

zu verlieren, um den in kurzen Zeitmaassen eintretenden Veränderungen auf dem Fusse folgen zu können. Diess führt nicht bloss oft zur Beherrschung der augenblicklichen Lebensgefahr, sondern auch zur Abwehr des oft so verhängnissvollen, gern nachfolgenden Typhoids, dessen Verstümmlungen oft schlimmer sind, als der Tod.

Unerwähnt will ich nicht lassen, dass das beste Erwärmungsmittel des eiskalten Cholerakranken ein gesunder, kräftiger Mensch ist, welcher sich zu ihm bettet. Dass diess ohne allen Nachtheil geschehen kann, habe ich bei Müttern und Geschwistern kennen gelernt, welche zu der Rettung der Ihrigen entschlossen waren.

Coblenz, den 15. November 1865.

## XX.

### Untersuchungen über den feineren Bau und die Entwicklung der Zähne.

Von Dr. H. Hertz,

Privatdocent und Assistent am pathologischen Institut in Greifswald.

(Hierzu Taf. VII.)

Bei Anfertigung zahlreicher mikroskopischer Präparate aus den verschiedenen Stadien der Zahnentwicklung, die ich zur Demonstration in meinen mikroskopischen Cursen benutzte, musste ich den Präparaten oft eine von den bis dahin bekannten Ansichten abweichende Deutung geben. Es war mir unmöglich, dasjenige daran zu demonstrieren, was der Zuhörer in unseren gangbarsten Handbüchern der Histiologie zu lesen gewohnt ist und so begann ich den Gegenstand genauer zu verfolgen. Wenngleich nun auch durch die neueren Untersuchungen Kölliker's\*) auf diesem Gebiete ein grosser Schritt weiter gethan wurde, so glaube ich nicht, dass hiermit, nimmt man auch die sehr sorgfältigen Beobachtungen

\*) Die Entwicklung der Zahnsäckchen der Wiederkäuer. Zeitschrift f. wissenschaftliche Zoologie Bd. XII. S. 455 und Handbuch der Gewebelehre 4. Aufl. S. 394 ff.



Waldeyer's \*) hinzu, der Gegenstand als abgeschlossen zu betrachten ist. Es herrschen eben über noch manche wichtige Punkte sehr widersprechende Ansichten und wird es daher nothwendig sein, dieselben einzeln durchzugehen.

### I. Entwicklung des Zahns im Kiefer.

Eine der wichtigsten Fragen, mit der sich von je her die Beobachter beschäftigt haben, ist die nach der ersten Entstehung der Zähne in den Kiefern. Mit Uebergang älterer Arbeiten von Hérissant (*Nouvelles recherches sur la formation de l'émail des dents*, in *Mém. de l'acad. de Paris* 1745) und Bonn (*Specimen anatom.-medicum de continuationibus membranarum*. Lugd. Batav. 1763. p. 13), die über diesen Gegenstand nur Ungenaues angeben, finden wir bei Arnold die erste etwas bestimmte Angabe über eine am vorspringenden Kiefferrand befindliche Rinne mit Vertiefungen; statt der letzteren etwas später ebensovieler Oeffnungen, die zu Ausstülpungen der Mundschleimhaut, den sogenannten Zahnsäckchen führen. Einige Jahre später gab Goodsir \*) eine ausführliche Beschreibung der Zahnbildung. Nach ihm entstehen die Zahnsäckchen aus einer offenen Schleimhautfurchung in beiden Kiefferrändern mit freien Papillen im Grunde derselben, die durch Querscheidewände von einander getrennt werden. Die hierdurch entstandenen kleinen Grübchen schliessen sich allmählich über den Zahnpapillen, jedoch in der Weise, dass über jeder Höhle oder Zahnsäckchen noch eine kleine Höhle „Reservesäckchen“ sich bildet für die bleibenden Zähne, in der sich ebenfalls bald Zahnkeime zum Aufbau der letzteren entwickeln. Anfangs liegen die Reservesäckchen über den Säckchen der Milchzähne, nach und nach sollen sie an die hintere Seite derselben rücken. Die Zahnsäckchen werden nach oben hin schmaler, ziehen sich am oberen Ende immer mehr aus und verschmelzen endlich zu einem soliden Strange, den man als „Gubernaculum“ bezeichnet. Auch Marcusen \*\*) beobachtete eine Dentalrinne, die von einem sogenannten äusseren

\*) On the origin and development of the Pulp and Sac's of the human teeth. Edinburgh medical and surgical journal 1838.

\*\*) Ueber die Entwicklung der Zähne der Säugethiere; in: *mélanges biologiques tirés du Bulletin physico-mathématique de l'académie impériale des sciences de St. Pétersbourg*. Tome I. p. 109.

und inneren Zahnwall begrenzt ist, in der sich jedoch zu keiner Zeit freistehende Zahnkeime befinden. Die Verwachsung dieser Zahnwälle und der Verschluss der Dentalrinne geschieht in der Weise, dass nach der Mundhöhle zu eine vertiefte Stelle bleibt, die eigentliche Verwachsungsstelle jedoch auf dem Längsschnitt in Gestalt einer weissen Linie sichtbar bleibt. Später bemerkt man in dem von der Mundhöhle am entferntesten liegenden Abschnitt der Verwachsungsstelle eine Lücke, um deren Wandungen sich als weisslicher Contour die Zahnsäckchen markiren, die von ihrem Grunde aus die Zahnpapillen hervortreten lassen. Jetzt haben auch die verwachsenen Zahnwälle an der Stelle, wo sie zur Sackhöhle gerichtet sind, auszuwachsen begonnen und eine genau den Zahnkeim umschliessende Partie, das „Schmelzorgan“, gebildet.

Kölliker spricht (Mikroskop. Anatomie II. 2. S. 94) gegen die Ansicht Marcusen's seine Bedenken aus, da letzterer sich über die Entstehungsweise der Zahnsäckchen nicht weiter äussert und diese mit der Dentalrinne nicht in directe Verbindung bringt, sondern sie durch eine ganz selbständige Entwicklung mitten im Alveolenrand entstehen und als einen „*Lusus naturae*“ erscheinen lässt. Nach der an derselben Stelle weiter ausgesprochenen Meinung Kölliker's ist beim Menschen in der 7.—9. Woche eine Dentalrinne leicht zu sehen; die sie begrenzenden Wälle sind doppelt, anfangs niedrig, wachsen sie jedoch bald bedeutend, legen sich aneinander und greifen zum Theil übereinander. Die Papillen sind jedoch nicht leicht zu sehen, wenn man nicht den richtigen Moment antrifft. Durch später angestellte genaue Untersuchungen, die dem wahren Verhalten unstreitig am nächsten kommen, gelangte Kölliker\*) zu durchaus anderen Resultaten. Nach ihm besitzen die Wiederkäuer (Kalb, Schaf) keine offene Zahnfurche und freie Zahnpapillen, vielmehr beginnt die Entwicklung der Zähne mit einem besonderen epithelialen Organ, dem „Schmelzkeim“, einem platten, zusammenhängenden Fortsatz der untersten Epithelienlagen, der nach Art der Haarbalg- und Schweissdrüsenanlage in die Schleimhaut hineinwuchert. In der tieferen Hälfte

\*) Die Entwicklung der Zahnsäckchen der Wiederkäuer. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie Bd. XII. S. 455 und Handbuch der Gewebelehre. 4. Aufl. S. 411, wo auch die hierauf bezüglichen Zeichnungen zu vergleichen sind.

desselben bildet sich an den Stellen, wo die einzelnen Zahnsäckchen auftreten, durch reichliche Zellenwucherung eine Anschwellung, die „Schmelzorgane“. Die an der Peripherie desselben gelegenen Zellen sind cylindrisch, die nach innen gelegenen anfangs rundlich, darauf sternförmig und zwischen ihnen scheidet sich eine helle Gallerte ab. An der tiefsten Stelle des Schmelzorgans wuchert das Schleimhautgewebe in Form einer Warze in jenes hinein und bildet so die Zahnpapillen, die bei weiterer Wucherung von dem Schmelzorgan kappenförmig bekleidet werden. Durch diese von unten erfolgte Einstülpung des Schmelzorgans haben wir eine doppelte Epithelialschichte, eine der Papille unmittelbar anliegende, aus cylindrischen Zellen bestehende, das innere Epithel des Schmelzorgans, auch die Schmelzmembran genannt, weil sie das Material zur Schmelzbildung liefert, und ein äusseres pflasterförmiges Epithelium mit den schon von Todd-Bowman fälschlich als drüsige Organe bezeichneten, von Robin und Magitot als Epithelialsprossen richtig beschriebenen zottenartigen Epithelialwucherungen. Zwischen beiden Epithelialschichten findet sich das bereits früher schon erkannte Gallertgewebe. Einige Zeit nach Entstehung dieser Bildungen verdichtet sich das umgebende, ursprünglich mehr den Charakter des unreifen Bindegewebes darbietende Gewebe zu einer äusseren festeren Haut und einer inneren, mehr gallertartigen und bildet so die Zahnsäckchen, die das Schmelzorgan später von seinem ursprünglichen Schmelzkeim durch völlige Umwucherung trennt. Aus dem von der oberen Partie des Schmelzorgans bis zum Epithel der Mundschleimhaut sich erstreckenden Ueberbleibsel des ursprünglichen, ebenfalls noch jetzt blattartigen Schmelzkeims entwickeln sich durch seitliche Wucherungen die sogenannten secundären Schmelzkeime, die für die Bildung der bleibenden Zähne bestimmt sind.

Meine Untersuchungen erstrecken sich in Ermangelung passender menschlicher Embryonen vornehmlich auf Schweins-, Rinds- und Hundsembryonen und gelangte ich hierbei zu folgenden Resultaten:

Hat man den Unterkiefer eines Embryo vor sich, in dem von der Zahnanlage noch nichts zu bemerken ist (Fig. 1), so erkennt man an einem Durchschnitt durch die Schneidezahngegend auf der Schleimhautoberfläche zwei seitliche Wülste, die Lippenwälle (b)

und einen mittleren Wall, den Zungenwall (a), der dem Boden der Mundhöhle entspricht. Am vorderen Winkel des Unterkiefers ist derselbe einfach, weiter nach hinten unter der Zunge durch eine in der Mitte verlaufende Rinne in zwei Erhabenheiten getheilt für die Anlagen der Sublingualdrüsen und für die Ausführungsgänge der Submaxillardrüse. Von einem dritten zwischen dem Lippen- und Zungenwall gelegenen Wulste konnte ich an einem solchen Embryo noch nichts erkennen. Untersuchte ich aber einen etwas älteren Embryo (Fig. 2), so konnte ich drei ungefähr parallel neben einander gelegene Wülste unterscheiden, indem jederseits zwischen dem Lippenwall und dem Zungenwall noch ein dritter Wulst hervortrat, den ich mit Kolliker als Zahnwall bezeichnen möchte. Die Epithelialschicht besteht in beiden Präparaten aus drei verschiedenen, ziemlich deutlich unterscheidbaren Lagen. Die am meisten nach oben gelegene, die gleichzeitig die mächtigste ist (Fig. 1, 2 a), zeigt ziemlich grosse, scharf contourierte, mit einem grossen Kern und einer deutlichen Membran versehene Pflasterepithelien, die darauf folgende, um vieles schwächere Lage (f) besteht aus meist rundlichen, granulirten, weniger deutlich begrenzten, kernhaltigen kleineren Zellen, an denen ich trotz der aufmerksamsten Betrachtung keine eigentliche Zellenmembran entdecken konnte. Neben einkernigen Zellen fand ich auch zahlreiche Zellen mit zwei Kernen, in denen sich das Protoplasma um letztere deutlich gruppirte, so dass man es hier augenscheinlich mit Theilungsvorgängen zu thun hatte. Ich glaube diese Lage als die eigentliche Wucherungsschicht der Epitheliallagen bezeichnen zu können und werde hierfür in Nachstehendem noch hinlängliche Beweise anführen. Eine dritte Schicht von Epithelien (c), die der eigentlichen Schleimhaut unmittelbar aufliegt, setzt sich aus mehr cylindrischen Zellen zusammen, die pallasadenförmig neben einander senkrecht auf die Schleimhaut gestellt sind. Die beiden zuletzt erwähnten Zellenlagen laufen nicht überall parallel mit der äusseren Begrenzungslinie des äusseren pflasterförmigen Epitheliallagers. Einigermassen parallel verlaufen sie nur in Fig. 1 bei dem jüngeren Embryo, entsprechend dem mittleren sogenannten Zungenwulst. Unter der zwischen diesem und den Lippenwülsten befindlichen seichten Vertiefung bildet die Wucherungs- und Cylinderzellenschicht eine nach unten convexe tiefe Ausbuchtung,

so dass an dieser Stelle das obere aus deutlichen Plattenepithelien bestehende Zellenlager (g) besonders reichlich vorhanden ist. Ich weiche hier augenscheinlich von Waldeyer ab, der angibt, dass das Mundhöhlenepithel in den von ihm untersuchten frühen Perioden des Fötallebens von ziemlich geringer Mächtigkeit ist und mit seinen beiden Lagen glatt über die Unterkiefermasse hinweggeht. So lässt die von ihm (a. a. O. Taf. I. Fig. 1) gegebene Abbildung linkerseits zwischen Bezeichnung 9 und 10 die von dem Plattenepithel gebildete Furche tiefer, als in meiner Figur erscheinen; auch geht die obere Begrenzungslinie ziemlich parallel über die Cylinderschicht hinweg. Waldeyer scheint anzunehmen (S. 16 u. 17), dass die Wucherung des Plattenepitheliums in der Region der Schneidezähne erst dann bedeutend zunimmt und den Raum zwischen Kiefer und Lippe ausfüllt, wenn die Anlagen für die Zähne bereits sich gebildet haben. Ich konnte in den von mir untersuchten Rindsembryonen in dieser Periode jedoch nirgends eine Zahnanlage nachweisen, nichtsdestoweniger fand sich schon das bereits oben geschilderte Verhalten. Die erste Bildung der Zahnanlage geht nach meinen Beobachtungen in folgender Weise vor sich.

