen, die alle diese Einzeltätigkeiten beherrschende Aktivität und funktionelle Anpassungsfähigkeit der Tela ossea in die Erscheinung tritt.

Die genauere Erklärung der Abbildungen der Taf. XIII. befindet sich im Text bei dem Bericht über die betreffenden Experimente.