Entsprechend der Stelle c' Fig. 1, wo die beiden untersten Epitheliallagen mit einem nach beiden Seiten gerichteten convexen Bogen, genau der späteren Schleimhaut anliegend nach unten umbiegen, und die der Stelle entsprechen mögen, wo Waldeyer seine Kieferwälle hin verlegt, die sich jedoch an meinen Präparaten von sehr jungen Embryonen an der Oberfläche nicht markierten, bemerkte ich als erste Anlage eine entweder einfache, bisweilen jedoch doppelte, meist spitzwinkliche in das Schleimhautblastem hineingehende Zellensprossung (Fig. 2, c''), die an der Peripherie aus den erwähnten Cylinderzellen, im Centrum aus den rundlichen, granulirten Zellen der Wucherungsschicht bestanden. Gleichzeitig fand ich über dieser Stelle auch in der obersten, aus grossen Plattenepithelien gebildeten Schicht einen aus letzteren bestehenden Wulst, der wie oben bemerkt, wohl mit dem Kölliker'schen Zahnwall zu identificiren ist. An feinen Durchschnitten aus dieser Gegend und bei 300maliger Vergrösserung betrachtet, sah ich die mittlere Zellenschicht in der lebhaftesten Wucherung begriffen. Zwei bis drei Kerne in einer Zelle und Theilung des

Protoplasmas. Ich sah ferner, wie die in der Wucherungsschicht neu gebildeten Zellen, die den Cylinderepithelien zunächst lagen, sich verlängerten und so augenscheinlich allmählich die Gestalt der letzteren annahmen, wogegen die den grossen Plattenepithelien angrenzenden ihren ursprünglich mehr körnigen Inhalt klärten. Die Kerne derselben wurden deutlicher und durch Verdichtung der peripherischen Protoplasmaschicht entstanden scharfe Contouren, die Zellenmembranen. Mit einem Wort, in dieser mittleren, rundzelligen Epithelialschicht war der Mutterboden für die in das Schleimhautblastem erfolgte Wucherung und für die Entstehung des Zahnwalls zu suchen, denn ich konnte weder Theilungsvorgänge in den Cylinderepithelien, noch in den scharf contourirten Plattenepithelien nachweisen. Meine Stellung den früheren Beobachtern, wie Arnold, Goodsir, Marcusen gegenüber, die eine primitive Zahnfurche annehmen, geht aus der gegebenen Schilderung zur Genüge hervor. Durch die Entwicklung des Zahnwalls haben sich zwei seichte Furchen gebildet, die jederseits von diesem und zwar einerseits zwischen dem Zahnwall und dem Lippenwall, andererseits zwischen jenem und dem Zungenwall gelegen sind.

Nach meiner obigen Darstellung kann ich auch Waldeyer nicht beipflichten, wenn er (a. a. O. S. 16) sagt: „Um diese Zeit, auch wenn man schon ohne Mühe den Elfenbeinkeim erkennt, ist von einer Zahnfurche und von einem eigentlichen Zahnwall im Sinne Kölliker's noch nichts zu bemerken. Sowohl makroskopisch als mikroskopisch stellt sich die Oberfläche des Kieferwalls noch glatt ohne besondere Vorsprünge und Erhabenheiten dar“ und weiter „die erste Zahnanlage ist also früher da, als irgend eine Zahnfurche oder Zahnwall.“ Nach meinen Beobachtungen entstehen die Zahnwälle sicherlich nicht in so später Zeit, wie es von Waldeyer angegeben wird, sondern ziemlich gleichzeitig mit der ersten Zahnanlage. Die weitere Entwicklung der ersten Zahnanlage, wie sie von mir in Fig. 2 bei c'' angedeutet ist, schreitet nun in der von Kölliker und Waldeyer angegebenen Weise fort, so dass durch beständige Neubildung von Zellen in der Wucherungsschicht allmählich ein schräg nach innen und unten wachsender ziemlich langer Fortsatz entsteht, der in seiner peripherischen Partie aus cylindrischen, in der centralen aus rundlichen Zellen sich zusammensetzt und gibt den von Kölliker so be-



nannten Schmelzkeim ab. Im unteren Theil desselben bildet sich eine leichte Anschwellung oft mit einem nach unten gesandten kleinen Fortsatz (Fig. 3, h'). In dieser Zeit entsteht am unteren Rande dieser Anschwellung eine deutliche Verdichtung des bisherigen Schleimhautblastems in Form eines Anfangs kleinen Knötchens, indem die Kerne hier reichlicher wuchern und das Protoplasma körniger wird. Dieser Knoten erhebt sich allmählich mehr konisch nach oben, seine Basis wird breiter und flacher und von ihr aus sieht man beiderseits zwei Fortsätze ausgehen, in denen die Zellen mehr spindelförmig werden. Diese Fortsätze wachsen nach oben, umgeben in einiger Entfernung den durch seine Massenzunahme namentlich am freien unteren Theil allmählich zum Schmelzorgan umgestalteten Schmelzkeim, und bilden so die erste Anlage des späteren Dentinkeims und der äusseren Zahnsäckchenwand, die allmählich immer weiter nach oben wächst und den Schmelzkeim durch Abschnürung von seinem Halse endlich völlig umschliesst (Fig. 4, n o p). Zwischen der äusseren Zahnsäckchenwand und dem Schmelzorgan befindet sich jedoch noch ein mehr lockeres, embryonales, gallertartiges Gewebe, welches die innerste Schicht des Zahnsäckchens bildet und, wie die äussere mehr derbere fibröse Wand von Gefässen durchzogen ist. Der anfangs ziemlich geradlinig, höchstens mit einem leichten Bogen (Fig. 3, h) nach innen und unten wuchernde Schmelzkeim, wendet sich, wie durch eigene Schwere, nachdem er eine untere dickere Anschwellung erhalten hat, mehr senkrecht nach unten. So lange das Schleimhautblastem weich und nachgiebig ist, bieten sich der dichten Epithelialwucherung keine Schranken dar, später aber, wenn die Verdichtung jenes Blastems als erste Anlage des nachherigen Dentinkeims auftritt und dem Schmelzorgan entgegenwächst, wird die Form des Schmelzorgans durch jene bestimmt und so entsteht die kappenförmige Umwucherung des Schmelzorgans um den Dentinkeim, der auch als Einstülpung des ersteren durch den letzteren aufzufassen ist. Hierdurch erhalten wir eine äussere und innere zusammenhängende Epitheliallage von Cylinderzellen und dazwischen eine Lage mehr rundlicher Wucherungszellen, über deren Umbildung und Thätigkeit für den Schmelzbildungsprocess erst weiter unten die Rede sein kann. Soviel mag hier nur noch bemerkt werden, dass die innere Cy-

linderepitheliallage das Material für die Schmelzbildung abgibt und deshalb auch als Schmelzmembran bezeichnet wird, wogegen die aus rundlichen Zellen bestehende Zwischenlage im Grossen und Ganzen als die spätere Schmelzpulpe zu betrachten ist.

Wenn Kölliker (Handbuch der Gewebelehre 4. Aufl. S. 414) sagt: „Zwischen diesen beiden Theilen (nämlich zwischen Schmelzmembran und Zahnkeim), wie auch zwischen dem ganzen Schmelzorgan und der Mucosa und an der Oberfläche der letzteren überhaupt liegt ein zartes gleichartiges Häutchen, die sogenannte Membrana praeformativa,“ so kann ich ihm hierin nicht beistimmen, da ich an den bezeichneten Stellen etwas derartiges nicht entdecken konnte. Auch die eigenthümliche successive Formveränderung, die der Schmelzkeim resp. das Schmelzorgan nach den Kölliker'schen Zeichnungen (a. a. O. Fig. 224, 225 und 226) annehmen soll, habe ich nicht gefunden. Dieser Beobachter gibt an, dass die Schmelzkeime sich an ihren Randtheilen etwas nach aussen umbiegen. Eine leichte Convexität nach oben habe auch ich Fig. 3, h abgebildet, jedoch niemals eine Form darstellen können, wie sie von Kölliker in Fig. 224 abgebildet wird; ebenso wenig gelang es mir, Schmelzorgane mit S-förmig gekrümmtem Halse (Kölliker's Fig. 225) zu entdecken, vielmehr verlief derselbe, wie Fig. 4 zeigt, in einem einfachen Bogen nach unten.

Ueber die ersten Anlagen der bleibenden Zähne kann ich nur soviel anführen, dass sie mir für gewöhnlich aus einer Wucherung der rundlichen Epithelien am Halse des Schmelzorgans der Milchzähne und zwar unmittelbar an dessen Ursprung in Form einer kleinen rundlichen Anschwellung hervorzugehen schienen, wie es von mir Fig. 4 und von Waldeyer Taf. II. Fig. 5 dargestellt wird. Einen tieferen Ursprung, wie ihn der letztere Taf. IV. abbildet, wo der secundäre Schmelzkeim augenscheinlich seitlich aus der Basis des primären Schmelzorgans hervorgeht, habe ich nicht beobachten können. Ich glaube jedoch nicht unterlassen zu dürfen, auf eine andere Entstehungsweise aufmerksam zu machen, die mir Vieles für sich zu haben scheint. Zu wiederholten Malen beobachtete ich schon bei der ersten Anlage des primären Schmelzkeims nicht eine einfache Wucherung der unteren runden Epithelialzellenlage, sondern eine doppelte, eine grössere untere

und eine kleinere unmittelbar darüber gelegene (Fig. 2, c''). Mit dem wirklichen Hervorsprossen des primären Schmelzkeims aus der unteren bemerkte ich in einzelnen Präparaten oft auch eine Vergrößerung des darüber gelegenen kleineren Wucherungszapfens, dessen Wachsthum jedoch augenscheinlich hinter dem des unteren zurückblieb. An einigen günstigen Präparaten glaubte ich nun die Sache etwas weiter verfolgen zu können.

Unmittelbar über dem primären Schmelzkeim fand ich nämlich einen mit diesem parallel verlaufenden zweiten etwas kürzeren Fortsatz von derselben Beschaffenheit und derselben Structur wie der darunter gelegene. Die periphere Zellenlage bestand aus senkrecht auf das Schleimhautblastem gestellten cylindrischen, das Centrum aus runden stark körnigen Zellen. Ich kann mir diess nicht anders erklären, als dass jener kurze obere Fortsatz der Schmelzkeim für den bleibenden Zahn ist. Es ist sehr wohl denkbar, dass, so lange der Schmelzkeim des Milchzahns und das umgebende Schleimhautblastem für sich alles Ernährungsmaterial behufs ihrer Fortbildung, der Entwicklung des Dentinkeims, und Zahnsäckchens, der späteren Schmelz-, Dentin- und Cementbildung in Anspruch nimmt, der Schmelzkeim des bleibenden Zahns in seiner Entwicklung zurückbleibt und dass, wenn der Milchzahn vollendet, jener erst zum erneuten und schnelleren Wachsthum angeregt wird.

## II. Der Zahnschmelz.

Der Schmelz, die Substantia vitrea (ich habe hierbei vornehmlich die menschlichen Zähne ins Auge gefasst), überzieht als eine zusammenhängende Schicht die ganze Zahnkrone, ist an seiner unteren Grenze, wo er das Cement berührt am dünnsten und nimmt gegen die Kaufläche allmählich an Dicke zu. Die, abgesehen von oft ziemlich starken Wülsten, scheinbar glatte Oberfläche desselben zeigt bei der näheren Betrachtung unregelmässige Erhabenheiten neben leichten Abplattungen und Vertiefungen und constant eine Anzahl quer um die Zahnkrone verlaufender paralleler Leistchen, die unmittelbar am Zahnfleisch schmal sind, ziemlich dicht neben einander liegen, nach der Spitze des Zahnes breiter und flacher werden, weiter auseinander liegen und endlich völlig

verschwinden. Schon Leuwenhoek \*) beschrieb diese Leisten und hielt sie für den Ausdruck des absatzweise in bestimmten Zwischenräumen geschehenen Durchganges der Zähne durch das Zahnfleisch. Nach Retzius \*\*), der an einem Vorderzahn 24 innerhalb einer pariser Linie zählte, ergeben sich die Streifen als zu mehreren Gürteln zusammengetretene Schmelzprismen; ihm schienen sie in Verbindung zu stehen mit der schichtenweisen Absetzung des Schmelzes auf der Oberfläche des Zahnbeins. Czermak \*\*\*) stellte ebenfalls Messungen an und fand dabei, dass an der Schmelzgrenze 28—24, weiter oben 12—10, endlich ganz oben, wo sie schon undeutlich wurden, nur noch 6—4 auf den dritten Theil einer Linie gingen. Derselbe Beobachter, dem wir eine ziemlich ausführliche Beschreibung dieser Verhältnisse verdanken, bringt die schmalen Querleisten mit dem eigenthümlichen Ablagerungsprozess der Schmelzsubstanz in Verbindung, wogegen ihm die oben erwähnten groben Furchen und hohen Wülste der Ausdruck eines gestörten veränderten Bildungsprocesses zu sein scheinen.

Die Oberfläche des Schmelzes wird überzogen von einem sehr zarten Häutchen, dem von Nasmyth entdeckten Schmelzoberhäutchen, das so innig mit jener verbunden ist, dass es nur durch Anwendung von Salzsäure getrennt und dargestellt werden kann.

Auch an der Innenfläche des Schmelzes, zwischen diesem und dem eigentlichen Zahnbein, soll sich nach den Untersuchungen von Berzelius und Retzius ein ähnliches Häutchen befinden, welches jedoch von allen späteren Beobachtern geleugnet wird. Der erstere sagt darüber †): „es hinterlässt der Schmelz nach seiner Auflösung in Säuren keinen Knorpel, sondern bloss ein höchst unbedeutendes, braunes, häutiges Gewebe, welches an seiner Innenseite gegessen hatte u. s. w. und Retzius ††) „diese

\*) Continuatio epistolarum p. 3.

\*\*) Bemerkungen über den inneren Bau der Zähne etc. in Müller's Archiv für Anatomie 1837. S. 537.

\*\*\*) Beiträge zur mikroskopischen Anatomie der menschlichen Zähne in Zeitschr. für wissenschaftliche Zoologie Bd. II. S. 297.

†) Lehrbuch der Chemie Bd. VI. S. 540.

††) Bemerkungen über den inneren Bau der Zähne etc. in Müller's Archiv f. Anatomie. 1837. S. 533.

Haut widersteht der Einwirkung des Wassers lange. An Zähnen, welche mehrere Monate in Wasser macerirt waren, habe ich beim Abnehmen und Auflösen des Schmelzes sie zurückgeblieben angetroffen. Ich erstaunte fast, als ich einmal eine grosse Schmelzscheibe von einem fossilen Pferde Zahn in verdünnter Salzsäure auflöste und jene Haut, nachdem aller Schmelz aufgelöst war, noch in der Flüssigkeit schwimmend fand. Ich untersuchte sie darauf mittelst des Mikroskops und bedeutender Vergrösserung. Sie erschien durchbohrt von einer Menge dicht stehender kleiner Löcher, zeigte aber keine Spur von Fasern.“ Derselbe Forscher setzt in einer Anmerkung daselbst hinzu: „vermuthlich ein Ueberbleibsel der Haut, welche das von Purkinje so meisterhaft dargestellte Schmelzorgan umgeben hatte.“

Die fertige Schmelzsubstanz besteht aus soliden 4—6seitigen (nach Tomes kann der Querschnitt auch jede beliebige andere Form bis zu einem unregelmässigen Kreis zeigen) Schmelzfasern oder Schmelzprismen, die ohne nachweisbare Zwischensubstanz aneinander gefügt sind. Nach Krause 0,0015 — 0,0023 Lin., nach Bruns 0,0013 — 0,0021 Lin. stark geht gewiss eine grosse Zahl derselben durch die ganze Dicke der Schmelzsubstanz. Die Prismen greifen mit ihren inneren zugespitzten Enden in die rundlichen Vertiefungen des Zahnbeins ein und liegen mit ihren äusseren mehr abgerundeten unter dem Schmelzoberhäutchen. An diesen Prismen erkennt man, mögen sie isolirt oder in situ sich befinden, mehr oder weniger deutliche Querstreifen und leichte Varicositäten, wodurch sie nach einigen Beobachtern eine gewisse Aehnlichkeit mit Muskelfibrillen haben. Die Entstehung dieser Querstreifen und Varicositäten hat eine ziemlich abweichende Deutung erfahren.

Nach Retzius (a. a. O. S. 535) erstrecken sich diese Querstriche entweder über die ganze Faser oder über einen Theil derselben und setzen ihren Gang an einigen über mehrere Schmelzfasern hinweg, an anderen gehen sie wechselweise, wie die Kalkstreifen in einer Ziegelmauer. Die Schmelzfaser selbst scheint ihm eine anorganische Masse zu sein, welche von einer dünnen organischen Kapsel umgeben wird; hiernach vermuthet er, dass die fraglichen Querstriche nicht der Schmelzfaser, sondern nur der Kapsel angehören. Nach Czermak (a. a. O. S. 298) sind die

Querstreifen bald scharf, fein und eng zusammengedrängt, bald breiter, schattenähnlich und weiter von einander abstehend; im ersteren Falle können sie möglicherweise als Ausdruck des schichtenweisen Verirdungsprocesses der Schmelzprismen angesehen werden, im zweiten Falle scheinen jene Striche von der varicösen Beschaffenheit der Schmelzprismen herzurühren. In ähnlicher Weise erklärt auch Hannover\*), der die Querstreifung an jüngeren Schmelzprismen am häufigsten sah, sie als Ausdruck einer schichtenweisen Verkalkung. Gegen letztere Anschauung erhebt sich Waldeyer mit aller Entschiedenheit (a. a. O. S. 34), indem er bei jungen Schmelzprismen die Querlinien nur in den wenigsten Fällen entwickelt fand. Für einen schichtenweisen Verirdungsprocess fehlen nach ihm die nöthigen Anhaltspunkte; er glaubt vielmehr, dass, da die Schmelzprismen sich vielfach kreuzen und eine geraume Zeit nach der ersten Bildung noch sehr weich und biegsam sind, ein guter Theil der Querlinien wohl auf Rechnung dieser Kreuzung durch gegenseitigen Abdruck kommen. Diess wird um so mehr der Fall sein, wenn, wie beim Schmelz, durch die weitere Entwicklung ein zunehmender Druck die nothwendige Folge sein wird. In gleicher Weise, wie diese Querlinien, erklärt er auch die Varicositäten durch gegenseitigen Druck.

Nach meinem Dafürhalten finden wir in der Entwicklung des Schmelzes die beste Erklärungsweise für die oben berührten Verhältnisse; es mag desshalb die nähere Besprechung derselben bis dahin verspart bleiben. Für jetzt will ich nur noch in Bezug auf die Waldeyer'sche Ansicht anführen, dass meines Erachtens durch gegenseitigen Druck von Seiten der anfangs noch weichen Schmelzfasern die Querstreifung derselben unmöglich hergeleitet werden darf, da die Kreuzungen, wie jeder gut behandelte Schliff lehrt, stets nur bündelweise vorkommen und die zu einem solchen Bündel gehörigen Fasern stets einander parallel verlaufen. Sollen daher durch die erwähnten Kreuzungen Eindrücke resp. Querstreifen entstehen, so können diese nur an den in jedem Bündel peripherisch verlaufenden Fasern zur Geltung kommen, niemals jedoch in den centralen. Die oberflächlichste Betrachtung hat mir

\*) „Die Entwicklung und der Bau des Säugethierzahns“ s. Nova acta Acad. Caes. Leop. Natur. Curiosorum. Breslau und Bonn 1856. Bd. XXV. Abth. 2. S. 902.

jedoch gezeigt, dass die Querstreifen sich in allen Fasern meist in gleicher Anordnung vorfinden; auch spricht die Verlaufsweise der Querstreifen, die völlig horizontal zur Längsachse der Fasern stehen, durchaus gegen eine solche Annahme, indem die Kreuzungen der Bündel weniger in rechtwinkliger als vielmehr in schräger Richtung stattfinden.

Retzius (a. a. O. S. 538) beschreibt an polirten Längsdurchschnitten des Schmelzes bräunliche Parallelstriche, die in Zähnen mit unabgenutzten Kronen sich um die Kronenspitzen des Zahnknochens herumbiegen (Tab. XXI. Fig. 7 d\*) und nach den Seiten, besonders in Zähnen mit keilförmigen Kronen, fast parallel mit der Zahnaxe gehen (Tab. XXI. Fig. 7 d). Diese Striche schieuen ihm die Spuren verschiedener Perioden der Schmelzbildung zu sein, doch ist er auch geneigt, sie von einer braunen Färbung des Zahnknochens selbst und von einer Vereinigung und Zusammentreffen parallel verlaufender Schatten von Querstreifen der Schmelzfasern herzuleiten. Nach Henle\*) hält Schreger sie für Grenzen von drei von ihm im Schmelz angenommenen verschiedenen Schichten: einer äusseren grauen, einer milchweissen Zwischenschicht, und einer inneren unmittelbar dem Zahnknochen aufliegenden grauen Schicht; Parkinje für Wellenbiegungen der Schmelzfasern, Linderer, gleich Retzius, für Absätze in der Schmelzbildung.

Dieselben Streifen beschreibt auch Kölliker\*\*). Sie erscheinen nach ihm bei auffallendem Licht als weissliche; bei durchfallendem als gelbliche, bräunliche oder schwärzliche Linien, die die Richtung der Schmelzprismen in bestimmter Weise in einem Winkel von  $45^{\circ}$  durchkreuzen, am Zahnbein beginnend, gerade oder leicht S-förmig gebogen in Abständen von 0,016 — 0,03 Lin. parallel nach der Schmelzoberfläche verlaufen. An der Kaufläche der Schneide- und Eckzähne bilden sie einfache Bogen, bei den Backzähnen solche mit einer sattelförmigen Einziehung in der Mitte. Am gewöhnlichsten und deutlichsten sind sie in dem unteren und äusseren Theil des Schmelzes, an der Kaufläche und gegen das Zahnbein hin nicht immer ausgesprochen. Auch Kölliker bringt

\*) Allgemeine Anatomie. Leipzig 1841. S. 860.

\*\*) Mikroskop. Anatomie II. 2. S. 75 und Fig. 199 ff.

diese von einer eigenthümlichen Schichtung des Schmelzes herrührenden Streifen mit der in verschiedenen Perioden auftretenden Ablagerung desselben in Verbindung und Hannover (a. a. O. S. 910) lässt die Streifen mit einer schichtweisen Verkalkung der Emailzellen in Zusammenhang stehen.

Czermak (a. a. O. S. 304) erwähnt gleichfalls diese Streifen, sowie helle und dunkle Flecken auf Quer- und Längsschnitten der Schmelzsubstanz und glaubt, dass erstere der Ausdruck einer schichtweisen Färbung des Schmelzes seien, über deren Natur er nichts Näheres angibt. In einigen Fällen jedoch schienen ihm diese Streifen unabhängig von einer eigenthümlichen physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Schmelzes von sehr zahlreichen dünnen in einer dichten Reihe angeordneten Schmelzkanälchen bedingt zu sein.

Die Verschiedenheit in den Ansichten so bewährter Mikroskopiker über die Natur dieser eigenthümlichen Streifen gibt gewiss ein Zeugniß ab für die Schwierigkeit in der Deutung derselben. Nach meinen Untersuchungen kann ich mich für die Mehrzahl derselben nicht entscheiden. Wäre die Schreger'sche Behauptung richtig, und die Streifen die Grenzen der drei von ihm angenommenen Schichten, so würde man nur zwei, höchstens drei solcher Streifen neben einander finden; eine oberflächliche Betrachtung von Längsschliffen und die von Retzius und Kölliker gegebenen Abbildungen zeigen diese Streifen in weit grösserer Anzahl. Auch gegen die von einigen Forschern aufgestellte Ansicht, dass sie der Ausdruck der periodischen Schmelzbildung seien, spricht ihr durchaus nicht constantes und gleichmässiges Vorkommen. Geschähe die Schmelzbildung periodenweise und würde diess durch derartige Streifen angedeutet, so würden diese unstreitig eine viel regelmässige Anordnung zeigen und in allen Zähnen und in jedem Schmelzbezirk sichtbar sein. Statt dessen sieht man oft Schriffe, wo diese Streifungen, beispielsweise an der Kronenspitze ganz fehlen, wenigstens bei genauer Betrachtung nicht zu erkennen sind, während sie an einer Seite der Krone schwach und vereinzelt, an der anderen Seite dagegen oft ziemlich zahlreich auftreten. Handelt es sich in der That um eine derartig markirte periodische Schmelzbildung, so ist kein Grund vorhanden, dass die Streifen nicht überall im Schmelz gleichmässig auftreten. Auch eine Vereinigung



und Zusammentreffen parallel verlaufender Schatten von Querstreifen der Schmelzfasern habe ich nicht als Grund auffinden können, wie ich denn auch an diesen Streifen niemals sehr zahlreiche und ausgesprochen dünne Schmelzkanälchen oder, wie Purkinje glaubt, besonders hervortretende Wellenbiegungen gefunden habe. Man sieht an den dunklen Streifen und ebenso an den dazwischen befindlichen helleren Partien Schmelzfasern von nahezu gleichem Caliber: dünne, sehr breite, schwach gezähnte bis stark varicöse mit abwechselnd sehr dünnem und breitem Durchmesser, auch zeigt der Verlauf keine besonderen Abweichungen.

Eine andere der oben angeführten Ansichten, die vieles für sich zu haben scheint, ist die: diese Streifen von einer eigenthümlichen Färbung der Schmelzsubstanz herzuleiten. Es fragt sich nur, ist eine solche Färbung in den Schmelzfasern nachweisbar und woher kommt diese? Ich bin nicht im Stande, beide Fragen vollständig zu beantworten. Jedoch schien es mir vom Augenblicke an, wo ich an die Untersuchung dieses Gegenstandes mich wagte, als müsste die Ursache dieser eigenthümlichen Streifung in der veränderten Beschaffenheit der Schmelzprismen selbst ihren Grund haben. Sehr oft sah ich, wie in den Längsschliffen diese eigenthümliche bräunliche Färbung in den dem Auge zunächst gelegenen Schichten sich befand, bei Verschiebung des Objectes allmählich undeutlicher wurde und in tiefere Schichten übergieng. An den in situ befindlichen Schmelzprismen, selbst wo die Ursache der Färbung mehr in den oberflächlichen Schichten ihren Sitz zu haben schien, konnte ich an mit verdünnter Salzsäure gepinselten dünneren Schliffen ausser einer diffusen ins Bräunliche spiegelnden Färbung nichts Besonderes erkennen. Liess ich aber die Säure so lange einwirken, bis alle anorganischen Bestandtheile entfernt waren, wobei bekanntlich wegen der sehr geringen Menge organischer Masse auch letztere sehr bald verschwindet, so fand ich, sobald die Wirkung der Säure bis zu jenem Streifensysteme gelangt war, dass die organischen Schmelzprismenreste nicht das sonst durchscheinende klare Ansehen darboten, sondern durch feine dunkle Körnchen getrübt waren, die jedoch sehr bald unter weiterer Einwirkung der Säure sich meinem Auge entzogen. Nach den erhaltenen Bildern möchte ich diese Körnchen fast für Pigmentkörnchen ansprechen, die zur Zeit der Schmelzbildung in bestimm-

ten Abschnitten des Schmelzes abgelagert waren. Wie diess geschieht und welcher Natur das von mir angenommene Pigment ist, darüber fehlen mir alle Anhaltspunkte; auch habe ich in den Zellen der Schmelzmembran niemals wirkliche Pigmentkörnchen gesehen. Hannover (a. a. O. S. 910) erwähnt als hierhergehörig die gefärbte Streifung an der Vorderfläche der Schneidezähne mehrerer Nager, die durch eine einförmige Färbung der ganzen Substanz der Säulen bedingt ist. Nach Bibra's Untersuchungen rührt diese Farbe von Eisenoxyd her. — Vielleicht lassen sich im Laufe der Zeit für die Farbenstreifen in menschlichen Zähnen ähnliche Bedingungen auffinden.

Eine zweite Art von Zeichnungen beschreibt Retzius an Längsschnitten (a. a. O. S. 540 und Fig. 7) als kurze, weisse, meist bogenförmige, im Verhältniss zur Länge breite Streifen, die am Hals des Zahns stark nach aussen liegen, nach der Krone zu sich mehr aufrichtend, ziemlich steil nach oben verlaufen. Dieselben Streifen, die, nach Retzius, bereits Schreger als Faserstreifen nur oberflächlich beschrieben hat, finden wir auch bei Czermak (a. a. O. S. 301) und Kölliker (a. a. O. S. 74) erwähnt und von beiden auf die lageweise oder bündelweise zusammenliegenden und wegen ihrer eigenthümlichen Verlaufsweise bald in der Längsansicht, bald im Querschnitt entgegentretenenden Schmelzprismen zurückgeführt.

Ausser diesen beiden auf Längsschnitten erkennbaren Streifen beschreibt Czermak (a. a. O. S. 300) ein System von abwechselnd auf einander folgenden dunklen und hellen Streifen, welche gleich den oben beschriebenen Wülsten auf der Oberfläche des Schmelzes erscheinen, rings um die Zahnkrone herumziehen, sich öfters gabelförmig theilen und nicht in sich selbst zurücklaufen. Diese Streifen liegen jedoch nicht oberflächlich, sondern in der Dicke des Schmelzes, und werden nach Czermak durch die regelmässigen Zickzackbewegungen, nach Hannover (a. a. O. S. 911) durch die Drehungen der Schmelzprismen hervorgerufen. Da die letzten peripherischen Enden der Prismen grade gestreckt verlaufen, so liegt hierin der Grund, wesshalb diese Zeichnungen nicht oberflächlich, sondern mehr in der Tiefe der Schmelzsubstanz liegen. Von dem Vorhandensein dieser zweiten Art von Zeichnungen überzeugt man sich am besten an mit verdünnter Salzsäure (1 : 12) gepinselten

Zahnschliffen, von dem der letzteren Art an feinen ebenso behandelten Schliffen von der Oberfläche des Schmelzes. Auch ist gegen die von Czermak diesen Zeichnungen gegebene Deutung gewiss nichts einzuwenden.

Nach der Darstellung, die ich im vorigen Abschnitt über die Entwicklung des Schmelzorgans gegeben habe, hatte sich eine äussere und innere Cylinderepithellage und ein dazwischen gelegenes kleines rundzelliges Epithelium durch den ausführlich geschilderten Einstülpungsprozess gebildet. Die Zellen der äusseren Epitheliallage, die der Innenfläche des Zahnsäckchens unmittelbar anliegen, werden allmählich immer kürzer, bilden sich endlich in rundliche, granulirte, einer besonderen Membran entbehrende, deutlich kernhaltige Zellen um und senden eine Menge durch Zellentheilung gebildete, mehr oder weniger lange, jedoch ziemlich dünne Epithelialsprossen nach aussen in die innere, mehr weiche Schichte des Zahnsäckchens. Diese Epithelialsprossen, sowie das ganze Schmelzorgan sind frei von einer äusseren membranartigen Bekleidung und ragen ganz frei in das mit ziemlich zahlreichen Blutgefässen durchzogene innere Zahnsäckchengewebe hinein. Auch die rundlichen Zellen im Centrum des Schmelzorgans, die sogenannte Schmelzpulpe, ändern ihre Form, indem vom Protoplasma derselben seitliche Ausläufer hervorgehen, die mit einander in Verbindung treten und so ein sternförmiges, eine mehr schleimig-albiminöse Intercellularsubstanz einschliessendes Gewebe zu Stande kommt. Diese Umwandlung erleiden jedoch nicht sämtliche Zellen; die dem inneren Cylinderepithel zunächst gelegene Schicht behält ihre frühere Form und Beschaffenheit: die Zellen bleiben rund, stark granulirt und sind als die Matrix für die innere Cylinderepitheliallage anzusprechen. Es ist dieselbe Lage, die von Todd-Bowman als Basement membran, von Hannover als Membrana intermedia, von Waldeyer als Stratum intermedium bezeichnet wurde. Weder an diesen noch an den umgewandelten sternförmigen Zellen konnte ich eine besondere Zellmembran erkennen \*).

\*) Die Cylinderzellen, die an der inneren Seite des Schmelzes sich befinden, dem Zahnbein, resp. dem Zahnbeinkeim unmittelbar aufliegen und die eigentliche sogenannte Schmelzmembran bilden, gehen an der Basis des letzteren, allmählich kürzer werdend, in das äussere rundliche Epithelium über.

Mit Uebergang der älteren Ansichten über die Bildung des Schmelzes, die in Kürze bereits in der erwähnten Waldeyer'schen Arbeit angegeben sind, und die im Grossen und Ganzen darauf hinausgehen, die Schmelzfasern als ein Ausscheidungsproduct aufzufassen, wende ich mich zu den für unsere jetzige Auffassungsweise wichtigen Beobachtungen von Schwann\*). Derselbe stellt der Purkinje-Raschkow'schen Ansicht, dass jede Schmelzzelle als ein Excretionsorgan, als ein Drüschchen, für das entsprechende Schmelzprisma aufzufassen sei, drei andere Möglichkeiten der Erklärung gegenüber und zwar 1) glaubt er, dass die Schmelzprismen aus Zellen hervorgehen, die sich selbständig auf der Zahnschmelz bilden und fortwachsen, deren Cystoblastem aber von der Schmelzmembran geliefert wird. Hierbei wäre allerdings die auffallende Uebereinstimmung der Prismen der Schmelzmembran und des Schmelzes zu bewundern; nothwendig wäre aber diese Ansicht, wenn sich zwischen Schmelzmembran und Schmelz noch eine eigenthümliche Substanz, wie er sie mehrmals an Backzähnen vom Schwein beobachtet hat, nachweisen liesse. 2) Könnten die Schmelzprismen die continuirliche Fortsetzung der Prismen der Schmelzmembran bilden, die an ihrer einen Seite mit Kalkerde gefüllt seien, wogegen jedoch der sehr lockere Zusammenhang beider Gebilde spricht. 3) Die dritte Möglichkeit, die nach Schwann die meiste Wahrscheinlichkeit zu haben scheint, wäre die, dass die prismatischen Zellen der Schmelzmembran sich von dieser trennen und mit dem schon gebildeten Schmelz verwachsen, wobei sich entweder ihre Höhle mit den Kalksalzen füllt oder die Zellen in ihrer ganzen Dicke verknöchern, nachdem vorher ihre Höhle mit einer organischen Substanz gefüllt ist.

Diese Ansicht von der directen Umwandlung der Schmelzzellen in die Schmelzfasern blieb lange Zeit die herrschende und so sagt

Die Beschreibung, die Waldeyer von diesen Zellen gibt, stimmt mit meinen Beobachtungen völlig überein. Die Zellen sind an den beiden kurzen Enden membranlos, an den beiden langen dagegen mit einer sehr deutlichen Membran versehen; eine Intercellularsubstanz scheint zu fehlen. Der Kern, den ich nur einfach sah, liegt am äusseren Ende der Zellen, zunächst dem Stratum intermedium.

\*) Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin 1839. S. 118.

Marcusen (a. a. O. S. 121) beispielsweise: „später sieht man die Cylinder (der Schmelzmembran) noch etwas länger werden, der Kern verschwindet aus ihnen mehr und mehr, zuletzt ganz. Dann scheinen sie fähig geworden zu sein, Kalksalze aufzunehmen“ und Kölliker \*) „am einfachsten sind die Verhältnisse beim Schmelz, wo es nicht dem geringsten Zweifel unterliegt, dass die Schmelzzellen durch gänzliche Verirdung zu den Schmelzfasern werden.“ Hiergegen behauptet nun Huxley \*\*), dass sich der Schmelz unabhängig von den Zellen der Schmelzmembran unter einem structurlosen Häutchen bilde, welches er mit der von Raschkow entdeckten *Membrana praeformativa* identificirt. Dieses Häutchen befinde sich nämlich zu jeder Zeit der Entwicklung zwischen den Schmelzfasern und den cylindrischen Zellen der Schmelzmembran und werde nach Vollendung des Schmelzes zum Nasmyth'schen Schmelzoberhäutchen. Huxley leugnet die Betheiligung des Schmelzorgans an der Bildung des Schmelzes, ohne sich weiter über die Bildung des Schmelzes auszusprechen, doch scheint er die *Memb. praeformativa* für ein secretorisches Organ zu halten. Auf die Beobachtung Huxley's von einem zwischen Schmelzmembran und Schmelz gelegenen besonderen Häutchen gestützt, leugnet Lent \*\*\*) die directe Umwandlung der Schmelzzellen in die Schmelzprismen. Er stellt das Verschwinden der Kerne in den ersteren in Abrede und hält die Aufnahme von Kalksalzen in diese für blosse Vermuthung, die durch nichts erwiesen sei. Die Entwicklung des Zahnbeins geht unter der *Membrana praeformativa* vor sich, die sich durch Behandlung eines fötalen Zahns mit Essigsäure von dem Zahnbein abheben lässt. Ist bereits über dem Zahnbein Schmelz gebildet, so ist durch die gleiche Behandlung auch jene über den Schmelz hinweggehende Membran von letzterem abzuheben; das Abgehobene ist dann nicht etwa die jüngst gebildete Schicht des Schmelzes, sondern eben eine wirkliche selbständige structurlose Membran, die an ihrer Innenseite, wo sie dem Schmelz

\*) Mikroskop. Anatomie. Leipzig 1852. II. 2. S. 102.

\*\*) On the development of teeth and on the nature and import of Nasmyth's persistent capsula. Quarterly Journal of microsc. Sc. Vol. III. 1854. p. 149.

\*\*\*) Ueber die Entwicklung des Zahnbeins und des Schmelzes. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. VI. S. 121.

anliegt, Abdrücke der Schmelzprismen zeigt, jedoch nirgends, wie Huxley meint, Kerne erkennen lässt.

Lent stellt nach seinen Beobachtungen eine Wahrscheinlichkeitstheorie auf, wonach die Schmelzzellen eine secretorische Thätigkeit ausüben, und ihr Secret durch die Membr. praeformativa hindurchgeht, dann fest wird und Kalksalze aufnimmt; dabei müsste jedoch das Secret einer jeden Schmelzzelle eine gewisse Selbständigkeit haben, um nicht mit den Ausscheidungen benachbarter Zellen zu verschmelzen. Nach ihm wird auch die Membrana praeformativa späterhin zu dem sogenannten Schmelzoberhäutchen und das netzförmige Bindegewebe erhält die Bedeutung einer Matrix, durch welche die Schmelzzellen ernährt werden. Ist der Schmelz fertig, so hat sich auch jenes Gewebe zurückgebildet.

Dieser Ansicht seines Schülers schliesst sich denn auch trotz seines früheren Ausspruches Kölliker \*) an und lässt den Schmelz nach Art der Cuticularbildungen aus den Schmelzzellen entstehen.

Nach den Beobachtungen von John Tomes \*\*) ist das von Huxley entdeckte Häutchen ein Kunsterzeugniss und nichts als die äussere Lage des in Bildung begriffenen Schmelzes. Bei der Trennung der Säulen der Schmelzmembran, d. h. der Schmelzzellen von den theilweise verkalkten Fasern, liefen die Enden der ersteren in zarte Fortsätze aus, die aus dem Innern der letzteren hervorgezogen waren und demnach die Huxley'sche Membran, die der Annahme nach zwischen den beiden Geweben liegen soll, durchdrungen haben müssten. Jede Säule der Schmelzmembran besteht nach Tomes aus einer zarten Membran, in welcher ein oder mehrere Kerne und zwischen diesen transparente granuläre Massen liegen; sie betheiligen sich direct bei der Entwicklung der Schmelzfaser, indem das innere Ende der Säule verkalkt und zwar nicht durch die ganze Dicke, sondern die äussere Fläche oder die Hülle nimmt die Kalksalze zuerst auf und gleichzeitig verbinden sich die Säulen seitlich. An dieser Stelle, am äusseren Rande der Kalkablagerung, trennen sich die Säulen leicht von den Fasern und lassen dann eine Fläche zurück, welche, wenn man gerade auf sie sieht, das Aussehen einer Membran hat, deren netzförmiger Cha-

\*) Handbuch der Gewebelehre. 4. Aufl. Leipzig 1863. S. 417.

\*\*) Ein System der Zahnheilkunde. Aus d. Engl. von Ad. zur Nedden. Leipzig 1861.

rakter von dem Herausziehen des centralen Theiles der verkalkten Säule herrührt; diese centrale Portion ist der oben erwähnte Fortsatz der losgelösten Säule. Vor der Verkalkung scheinen die Kerne der Säulen in granuläre Massen zu zerfallen oder von diesen verdeckt zu werden.

Nach genauer Prüfung aller dieser Beobachtungen kann ich mich nur für eine directe Umwandlung der Schmelzzellen in die Schmelzprismen entscheiden.

Gegen die von Lent und Kölliker aufgestellte Theorie von der secretorischen Thätigkeit der Schmelzzellen spricht die annähernde Gleichheit in der Breite der Schmelzzellen und Schmelzprismen; es müsste hiernach allerdings das Product einer jeden Zelle eine gewisse Selbständigkeit haben, um ein Zusammenfließen der verschiedenen Ausscheidungsproducte zu vermeiden. Mir ist, offen gestanden, nicht ganz klar, wie die vorgenannten Beobachter sich die Ausscheidungen denken. Nach der von Kölliker (Handbuch der Gewebelehre, 4. Aufl. S. 228) gegebenen Zeichnung findet sich in A bei d nur eine Reihe cylindrischer Zellen, von denen dann die Ausscheidung nothgedrungen abgeleitet werden muss und zwar, wie Kölliker glaubt, nach Art der Cuticularbildungen. Mögen manche dieser Zellenausscheidungen auch ihre Berechtigung haben, so glaube ich doch, dass Vieles, was von Kölliker im Laufe der Zeit in seinen verschiedenen Arbeiten auf Kosten einer Zellenausscheidung gesetzt ist, anders gedeutet zu werden verdient. Ich habe schon früher und neuerdings wieder bei meinen Untersuchungen über die Zähne diese Frage vielfach in Erwägung gezogen und bin dabei zu der Ueberzeugung gelangt, dass es sich hier theils um eine Umwandlung eines Theils des Zellenprotoplasmas handelt, wie bei dem Cylinderepithel des Darmes, theils um eine Umwandlung ganzer Zellenreihen, wofür ich namentlich die *Membranae propriae* der Drüsen anführen möchte. Für jetzt mag diese Andeutung genügen; ich werde in einer späteren Arbeit Gelegenheit nehmen, diesen Punkt näher zu erörtern. Lassen sich diese mehr hautartigen Gebilde schon auf eine directe Umwandlung von Zellen zurückführen, so gilt es mehr noch für den Schmelz der Zähne. Hat es nicht von vorn herein sehr viel Unwahrscheinliches, dass von einer einzigen Reihe Cylinderzellen eine so dicke Schmelzdecke, die aus verhältnissmässig langen Schmelzprismen mit ihren viel-

fachen Windungen und Kreuzungen besteht, auf dem Wege der einfachen Ausscheidung gebildet wird? denn von einem etwaigen Nachschub der in Rede stehenden Cylinderzellen durch neugebildete aus der Schmelzpulpe wird von den genannten Forschern meines Wissens nichts erwähnt. — Bei dieser Production soll ferner jede Zelle ihre eigene Faser bilden, denn anders kann ich den Ausspruch von Lent, „dass das Secret einer jeden Zelle eine Selbständigkeit haben müsse“, nicht verstehen. Diess ist meines Erachtens das, was die Lent'sche Wahrscheinlichkeitstheorie doch in einem nicht geringen Grade unwahrscheinlich macht.

Was ferner die Frage über die Existenz der *Membrana praeformativa* betrifft, so habe ich eine solche zwischen Schmelzzellen und Schmelzprismen niemals nachweisen können. Es ist allerdings nicht in Abrede zu stellen, dass an jungem, in der Entwicklung begriffenen Schmelz der Uebergang der Schmelzzellen in die Schmelzprismen scheinbar kein directer ist; man sieht nämlich sehr oft an Chromsäurepräparaten, die ich zur Beobachtung am geeignetsten fand, zwischen beiden eine mehr homogene, eine Membran möglicherweise vortäuschende helle schmale Zone (Fig. 5), die ich auch bisweilen deutlich beim Isoliren der einzelnen Schmelzzellen im Zusammenhange mit dem entsprechenden Schmelzprisma nachweisen konnte. Diese helle Zone, die die Schmelzzelle von dem Prisma zu trennen scheint, glaube ich als einen chemisch differenten Theil der Schmelzzelle von dem übrigen stark körnigen Inhalt derselben auffassen zu müssen, als eine Vorbereitungsstufe des dem ausgebildeten Schmelz zunächst gelegenen Theils des Zellenprotoplasmas für den späteren Verkreidungsprozess. Diese Vorbereitung und die später nachfolgende Verkreidung geht schuppweise vor sich und hieraus erklären sich, meines Dafürhaltens, auch die oben erwähnten Querstreifungen an den Schmelzprismen, zumal die Breite jener structurlosen membranartigen Schicht etwa dem Zwischenraum zwischen den nachherigen Querstreifen entspricht. Der für den Verkreidungsprozess metamorphosirte Theil des Zellenprotoplasmas ist, wie mir die Einwirkung verschiedener Reagentien zeigte, weniger widerstandsfähig gegen dieselben, wie die Zellen selbst. Doch ist auch hieran die seitliche Begrenzungsmembran deutlich bemerkbar, so dass jedes Stück dem benachbarten gegenüber seine Selbständigkeit bewahrt. Hieraus erklärt sich auch, was schon Schwann



bemerkte, der sehr lockere Zusammenhang zwischen Schmelzzellen und Schmelzprismen, d. h. nach meiner Auffassung zwischen dem verirdeten und nicht verirdeten Theil der Zelle, indem, wenn beide sich von einander trennen, an dieser Stelle die Trennung am leichtesten zu Stande kommen mag. Nach den Beobachtungen von Tomes und Waldeyer liegen die Schmelzzellen den Schmelzprismen direct an, ohne dass zwischen beiden ein fremder Bestandtheil zu entdecken ist. Ich glaube nicht, dass diese Beobachter meine Darstellung missdeuten werden, da ja auch ich einen directen Uebergang beider Theile annehme; nur konnte ich nicht umhin, auf jene helle Schicht aufmerksam zu machen, die von ihnen nicht erwähnt wurde. Durch meine Schilderung der Verhältnisse wird hoffentlich die Lehre vom Vorhandensein einer *Membrana praeformativa* keine neue Stütze erhalten. Das verschieden tiefe Herabgreifen dieser präformirten Schicht in die einzelnen neben einander liegenden Zellen, der hierdurch bedingte fehlende Zusammenhang dieser Schichten, ferner die Selbständigkeit und scharfe seitliche Begrenzung derselben an isolirten Schmelzzellen, ohne dass sich dabei in der homogenen Lage seitliche Anhänge zeigen, die doch, falls es sich hier um eine wirkliche zusammenhängende *Membr. praeform.* handle, beim Zerzupfen sehr leicht entstehen würden, — diess Alles spricht gegen die Annahme einer solchen.

Was ferner die Abhebung der *Membrana praeformativa* nach der von Huxley und Lent angegebenen Weise durch verdünnte Säuren anbetrifft, so kann ich mich nach meinen Erfahrungen nur im Sinne Tomes und Waldeyer's aussprechen und diese als ein Kunstprodukt, als die noch am wenigsten verirdete Lage des Schmelzes bezeichnen. Ueberhaupt glaube ich, dass je älter die Schmelzsubstanz, desto geringer ihr Gehalt an organischen Bestandtheilen ist, wenn die durch verdünnte Säuren an jüngeren und älteren Zähnen erhaltenen Resultate bezüglich der Deutlichkeit der abgehobenen Schichten einen Schluss darauf hin gestatten können.

Die Verirdung der Schmelzzellen geht nun in der Weise vor sich, wie sie von Tomes (a. a. O. S. 251) beschrieben wird und wie Waldeyer (a. a. O. S. 48) beistimmt, indem dieselben nicht durch ihre ganze Dicke gleichzeitig die Kalksalze aufnehmen,

sondern zuerst in der Peripherie. Zuweilen bleibt das Centrum noch weich, was namentlich an Querschnitten junger in der Verirdung begriffener Schmelzprismen sehr deutlich zu überblicken ist und wovon ich Fig. 6 eine Zeichnung gegeben habe. In derselben erkennt man eine ziemlich homogene Grundsubstanz auf dem Querschnitt, in der sich scheinbare Lücken (g) markiren, die jedoch nichts Anderes sind, als die weichen noch nicht verirdeten Partien im Centrum der Schmelzfasern. Bei a befindet sich die jüngste Schicht des Schmelzes, wo die scheinbaren Lücken noch weit sind; je mehr man sich jedoch dem Zahnbein nähert, desto älter der Schmelz und um so kleiner auch die noch nicht verirdeten centralen Partien bei b, die unmittelbar an die Endverzweigungen der bisher sogenannten Zahnröhren grenzen.

Hiernach lassen sich auch die an den Schmelzprismen zuweilen beobachteten mehr weniger langen Fortsätze erklären, die von Waldeyer als Tomes'sche Fortsätze bezeichnet werden. Beide (Tomes a. a. O. Fig. 121, Waldeyer a. a. O. Fig. 10) geben davon ziemlich getreue Abbildungen und Erläuterungen. Auch Hannover (a. a. O. S. 830) führt diese Fortsätze an, indem er sagt, dass schon in der ersten Zeit, wenn die Emailzellen sich in Reihen ordnen, diese eine Neigung zeigen, sich an dem einen Ende zuzuspitzen. Diese Neigung werde während des Wachstums der Zelle stärker, höre jedoch mit der eintretenden Verkalkung auf (Fig. 20). Bald stelle dieser Fortsatz nur eine kurze Spitze dar, bald einen feinen langen Faden. Der Faden ist nach Hannover gerade oder wellenförmig, nach aussen immer feiner, und erscheint gewöhnlich als unmittelbare Fortsetzung der Zelle, ohne mit einem besonderen Inhalt versehen zu sein. Oft dagegen ist der Faden durch einen deutlichen Absatz von der Zelle getrennt und geht mehr seitlich vom Rande ab. — Hannover hält es für unwahrscheinlich, dass diese Fortsätze losgerissene und nicht verzahnte Dentinröhren sind. Wer die Beschreibung Hannover's liest, wird mir gewiss beistimmen in der Auffassung, dass es sich hier in der That um den noch nicht verirdeten centralen Theil einer Schmelzzelle handelt. Bei sorgfältiger Betrachtung sah ich, dass diese Fortsätze weniger körnig und mehr homogen erschienen, als die eigentlichen Schmelzzellen. Auch sie sind nach meiner früher angegebenen Auffassung bereits für die

Verkalkung präformirte Protoplasamassen, die auch schon mikroskopisch ein von dem alten Zellenkörper verschiedenes Aussehen darbieten.

Nachdem ich im Obigen meine Ansicht über die Bildung des Schmelzes aus den Schmelzzellen auseinandergesetzt habe, bleibt mir jetzt noch übrig, einiges über die Regeneration der zum Schmelz umgewandelten Zellen mitzuthellen. Ich muss nach meinen Untersuchungen im Allgemeinen dem sogenannten Stratum intermedium mit Waldeyer die Bedeutung einer eigentlichen Wucherungsschicht beilegen, sie ist „die Matrix des Schmelzorgans für die Schmelzzellen.“ Die Auffassung von Hannover über diesen Abschnitt des Schmelzes will ich hier übergehen und bei einer späteren Gelegenheit näher ins Auge fassen.

Nach Waldeyer (a. a. O. S. 56) geschieht die Umbildung der anfangs rundlichen aus einem weichen Protoplasma mit ziemlich grossen Kernen bestehenden Zellen im centralen Theil des Schmelzorgans in die von mir bereits erwähnten sternförmigen mit Fortsätzen versehenen Zellen mehr in passiver Weise, indem die Ansammlung der schleimig-albuminösen Intercellularflüssigkeit das primäre ist, wodurch die Zellen auseinander gedrängt werden. Da ihnen eine eigene Membran fehlt, so sollen sie nothwendigerweise überall durch lamellöse spitzige und zackige Fortsätze mit einander in Connex bleiben. Nach dieser Umbildung haben die Zellen ihren Entwicklungsgang erfüllt. Das Gewebe kann späterhin nur erhaltend nicht aber vermehrend thätig sein, da sich überhaupt auch keine Zeichen der Vermehrung vorfinden; es soll später schwinden, ohne dass etwas weiteres daraus geworden wäre. Nach Kölliker (Handb. der Gewebelehre 4. Aufl. S. 413) geht das Wachsthum dieses Gallertgewebes von den cylindrischen Randzellen aus, indem diese die rundlichen Zellen (das Stratum intermedium) erzeugen, die ihrerseits sich dann in die Zellen des Gallertgewebes umwandeln. Waldeyer sagt dagegen „so lange die Masse des Schmelzorgans sich noch vermehrt, geht dieser Prozess immer von dem Stratum intermedium aus, welches nach beiden Seiten (d. h. nach den Cylinderzellen und dem Pulpagewebe) von dem in ihm neugebildeten Material abgibt. Sobald alles Pulpagewebe gebildet ist, wendet sich die ganze Thätigkeit des Stratum intermedium den Schmelzzellen zu.“

Ich muss nach meinen Beobachtungen die Umwandlung der runden Pulpezellen in die sternförmigen, Waldeyer gegenüber, als einen mehr activen Process auffassen, der sich zuerst in einem beschränkten Bezirk des Pulpagewebes, mehr im Centrum zeigt, indem die weichen rundlichen Zellen nach den Seiten hin Ausläufer treiben, hierdurch mit einander in Verbindung treten und zwischen sich eine schleimig-albuminöse Intercellularsubstanz produciren. Die so umgewandelten Zellen gehen vorläufig keine weiteren Formveränderungen ein; die diesen zunächst gelegenen mehr peripherischen Zellen wuchern stärker und gleichzeitig sieht man auch sie in derselben Weise sich in sternförmige Gebilde umwandeln und zur Production der erwähnten Intercellularsubstanz fähig werden. So schreitet die Umbildung vom Centrum zur Peripherie weiter fort, bis alle Pulpezellen bis zur äusseren rundzelligen Epitheliumschicht in diese eingegangen sind; nur neben der inneren aus Cylinderzellen bestehenden Epitheliumlage bleibt eine aus dicht neben einander liegenden, rundlichen, stark körnigen Zellen bestehende Schicht übrig, das sogenannte Stratum intermedium, in welcher die Zellen in reger Wucherung begriffen sind. Läge der Grund für die sternförmige Umbildung der Zellen nach der Waldeyer'schen Annahme in der primären Flüssigkeitsansammlung zwischen den Pulpezellen, so müsste letztere doch gewiss in allen Abschnitten des Pulpagewebes ziemlich gleichzeitig vor sich gehen, da von der aus den Blutgefässen des sogenannten Zahnsäckchens stammenden Flüssigkeit alle Theile der Schmelzpulpe ziemlich gleichzeitig infiltrirt werden. Ich habe Objecte erhalten, die mich zu der oben angeführten Auffassung von der successiven Umwandlung der Pulpezellen vom Centrum zur Peripherie und demnach zur secundären Ausscheidung von Intercellularsubstanz berechtigten. In der scheinbar ausgebildeten, bereits aus sternförmigen Zellen bestehenden Schmelzpulpe fand ich ferner in der dem Stratum intermedium zunächst gelegenen Schicht unzweifelhafte Zeichen von Zellenwucherung in diesen Zellen; nämlich Zellen mit zwei ziemlich grossen Kernen (Fig. 7, b), ja zuweilen grössere Mutterzellen, in denen sich bereits um die getheilten Kerne deutlich begrenzte Protoplasmahaufen gelagert hatten (Fig. 7, a). Dieses Verhalten fand ich von dem Zeitpunkt an, wo sich eben erst eine dünne Schmelzschicht an das Zahnbein angelegt hatte,

bis zu dem Zeitpunkt, wo der Schmelz bereits eine mässige Dicke erlangt hatte und auch dann, wann die Schmelzbildung ihrer Vollendung nahe zu sein schien. In dem letzteren Falle war die Schmelzpulpe verhältnissmässig schmal und die unzweifelhaften Zellenneubildungsvorgänge erstreckten sich bis fast resp. bis ganz zum äusseren Epithel.

Nach diesen Beobachtungen muss ich mich gegen Waldeyer über die Bildung und Function des Pulpagewebes aussprechen. Mit der Bildung der sternförmigen Zellen ist der Entwicklungsgang derselben nur zur Zeit gehemmt, indem das Gewebe in dieser Gestalt allerdings die Rolle einer Stütz- und Ernährungssubstanz, wenigstens in seinen äussersten, dem äusseren Epithel zunächst gelegenen Schichten für die zu bildenden Schmelzzellen und Schmelzprismen spielt, um später ebenfalls durch Neubildung zelliger Elemente zur directen Schmelzbildung beizutragen. Die Vergrösserung der Schmelzpulpe geschieht gewiss nicht so sehr durch eine Umwandlung der Zellen im Stratum intermedium als vielmehr durch die Neubildung ihrer eigenen Zellen, sie ist daher nicht nur, wie Waldeyer glaubt, erhaltend, sondern nach meinem Dafürhalten auch vermehrend thätig. Ich habe bereits angeführt, dass die Kerntheilungen vornehmlich in der dem Stratum intermedium zunächst gelegenen Schicht am ausgesprochensten sind. Diess scheint mir nicht dafür zu sprechen, dass die Zellen des Stratum intermedium sich in die sternförmigen Zellen umwandeln, sondern vielmehr dafür, dass die letzteren das Material liefern zum Wiederersatz des Stratum intermedium, welches zur Umwandlung in Schmelzzellen verwendet ist. Auf diese Weise wird die ganze Pulpaschicht mit der weiter fortschreitenden Schmelzbildung schichtweise zum Stratum intermedium, so dass mit dem Verbrauch der Pulpe die Schmelzbildung vollendet ist.

Ich kann desshalb Waldeyer nicht beistimmen, wenn er (a. a. O. S. 56) sagt: „wir sehen später das ganze zierliche Gewebe der Schmelzpulpe schwinden, ohne dass etwas Weiteres daraus geworden ist“ und (S. 60) „je weiter nun die Entwicklung des Schmelzes fortschreitet, desto mehr schrumpft das Pulpagewebe ein, indem es dem aufwärts rückenden Schmelz Platz macht.“ — Ich habe weder ein Schwinden noch ein Schrumpfen des Pulpagewebes gesehen und auch Waldeyer gibt darüber keine weite-

ren Erklärungen. Nachdem die Schmelzbildung durch die Umwandlung der letzten zelligen Gebilde des Stratum intermedium in Cylinderzellen und weiter in eine entsprechende Anzahl von Schmelzprismen beendet ist, werden nach meinem Dafürhalten die Zellen des äusseren Epitheliums und zwar nur diese allein, ohne Betheiligung des inneren Epitheliums und eines Restes des Stratum intermedium, wie Waldeyer meint, zum Nasmyth'schen Schmelzoberhäutchen. Ich kann allerdings hierfür bei den Zähnen keine directen Beweise anführen, glaube aber durch Beobachtungen analoger Verhältnisse an anderen Organen zu diesem Schluss berechtigt zu sein.

Bei der Umwandlung der rundlichen Zellen des Stratum intermedium in die Cylinderzellen verlängern sich jene, nehmen dabei an Umfang zu und lagern sich mit einer gewissen Regelmässigkeit an einander. Bald werden die seitlichen Contouren der Zellen deutlich, es bildet sich hier die Zellenmembran durch Verdichtung der peripherischen Protoplasmaschicht. Sowie die eine Zellenreihe in der oben angegebenen Weise zu verirden beginnt, baut sich hinter ihr eine neue auf, die sich entweder unmittelbar an die vorige anschliesst und zwar in der Weise, dass jede neue Zelle hierbei sich an eine alte Zelle anlegt, gleichsam mit ihr verschmilzt und so die mehr weniger langen Schmelzprismen entstehen, oder in der Weise, dass sich die neu entstandenen Cylinderzellen in etwas wechselnder Richtung anordnen, sich zwischen die früheren Lagen bündelweise einschieben, wodurch sich nur die mannigfachen Kreuzungen der Schmelzprismen erklären lassen, die uns von Hannover (a. a. O. S. 905) in so ausführlicher Weise geschildert werden.

Zuweilen fand ich kleine Zellenrudimente, die nach ihrer Lage der Cylinderzellenlage angehörten, mit einem kleinen, zackigen Kern, ferner ziemlich lange Cylinderzellen mit zwei Kernen, von denen der eine, namentlich der dem Dentin zunächst gelegene kleiner, als der andere war. Zwischen beiden zeigte sich oft eine seichte Einschnürung der Zelle. Die letzteren Gebilde möchte ich wegen ihrer bedeutenden Länge, ferner wegen der leichten Einschnürung nicht für einfache Zellen mit zwei Kernen erklären, die etwa in der Theilung begriffen sind, vielmehr für den von der Verirdung noch nicht betroffenen kernhaltigen Zellenrest, der mit

einer nachfolgenden Cylinderzelle bereits verschmolzen ist. Da der Kern in dem ersteren Rudiment meist kleiner war, als in der vollständigen Zelle selbst, so möchte ich daraus schliessen, dass, — nachdem die Zelle aufgehört hat, sich zu vermehren, womit ja der Zellkern in nächster Beziehung steht, — der letztere bei der Umwandlung der Zelle in einen Cylinder, ferner bei der Aufnahme der Kalksalze allmählich zu atrophiren anfängt, da ihm für diese Umwandlung der Zelle keine Thätigkeit mehr zukommt, sondern diess durch eine selbständige Function des Zellenprotoplasmas geschieht. Dass die Kerne vor der beendeten Verirdung der Zelle verschwinden, muss ich daraus schliessen, weil es mir niemals gelang, selbst in den jüngsten Schmelzprismen nach Ausziehen der Kalksalze, noch die Kerne nachzuweisen.

### III. Das Zahnbein.

Das Zahnbein besteht aus einer Grundsubstanz und aus vielen parallel diese durchsetzenden Röhren, den Zahnröhrchen oder Zahnkanälchen. Ueber die Beschaffenheit der Grundsubstanz oder Intertubularsubstanz sind die Ansichten getheilt, indem einige Beobachter (Malpighi, Cuvier, Schwann, Henle) derselben einen faserigen Bau beilegen, wogegen andere, wie Kölliker, Hannover u. s. w. diese als structurlos bezeichnen. Am meisten der Wahrheit getreu halte ich die Beschreibung, die Henle \*) davon gibt, indem er sagt: „Auf Longitudinalschnitten ist leicht zu erkennen, dass der ganze Zahnknorpel aus Fasern besteht, welche in derselben Richtung gehen, wie die Zahnkanälchen, so dass jedes Kanälchen zwischen zwei Fasern verläuft.“ Diese sogenannten Henle'schen Fasern zeigen beim entkalkten Zahnbein bei genauer Betrachtung eine zarte Längsstreifung, parallel dem Verlauf der Zahnkanälchen, die durch die verschiedenen quer und schräg verlaufenden Aeste und Anastomosen der Zahnkanälchen vielfach unterbrochen werden. Aehnlich ist auch gewiss die Ansicht Henle's aufzufassen, der die durch Maceration in Wasser darstellbaren Fasern als ein Bündel mikroskopischer Fasern anspricht. Was Schwann \*\*) darüber sagt, vergli-

\*) Allgemeine Anatomie. Leipzig 1841. S. 856.

\*\*) Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und dem Wachsthum der Thiere und Pflanzen. Berlin 1839. S. 124.

chen mit seiner Tafel III. Fig. 5, ist mir nicht ganz klar, wenigstens war ich nicht im Stande Fasern, wie die dort abgebildeten, in der Grundsubstanz darzustellen. Vielmehr haben die von Schwann gegebenen Zeichnungen die grösste Aehnlichkeit mit den zuerst von Köl liker \*) durch Maceration mit Mineralsäuren dargestellten „Zahn röhren“, zumal wir aus neueren Beobachtungen wissen, dass durch Maceration in Schwefel-, Salpeter- oder Salzsäure die Grundsubstanz zerstört und die Röhren erhalten bleiben. Etwas, was weiterhin für meine Ansicht spricht, ist der Ausspruch Schwann's: „die Fasern laufen an Menschenzähnen in derselben Richtung wie die Kanälchen. Zwischen ihnen konnte ich die Kanälchen nicht mehr sehen.“ Hiernach scheint Schwann die eigentliche faserige Grundsubstanz gar nicht gesehen zu haben.

Der Verlauf der Zahnkanälchen ist hinlänglich beschrieben und will ich deshalb nur noch einiges über die Endigungen derselben anführen. Sowohl die Seitenäste, als auch die letzten Ausläufer der Zahnkanälchen enden als ganz feine Fäden entweder blind oder die Aeste communiciren mit einander. Ferner gehen die letzten Endigungen zum Theil in die Tomes'sche Granular layer über, jedoch niemals finden sich wirkliche Schlingenbildungen, wie sie von so vielen Seiten beschrieben sind, oder ein Uebergehen der Röhrrchen auf oder zwischen die Schmelzfasern. Zweifelhaft ist mir noch die Vereinigung derselben mit Ausläufern der Knochenzellen des Cements.

Viel Noth machte von jeher den Mikroskopikern die Beschaffenheit der Zahn röhrrchen. Einige halten dieselben für blosse Lücken in der Grundsubstanz, die von Kalkkörnchen (J. Müller, Retzius, Henle) oder einer flüssigen Masse (Gerber u. s. w.) erfüllt sind; andere glauben, dass diese Röhrrchen wirklich isolirbare Wandungen haben, flüssigen Inhalt führen oder, und hierzu gehören nach den Entdeckungen von Tomes alle neueren Beobachter, dass sie zarte weiche Fasern in sich schliessen, die an der Pulpe beginnen und bis zu den letzten feinen Endigungen der Zahn röhrrchen sich erstrecken.

Die von Fränkel und Retzius an Querschnitten, je nach der Einstellung des Objectes, beobachteten hellen oder dunklen

\*) Mikroskopische Anatomie. Leipzig 1852. II. 2. S. 61.



Ringe in der Umgebung der Zahnkanälchen an nicht entkalkten Zahnbeinschliffen sind — damit erklären sich wohl alle einverstandenen — nichts anders, als optische Täuschungen, die von dem starken Lichtbrechungsvermögen des Zahnbeins an den scharf abgeschnittenen Rändern herrühren. Joh. Müller \*) war der erste, der auf mechanischem Wege eine Isolirung der Zahnbeinröhrchen zu Stande brachte. Er sagt darüber: „Beim Zerbrechen feiner Zahndurchschnitte in senkrechter Richtung auf die Fasern sah ich diese (d. h. die Röhren) öfter am Rande steif eine kleine Strecke aus der Zahnschubstanz hervorstehen. Sie stehen in diesem Fall ganz gerade und nicht gebogen und scheinen überhaupt nicht biegsam zu sein. Wenn dagegen die Kalkerde durch Säuren aus den feinen Zahnplättchen ausgezogen ist und die übrigbleibenden Knorpelplättchen gegen die Fasern gerissen werden, so erscheinen die Fasern am Rande des Risses ganz biegsam und durchsichtig, oft sehr lang hervor.“ „Hieraus geht hervor, dass die Röhrchen eine thierische Grundlage, Membran, haben und dass diese im festen Zahn steif und zerbrechlich, von Kalksalzen wahrscheinlich durchdrungen, im Zahn, der seine Kalkerde verloren hat, aber weich ist.“

Durch Maceration des Zahnbeins mittelst Mineralsäuren und kaustischen Alkalien bis zum breiigen Zerfließen desselben, suchte darauf Kölliker \*\*), wie bereits bemerkt, die Grundsubstanz zu zerstören und die Zahnröhrchen auf diese Weise zu isoliren. Er erhielt faserige Gebilde ohne eine Spur von Höhlung, was namentlich von den feineren in der Nähe des Cements oder Schmelzes galt, bald mit zahlreichen oder spärlichen rundlichen oder länglichen dunklen Körnchen wie Fetttröpfchen, bald endlich entschieden mit einer Höhle und dicken gelben Wandungen, so in den inneren der Zahnhöhle zunächst gelegenen weiten Abschnitten der Röhrchen, woraus er den Schluss zog, dass die Substanz, welche die Zahnröhrchen direct umgibt, dichter und resistenter sei, als das Uebrige und daher mit Recht als Wand derselben betrachtet werden könne.

Lent \*\*\*) sucht durch Beobachtungen des Entwicklungsganges der Zähne die obige Ansicht von den eigenen Wandungen der

\*) Archiv für Anatomie, Physiologie etc. 1836. p. III.

\*\*) Mikroskopische Anatomie. Leipzig 1852. II. 2. S. 61.

\*\*\*) Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. VI. S. 128.

Zahnröhrchen zu erhärten. Er war der erste, der den Nachweis führte, dass die cylindrischen Zellen der Zahnpulpe als wirkliche Elfenbeinzellen mit ihren Fortsätzen die Zahnröhrchen bilden und dass die Wand der Zellen resp. der Fortsätze die Wand der Zahnkanälchen abgeben.

Nach diesen Untersuchungen glaubte man mit der Structur des Zahnbeins abschliessen zu können, da auch die von J. Müller, Retzius und Henle aufgestellte Ansicht, dass die Zahnröhrchen im Innern mit Kalksalzen erfüllt seien, längst verlassen war und man seit den Entdeckungen von Gerber allgemein in denselben während des Lebens einen flüssigen Inhalt angenommen hatte.

Durch die Beobachtungen von Tomes \*) wurde man von Neuem schwankend, denn dieser fand als Inhalt jedes Zahnröhrchens eine weiche Faser, „die Dentinfibrille“, die von der Pulpe aus in die Röhrchen eingetreten, allen Verzweigungen der letzteren folgt und ein mit dem Empfindungsvermögen des Dentins im Zusammenhang stehendes nervöses Gebilde darstellen sollte. Tomes lässt es zweifelhaft, ob jene Fasern röhrenförmig oder solide sind, doch scheint ihm die Höhlung doch mehr auf einem optischen Effekt zu beruhen. Oft findet er jedoch an dem abgerissenen Ende ein kleines Kugelchen von einer transparenten aber dicken Flüssigkeit und glaubt desshalb, dass die Fibrillen aus einer mit einer halbflüssigen Materie gefüllten Hülle bestehen, ähnlich, wie die weissen Nervenfibrillen. Die Präparate wurden nach der von J. Müller bereits angegebenen Methode gewonnen, indem er Schnitte zur Entkalkung in verdünnte Chlorwasserstoffsäure legte und alsdann in einer Richtung quer über den Röhren zerriss, wobei viele Fibrillen über die zerrissenen Enden hervorragend gefunden wurden.

Beale \*\*) und ebenso auch später Kölliker \*\*\*) erkennen

\*) On the Presence of fibrils of soft tissue in the dentinal Tubes. Philosoph. Transactions Vol. 146 und Ein System der Zahnheilkunde, übersetzt von A. d. zur Nedden. Leipzig 1861. S. 262.

\*\*) Die Structur der einfachen Gewebe, übersetzt und herausgegeben von Carus. Leipzig 1862. S. 139.

\*\*\*) Handbuch der Gewebelehre. 4. Aufl. Leipzig 1863. S. 396 und Neue Untersuchungen über die Entwicklung des Bindegewebes. Würzburg. naturwissenschaftliche Zeitschrift. Bd. II. S. 165.

die Richtigkeit der Tomes'schen Untersuchungen an. Ersterer bezeichnet den Inhalt der Zahnröhrchen als solides Weichgebilde, dessen centraler Theil im Zustande activer Vitalität sich befindet. Nach ihm sind diese Weichgebilde die soliden Fortsätze der an der Oberfläche der Pulpe befindlichen ovalen Zellen, die Wandungen der Röhrchen mit der Substanz zwischen den Röhrchen entsprechen der Membran einer gewöhnlichen Zelle oder dieser und der Intercellularsubstanz (der Beale'schen „geformten Substanz“), der Inhalt der Röhren dem granulirten Zelleninhalt mit den Kernen (der Beale'schen „Keimsubstanz“).

Nach Kölliker's neuesten Beobachtungen besitzen die Zahnröhrchen keine eigenen Wandungen, sondern sie sind nichts anderes, als in der Grundsubstanz ausgegrabene Lücken, die im Leben einen hellen, weichen Inhalt, die Tomes'schen Zahnfasern enthalten, dieselben Gebilde, die früher von ihm isolirt und damals als Zahnröhrchen bezeichnet wurden.

Neumann \*) stellt sich die Frage, ob die von J. Müller und später von Kölliker isolirten Zahnröhrchen wirklich noch als solche anzusehen und nicht etwa mit den von Tomes beschriebenen, in den Zahnröhrchen enthaltenen Fibrillen zu identificiren sind. Zur Lösung dieser Frage suchte er vor der Isolirung durch Säuren Bedingungen herbeizuführen, um die im Innern der Zahnröhrchen vorhandenen Weichgebilde zu zerstören, so dass nur die verkalkte Zahnbeinsubstanz zurückbleiben musste. Er benutzte hierzu vorzugsweise die faulige Maceration der Zähne und ausserdem das Kochen derselben in kaustischer Alkalilauge oder concentrirten Mineralsäuren; ferner wurden Zähne von alten menschlichen Skeletten untersucht. Die Maceration geschah in der Weise, dass Neumann frische Zähne monatelang mit Wasser übergossen und in Verbindung mit anderen faulenden Substanzen im geheizten Zimmer hinter dem Ofen stehen liess.

Hiernach gelangte er zu dem Schluss, dass

1) die Zahnröhrchen eigene, isolirbare, mit der Zwischensubstanz des Zahnbeins gemeinsam verkalkte Wandungen besitzen, welche nicht als die mit der Grundsubstanz verschmolzenen, ver-

\*) Beitrag zur Kenntniss des normalen Zahnbein- und Knochengewebes. Leipzig 1863.

kalkten Membranen der in ihnen enthaltenen Zellenfortsätze, sondern als verdichtete Theile der verkalkten Grundsubstanz selbst, als Analoga der Kapselbildungen (sogenannte Zahnscheiden) aufzufassen seien.

2) dass die Zahnröhrchen faserartige unverkalkte Fortsätze (Zahnfasern) der peripherischen Pulpazellen enthalten.

Eine andere Frage, die ebenfalls Veranlassung zu mannigfacher Discussion gegeben hat, ist die nach der Bildung des Elfenbeins, jedoch haben sich hierbei im Allgemeinen zwei Hauptansichten geltend gemacht, von denen die eine dahin geht, das Zahnbein aus einer directen Umbildung und Verkalkung der Zahnpulpe abzuleiten, wogegen die andere dasselbe aus einem Secret der Pulpe hervorgehen lässt.

So entsteht nach Raschkow\*) die Zahnschubstanz von aus der Pulpe gebildeten Fasern, die sich schichtweise um dieselbe anlagern und in der Weise mit einander verwachsen, dass dazwischen Lücken bleiben, die die Zahnkanälchen darstellen.

Schwann bezeichnet (a. a. O. S. 124) die Zahnschubstanz als die verknöcherte Pulpe, indem die oberflächlichen cylindrischen Pulpazellen sich mit organischer Schubstanz füllen, solid werden und verknöchern. Nach Beobachtungen an Schweinszähnen, was Schwann jedoch an menschlichen Zähnen nicht bestätigen konnte, schienen sich ihm die cylindrischen Zellen der Zahnpulpe durch ihre Verlängerungen in die Zahnröhrchen fortzusetzen.

Auch nach Henle (a. a. O. S. 871) wandeln die cylindrischen Zellen sich in Fasern um und verknöchern; aus den Kernen werden die Kernfasern der Pulpe, die wahrscheinlich mit den Zahnkanälchen in Verbindung stehen.

Aehnlich auch Owen\*\*), bei dem zuerst die zwischen den Pulpazellen befindliche Intercellularsubstanz, darauf die Zellenwände verkalken, aus denen die Wandungen der aus den verlängerten Kernen entstandenen Zahnröhrchen hervorgehen sollen.

Aus Kölliker's \*\*\*) Beobachtungen ergibt sich, dass das Zahnbein aus den die Pulpe überziehenden cylindrischen Zellen ent-

\*) Meletemata circa dentium mammalium evolutionem. Vratislav. 1835.

\*\*) Odontography. Introduction. p. 44.

\*\*\*) Mikroskop. Anatomie. II. 2. S. 107.

steht, die mehr oder weniger sich verlängern, mit einander verschmelzen und ossificiren. Die Zahnröhrchen gehen entweder aus den Kernen dieser Zellen hervor oder sind, was ihm wahrscheinlicher erscheint, die Reste ihrer Zellenhöhlen, deren Begrenzungen sich mehr consolidiren und mithin Knochenhöhlen entsprechen.

Nach Hannover \*) bildet der Zellenkern das Lumen und den Inhalt der bleibenden Dentinröhre, deren Wände dagegen von der Zellenmembran und dem Zelleninhalt gebildet werden. Die Verzahnung oder Ablagerung der Kalksalze geschieht zuerst um das Lumen der Dentinröhren, später in ihren Wänden und der Inter-cellularsubstanz. Lent (a. a. O. S. 127) liess die Grundsubstanz direct aus der Zahnpulpe zwischen den Elfenbeinzellen und ihren Fortsätzen sich ablagern oder, was er für wahrscheinlicher hielt, aus einer Ausscheidung der Zellen und ihrer Fortsätze selbst hervorgehen. Der Lent'schen Ansicht schliesst sich auch neuerdings Köl liker im Wesentlichen an, nur erkennt er in den Fortsätzen der Pulpazellen nicht die isolirbaren Wandungen der Zahnkanälchen, sondern die sogenannten Zahnfasern, da die Zahnröhrchen ihm als Lücken in der entweder durch eine Ausscheidung der Elfenbeinzellen oder der Zahnpulpe gebildeten und verkalkten Grundsubstanz erscheinen.

Ziemlich abweichend von den bisherigen Ansichten behauptet Waldeyer \*\*), dass die Dentinbildung in einer Umwandlung eines Theils des Protoplasmas der Elfenbeinzellen in leimgebende Substanzen besteht mit nachfolgender Verkalkung der letzteren, wobei der andere Theil des Zellenprotoplasmas in Form weicher Fasern unverändert in der erhärteten Masse zurückbleibt. Die Neumannschen Zahnscheiden sind als elastische Begrenzungsschichten der Intertubularsubstanz gegen die Zahnfasern hin aufzufassen und als solche entwickeln sie sich nicht direct aus der Substanz der Zahnfasern (dem restirenden Zellenprotoplasma), sondern aus leimgebender Substanz, die gewissermaassen als nothwendiges Zwischenstadium entstehen muss.

\*) Verhandlungen der Kaiserlich Leopoldinisch-Carolinischen Academie der Naturforscher. Bd. XXV. Abth. 2. Breslau und Bonn 1856. S. 810.

\*\*) Handbuch der Gewebelehre des Menschen. Leipzig 1863. S. 419.

\*\*\*) Untersuchungen über die Entwicklung der Zähne. II. Abthlg. Zeitschr. f. rationelle Medicin. 3. R. Bd. XXIV. S. 169.

Hiermit sind wohl so ziemlich alle Möglichkeiten erschöpft und es handelt sich nur darum, welche von diesen die grösste Wahrscheinlichkeit für sich hat und der Wirklichkeit am nächsten steht.

Fassen wir zuerst die Frage ins Auge: liegen in der verkalkten Grundsubstanz Gebilde, die sich durch ihre chemische Beschaffenheit von dieser unterscheiden, auch isolirbar sind und schliessen letztere weichere Gebilde in sich ein, die gegen gewisse Reagentien (Mineralsäuren, Alkalien) eine geringere Widerstandsfähigkeit besitzen?

Die Untersuchungen von Neumann, die ich erprobt habe und bestätigen kann, haben gezeigt, dass sich, nach vorherigem Kochen mit Kali causticum, noch durch Mineralsäuren, wozu sich nach meinen Untersuchungen vor Allem eine concentrirte Lösung von Kali chloricum in gewöhnlicher Salpetersäure eignet, faserige Gebilde darstellen und isoliren lassen (Fig. 5), die Neumann für die verkalkten Wandungen der Zahnröhrchen hält und sie als Zahnscheiden bezeichnet. Es fragt sich jetzt nur, sind diese Gebilde als Fasern im Tomes'schen und Kölliker'schen Sinne aufzufassen oder stellen sie wirkliche Röhren dar? Ich muss gestehen, dass ich mich von der Röhrenform dieser Gebilde an menschlichen Zähnen, denn hierauf habe ich meine Untersuchungen zunächst nur beschränkt, nicht habe überzeugen können. Wenn Neumann sich (a. a. O. S. 10) auf den Ausspruch Kölliker's\*) beruft, so will diess nicht viel sagen, da letzterer seine frühere Ansicht von isolirten Röhren später wieder zurückgenommen und diese für Fasern im Tomes'schen Sinne erklärt hat\*\*). Auch der Eindruck, den ich nach Neumann's Versuchen (a. a. O. S. 11) an Quer- und Längsschnitten von extrahirtem Zahnknorpel bei Zusatz von 25procentiger Salpetersäure bekommen habe, ist für mich in keiner Weise für die Röhrenform überzeugend gewesen, da das Auftreten eines dunkel contourirten glänzenden Punktes oder Scheibe, nach Auflösen der Grundsubstanz durch die erwähnten Säuren, unmöglich hierfür einen Beweis liefern kann. Ich identificire diese Punkte und Scheibchen mit den von Tomes am abgerissenen

\*) Mikroskopische Anatomie. II. 2. S. 61.

\*\*) Untersuchungen über die Entwicklung des Bindegewebes. Würzburg. naturwissenschaftliche Zeitschrift. II. S. 165 und Gewebelehre. 4. Aufl. S. 396.

Ende gesehenen kleinen Kügelchen von einer transparenten, dicken Flüssigkeit, die auch ich noch weiter unten erwähnen werde und die ich für durch die Säuren verflüssigte, centrale, weichere Theile der Zahnfasern halte. An keinem der vielen von mir angefertigten Präparate ist es mir gelungen, ein wirkliches Lumen in diesen Fasern zu erkennen. Ich versuchte Imbibitionen der durch Säuren isolirten Fasern mit den verschiedensten färbenden Flüssigkeiten, aber weder auf dem Längsverlauf der Fasern, noch auf ihrem Querschnitt konnte ich eine stärkere Färbung im Centrum der sonst durch Carmin schwach imbibirten Fasern erkennen.

Gewiss sehr subtiler Beobachtungen bedarf es, um die von Neumann beschriebenen Halbrinnen, einfache Streifen, die einseitig dem Lumen der Kanälchen anliegen oder selbst Spiralwindungen um das Lumen der Kanälchen aufzufinden, die nach Neumann den Uebergang zu den Kanälchen ohne eigentliche Wände bilden, wo die Zahnkanälchen nur einfache Lücken in der Grundsubstanz darstellen. Ich habe nach jenen Eigenthümlichkeiten vergebens gesucht.

Nach dem Experiment von J. Müller (a. a. O. p. III) — was ich oft zu bestätigen Gelegenheit hatte — durch Zerbrechen finer nicht entkalkter Zahndurchschnitte oder nach Tomes (System S. 264) durch Anfertigung feiner Schnitte mit dem Messer kann man steife nur kleine Strecken aus der Zahnschubstanz hervorstehende Fasern oder Röhren darstellen, die, wie ich beobachtet habe, nach vorsichtigem Zusatz von Mineralsäuren nirgends eine Gasentwicklung zeigen, überhaupt ziemlich unverändert bleiben. Nimmt man dagegen einen durch verdünnte Salzsäure von Kalksalzen befreiten Zahnknorpel, zerreisst diesen, so gewahrt man an der Rissstelle dieselben steifen Fasern wie oben, die oft eine ziemliche Strecke weit hervortreten (Fig. 11, c), daneben jedoch auch zuweilen sehr zarte, feine, weiche, kurze, fadenartige, nach oben zugespitzte Gebilde (Fig. 11, d), die oft nur schwierig zu erkennen sind \*). Beim Zusatz von concentrirten Mineralsäuren, namentlich auch von Kali chloricum und Salpetersäure kann man unter dem Mikroskop

\*) Der Grund, wesshalb bei der Müller'schen Präparation des nicht entkalkten Zahnknorpels diese weichen Gebilde nicht zu Gesicht kommen, liegt wohl darin, dass dieselben beim Zerbrechen abreißen,

verfolgen, wie jene mehr steifen Fasern unverändert bleiben und nur hier und da an ihrer Spitze ein kleines helles Tröpfchen heraustreten lassen. Diese Tröpfchen, die man auch häufig an der glatten Rissfläche sieht, sind offenbar, wie ich schon anführte, die centralen, weichen, durch Säuren mehr verflüssigten Theile der in ihrer Peripherie resistenteren Zahnfasern. Die zarten, frei liegenden, kurzen Fäden werden nach Säurezusatz allmählich blasser, körnig und entziehen sich endlich ganz dem Blick, was noch schneller statt durch Säuren durch einen Zusatz von Kali- oder Natronlauge geschieht.

Aus dem oben angeführten Experiment, wonach die stärkeren Fasern auf Zusatz von Säuren keine Gasentwicklung zeigen, überhaupt unverändert sich erhalten und mit den am entkalkten Knorpel durch Zerzupfen erhaltenen stärkeren Gebilden völlig übereinstimmen, geht meines Erachtens hervor, dass dieselben im natürlichen Zustande auch nicht verkalkt sein können, dass also Neumann's erster Satz (a. a. O. S. 5) von den isolirbaren mit der Zwischensubstanz des Zahnbeins gemeinsam verkalkten Wandungen der Zahnröhren nicht ganz richtig erscheinen mag. Vergleiche ich meine Präparate mit der Beschreibung und den Abbildungen von Tomes (System der Zahnheilkunde S. 263 u. 264 und Fig. 124 u. 125), so will es mir erscheinen, trotz der gegentheiligen Behauptung Neumann's (a. a. O. S. 22), als ob derselbe nur die gröberen, mehr steifen Gebilde gesehen hat, denn die breiten Fasern der Fig. 124 zeigen auch nicht die mindeste Uebereinstimmung mit dem, was man unter dem Mikroskop von diesen zarten Fasern wahrnimmt und die Fasern der Fig. 125 gleichen völlig den dicken starren Fasern, nicht aber den zarten. Ich kann desshalb Kolliker auch nur beipflichten, wenn er seine früher abgebildeten und beschriebenen Röhren (Mikroskop. Anatomie II. 2. S. 61) mit den Tomes'schen Fibrillen identificirt. Diese gröberen Fasern sind aber dieselben, die Neumann durch sein Verfahren darstellt, es sind dieselben, die gegen kochendes Alkali sehr widerstandsfähig sind und später durch weitere Behandlung mit concentrirten Säuren sich isoliren lassen, denn es spricht eben dafür ihre völlige morphologische Gleichheit und ihr chemisches Verhalten den stärkeren Säuren gegenüber.

Behandelt man weiterhin einen Schliff vom Zahnbein eine ge-



raume Zeit mit Salpetersäure und Kali chloricum oder mit irgend einer concentrirten Mineralsäure, ohne dass jedoch die Grundsubstanz völlig aufgelöst wird, so sieht man beim leichten Zerpupfen bisweilen an Quer- oder Schrägschnitten durch die Röhrenlumina die Fasern eine Strecke weit hervorragen (Fig. 8, a). An solchen Objecten kann man sich zur Genüge überzeugen, dass die Fasern den Lücken in der Grundsubstanz unmittelbar anliegen und sonstige von der Grundsubstanz besonders unterscheidbare Wandungen nicht vorhanden sind.

Dass die in Rede stehenden Fasern selbständige mit der Grundsubstanz nichts Gemeinsames habende Gebilde sind, am allerwenigsten verdichtete Theile der verkalkten Grundsubstanz, scheint mir durch die Möglichkeit der leichten Isolirung am entkalkten und nicht entkalkten Zahnbein gegeben zu sein. Wären diese Neumann'schen Zahnscheiden und die Intertubularsubstanz gemeinsames Ausscheidungsproduct der Pulpazellen, so würde sicherlich, zumal wenn beides noch verkalkt sein sollte, zwischen diesen ein etwas innigerer Zusammenhang bestehen, als man eben durch die Experimente nachweisen kann.

Welche Bedeutung haben nun aber die weichen, zarten, kurzen Fäden, die an den Rissstellen hervortreten und die Neumann mit den Tomes'schen Fibrillen identificirt hat, die aber meines Dafürhaltens von Letzterem nicht gesehen oder wenigstens von den stärkeren Fasern nicht weiter unterschieden sind? Diese als eigene für sich bestehende Gebilde aufzufassen, dazu sehe ich in der That keinen Grund, zumal sie nach meinen Beobachtungen nur in dem innersten, der Zahnhöhle zunächst gelegenen Theil des Zahnbeins sich vorfinden, weiter nach dem Schmelz und Cement zu in den feineren Röhrenendigungen jedoch nicht vorkommen. Hiermit befinde ich mich Tomes und Neumann gegenüber in directem Widerspruch. Letzterer neigt sich zu der Ansicht hin, dass die Dentinfibrillen nicht nur im centralen Abschnitt des Zahns die Kanälchen erfüllen, sondern auch in der ganzen Länge, wenigstens im Kronentheil dieselben begleiten.

Nach meinen Beobachtungen an Quer- und Längsschnitten bin ich zu der Ansicht gelangt, dass die von Kölliker und Tomes als Zahnfasern, von Neumann als Zahnscheiden beschriebenen Gebilde identisch sind und als solide gegen starke Säuren

und Alkalien sehr resistente Fasern aufgefasst werden müssen, deren Centra (die Neumann'schen Zahnfasern) in den innersten Abschnitten der Röhren noch weich und weniger widerstandsfähig geblieben sind.

Für diese Auffassungsweise glaube ich in der Entwicklungsgeschichte die nöthigen Anhaltspunkte gefunden zu haben.

Die Zahnpulpe oder der Zahnkeim besteht in seiner ganzen Dicke im frühesten Zustande aus ziemlich dicht neben einander gelegenen rundlichen, membranlosen, körnigen, mit deutlichen Kernen versehenen Zellen, wie im embryonalen Bildungsgewebe, ohne dass an der Peripherie sich irgend eine schärfere Begrenzung durch eine etwaige Membran erkennen liesse. Später wächst ein Theil dieser Zellen in die Länge, wird spindel- und sternförmig und lässt dazwischen eine nach und nach faserig werdende Grundsubstanz erkennen, in der allmählich auch Gefässe und Nerven auftreten. Die ausgepresste flüssige Intercellularsubstanz gibt die Reaction des Mucins. Die an der Peripherie der Zahnpulpe gelegenen Zellen bilden in diesem Stadium eine eigene Schicht bald mehr walzenförmiger, bald länglich ausgezogener spindelförmiger oder nach innen, der Pulpaaxe zu, abgerundeter, bald mit einem oder mehreren Fortsätzen versehener Zellen, die einen meist ovalen Kern einschliessen und nach Art einer Cylinderepitheliumschicht auf der Oberfläche der Pulpe stehen. Diese Lage, die man nach Kölliker als die *Membrana eboris* bezeichnet, geht durch ziemlich ebenso gestaltete, jedoch etwas kürzere, oft auch mehr rundliche, mit einer kurzen Spitze versehene, etwas unregelmässig neben einander gelegene Zellen in das eigentliche innere Pulpagewebe über. Diese letztere Zellenreihe entsteht zum Theil durch endogene Bildung aus den stern- und spindelförmigen Pulpazellen, zum Theil auch direct aus diesen durch einfache Formveränderung.

Die von Waldeyer (a. a. O. S. 184) beschriebenen und Fig. 2 und 4 abgebildeten, in situ mit dicht am Zellenleib angeschmiegtten Ausläufern (S. 189) versehenen zackigen Zellenformen kommen nach meinen Untersuchungen nur spärlich vor, vielmehr sind die rein cylindrischen oder die nach der Peripherie zugespitzten und nach dem Centrum der Pulpe entweder grade abgeschnittenen oder leicht abgerundeten Formen die gewöhnlichsten. Ebenso wenig kann ich das constante Vorkommen eines sogenannten Pulpafortsatzes, der

nach Waldeyer am Kernende gelegen sein soll, zugeben, sondern finde, wie gesagt, die Mehrzahl der Zellen hier abgerundet. Ich kann auch kaum glauben, dass an meinen Präparaten, die mit der grössten Sorgfalt behandelt wurden, die Fortsätze überall abgerissen sein sollten, da hiergegen ja wesentlich die scharfen, ununterbrochenen Contouren am Pulpaende sprechen (Fig. 9, a, c und Fig. 10, b, d).

Waldeyer behauptet ferner, dass an frischen Präparaten die Elfenbeinzellen durchaus nichts von einer Membran zeigen. An Chromsäurepräparaten soll man zuweilen eine Art körniger Aussenschicht beobachten, jedoch niemals eine eigentliche Zellenmembran. Wenn Waldeyer diese Behauptung für die central gelegenen Pulpaellen und für einen grossen Theil jener von mir erwähnten, mehr unregelmässig gelagerten, der eigentlichen *Membrana eboris* zunächst befindlichen Zellen aufstellt, so habe ich nichts dagegen einzuwenden; was jedoch die peripherischen Dentinzellen anbetrifft, so glaube ich grade zu dem entgegengesetzten Ausspruch berechtigt zu sein. Die Zellen der *Membrana eboris* zeigen nämlich, namentlich diejenigen, die bereits mit längeren nach dem Cement oder dem Schmelz gerichteten Fortsätzen versehen sind, scharfe Begrenzungen im Gegensatz zu den weiter nach innen gelegenen Zellen, die gleichmässig körnig, nur einen gleichmässigen Protoplasmahaufen mit deutlichem Zellkern darstellen. Ich fasse die Zellenmembran als eine Verdichtung und chemische Umwandlung der äussersten Protoplasmaschicht auf und glaube desshalb auch hier, wo sich eine so scharfe Abgrenzung der einzelnen Zellen durch einen scheinbar dichteren Contour findet, zur Annahme einer sogenannten Zellenmembran berechtigt zu sein, wofür unter den neuesten Beobachtern gerade auch Neumann nach einigen scheinbaren Schwankungen sich ausspricht.

In keinem Stadium der Entwicklung war ich im Stande, an der Zahnpulpe eine nach aussen gelegene eigene Begrenzungshaut zu erkennen, die von Raschkow als *Membrana praeformativa* beschrieben und auch von verschiedenen späteren Beobachtern gesehen und gedeutet worden ist. Waldeyer hat (a. a. O. S. 177) sehr ausführlich die Ansichten der verschiedenen Beobachter über dieses Häutchen dargelegt und möchte ich daher, um Wiederholungen zu vermeiden, hierauf verweisen. Auch ich halte diese Membran mit Waldeyer für Täuschung.

Nach den Ansichten der einzelnen Forscher, die sich mit dem Zahnbildungsprocess näher beschäftigt haben, treten uns verschiedene Möglichkeiten entgegen, die ich nochmals der besseren Uebersicht halber hier zusammenstellen will.

1. Die Grundsubstanz entsteht aus Fasern, die von der Pulpe gebildet werden; die Zahnkanälchen stellen die Lücken zwischen denselben dar (Raschkow).

2. Die verlängerten und verschmolzenen Kerne der oberflächlichen Pulpazellen bilden die Wände der Zahnröhrchen, in deren Umgebung die Zellenkörper selbst oder diese und die Intercellularsubstanz zur Grundsubstanz sich umgestalten (Henle, Owen, Hannover, Tomes).

3. Die Grundsubstanz entsteht aus den cylindrischen Zellen, die mit einander verschmelzen und ossificiren; die Zahnröhrchen sind die Reste der Zellenhöhlen (Köl liker).

4. Die Zellen bilden die Zahnröhrchen in der Art, dass ihre Fortsätze zu den Zahnröhrchen werden; die Kalkablagerung findet in der Umgebung statt. Diese von Schwann zuerst angedeutete, doch wieder verlassene Ansicht findet durch Lent ihre Vertretung.

5. Die Elfenbeinzellen bilden mit ihren Ausläufern die Zahnfasern; die Zahnröhrchen sind wandungslos; die Grundsubstanz ist eine Ausscheidung der Elfenbeinzellen oder der Zahnpulpe (Köl liker).

6. Der grösste Theil des Elfenbeinzellen-Protoplasmas wandelt sich in später sich verkalkende Bindesubstanz, in die Grundsubstanz des Zahnbeins und in die Zahnscheiden um, ein kleiner Theil desselben bleibt als weiche Zahnfaser unverändert (Waldeyer).

Diese letzte Behauptung hat gewiss für den ersten Augenblick Vieles für sich, zumal sie auf der Ansicht basirt ist, die in letzterer Zeit über die Entwicklung des Bindegewebes und Knochengewebes von einzelnen bewährten Mikroskopikern aufgestellt ist.

Ich kann jedoch, nach Allem was ich gesehen habe, dieser Ansicht nicht beitreten, sondern muss mich mehr dem anschliessen, was Köl liker in neuester Zeit über diesen Gegenstand angibt.

Fig. 9 stellt einen kleinen Abschnitt von der Basis der Zahnpapille in ihren peripherischen Lagen dar, wo sich bereits bei d eine leicht streifige in Verkalkung begriffene Intercellularsubstanz zwischen den Zellen und deren Ausläufern gebildet hat. Diese Aus-

läufer bilden die directen Fortsetzungen der ganzen Dentinzellen und sind aus einer allmählichen Zuspitzung derselben entstanden. Die Fortsätze müssen natürlich früher gebildet sein, bevor die Verkalkung der Intercellularsubstanz eingetreten ist, da in einem starren Gewebe die weichen Gebilde nicht weiter wachsen können, man müsste denn schon einen Resorptionsprocess voraussetzen, wozu gewiss keine Veranlassung vorliegt. Das weitere Wachsthum der Fortsätze, die aus einer mehr resistenten, peripherischen Schicht, der Fortsetzung der Zellenmembran bestehen und aus einem mehr weichen Inhalt, dem Zellenprotoplasma, geht nach meinen Beobachtungen in der Weise vor sich, dass, da die Fortsätze in der Zahngrundsubstanz bereits fixirt sind, die Dentinzellen ihr Wachsthum nach der Pulpe zu durch eine Verlängerung oder, wenn ich so sagen soll, durch „ein sich in die Länge Ziehen“ fortsetzen. Hierdurch werden die Zellen schmaler und gestalten sich zu langen faserartigen Gebilden (Fig. 10, c). Die Intercellularsubstanz, die nun entweder mehr von dem Axentheil der Pulpe oder von den Dentinzellen selbst geliefert wird, gewinnt an Breite; es wachsen Fortsätze von den mehr nach hinten gelegenen Dentinzellen in die Grundsubstanz hinein, bis endlich sich auch hier Kalksalze ablagern und eine wirkliche Verzahnung eintritt. Fig. 10 stellt einen weiter nach der Spitze der Pulpe zu gelegenen Abschnitt des Zahnbeins dar, wo die Fortsätze (Zahnfasern) länger, die Zellen mehr ausgezogen sind. Durch die neugebildeten sogenannten Pulpafortsätze der zu äusserst gelegenen Dentinzellen — ich hebe hier ausdrücklich hervor „neugebildet“, da die Zellen in einem früheren Stadium meist abgerundet sind — tritt alsdann eine Communication mit den Dentinfortsätzen (so will ich die nach der Peripherie gelegenen im Gegensatz zu den Pulpafortsätzen bezeichnen) der zunächst nach der Axe der Pulpe zu gelegenen Zellen ein, die alsdann in derselben Weise, wie die mehr peripherischen Zellen, sich zu Zahnfasern umbilden. So kann ich mir die meisten in Fig. 10 abgebildeten langen Zellen nur entstanden denken. Ich glaube, dass die Zellen mit ihren Fortsätzen schon aus einer Verschmelzung mehrerer hinter einander gelegener Zellen hervorgegangen sind. Das neue Material zur Bildung der Zahnfasern wird von den Pulpazellen geliefert, die direct oder erst durch Neubildung und Vermehrung einestheils in diese cylindrischen Dentin-

zellen, andernteils in Gefässe, Nerven etc. sich umwandeln oder in einer später faserigen Intercellularsubstanz als Binde-substanzzellen persistiren. Ob hierbei der Raum für die ursprünglich vorhandenen und später vielleicht noch neugebildeten Zellen zu beschränkt wird und manche davon im Laufe der Zahnbildung zu Grunde gehen müssen, darüber kann ich nichts Näheres mittheilen.

Ebenso wenig bin ich im Stande gewesen, das successive Schicksal der Zellenkerne zu verfolgen; ich kann hierüber nur soviel sagen, dass ich viele Zellen, namentlich sehr langgezogene, gefunden habe (Fig. 10, c), wo ich trotz Anwendung mannigfacher Reagentien, wie verdünnte Säuren und farbige Imbibitionsflüssigkeiten, keine Kerne entdecken konnte. Ich bin daher zu der Ansicht gelangt, dass die Kerne allmählich zu Grunde gehen. Was die Entstehung der seitlichen Ausläufer an den Zahnfasern und ihr Zusammentreten mit denen benachbarter Fasern betrifft, so ist diese wahrscheinlich eine zweifache, indem sie einestheils von den schon gebildeten Zahnfasern vor der Verkalkung ihrer Grundsubstanz seitlich durch Sprossung sich bilden, andernteils aus den ursprünglichen seitlichen Fortsätzen der Dentinzellen, wo solche vorhanden sind, direct hervorgehen (Fig. 10, c).

Nach dieser Darstellung fasse ich den Zahnbildungsprocess in der Weise auf, dass die Zahnfasern direct aus den Dentinzellen hervorgehen, indem die Membran der letzteren zu dem peripherischen festen Theil der Zahnfasern wird, das Protoplasma der Zellen die centralen weicheeren Theile bildet. Die Grundsubstanz des Zahnbins ist die chemisch umgewandelte und verkalkte Intercellularsubstanz der Pulpazellen, in der die die Zahnfasern einschliessenden Kanälchen wandungslose Lücken darstellen.

Nachdem ich hiermit meine Ansicht dargelegt habe, will ich auf die von Waldeyer noch etwas näher eingehen. Waldeyer verwirft vornämlich die Ausscheidungstheorie, indem er hierbei vielfach von theoretischen Gründen ausgeht.

Er sagt S. 187: „Vergegenwärtigen wir uns den ersten Moment der Ausscheidung. Kurz vorher liegt die Reihe der Elfenbeinzellen noch ohne Ausläufer (denn diese haben ja keinen Platz) hart an der Reihe der Schmelzzellen“ .... „Nun beginnt die

erste Ausscheidung; die Zahnbeinzellen müssen dabei von dem, was sie selbst ausscheiden, zurückgeschoben werden nach der Axe der Pulpe hin, damit für das Ausscheidungsprodukt Platz werde. Zugleich müssen sie aber, indem sie zurückweichen, gleichen Schritt mit der Ausscheidung haltend, eine Spitze vorwärts treiben, die in dem jungen Dentin liegen bleibt. Die Spitze muss aber zugleich Seitenäste treiben, die wiederum verästelt sind. . . . Ein solches Wachsen von Sprossen und langen Aesten muss doch mit äusserster Vorsicht aufgenommen werden.“ Schwierig denkt sich Waldeyer auch das Zurückweichen der Elfenbeinzellen nach der Axe der Pulpe hin, wobei das Pulpagewebe in dem Maasse schwinden muss. Wenn man, wie Waldeyer hier bei dem Zahnbildungsprocess, die einzelnen in der Natur zu Stande kommenden Entwicklungsvorgänge in so bestimmt begrenzte Abschnitte hineinzwängt, so mag man allerdings bisweilen Mühe haben, das richtige Verständniss dafür zu finden. Meines Erachtens dürfen wir nicht annehmen, dass die ganze Reihe der Elfenbeinzellen auf gleicher Stufe der Entwicklung hart an einander, hart von der Schmelzzellenreihe umgeben, ohne Ausläufer die Zahnpulpe bedeckt und dass, sobald jene Zellen sich so angeordnet haben, die erste Ausscheidung und gleichzeitig auch die Bildung der Fortsätze und ihrer Zweige beginnt. Ich glaube vielmehr und dafür sprechen meine Objecte, dass bei der Umwandlung der Pulpazellen in mehr cylindrische, ferner bei der Aneinanderlagerung derselben nicht alle Zellen auf gleicher Stufe der Entwicklung und Umbildung sich befinden. Einige zeigen noch eine mehr embryonale rundliche Form ohne scharfe äussere Begrenzung, andere sind vollkommen ausgebildet mit Membranen, cylindrisch und bereits mit kleinen Dentinfortsätzen versehen oder im Begriff diese erst zu bilden und zwischen beiden Extremen finden sich alle möglichen Uebergangsformen. Die relativ älteren Zellenformen wandeln sich nach dem von mir oben angegebenen Modus in Zahnfasern um, während dessen die weniger ausgebildeten Formen mit ihren neugebildeten Ausläufern vorrücken können, da für deren Ausbreitung und Verästelung Raum genug geschaffen ist. Allmählich und gewiss nicht um alle Zellen gleichzeitig bildet sich dann die schleimige Intercellularsubstanz in eine leimgebende um, die später die Kalksalze aufnimmt. Ob nun, abgesehen hiervon, durch

die erste Ausscheidung und Sprossenbildung die Zahnbeinzellen unbedingt zurückgeschoben werden müssen, damit für das Ausscheidungsprodukt Platz werde, ist sicherlich noch zweifelhaft. Berücksichtigen wir nämlich, dass das ganze Schmelzorgan durch das Wachsthum der Zahnpapille, durch einen passiven Einstülpungsprocess seine eigentliche Gestalt erlangt hat, so wird auch ohne Nachtheil für das Schmelzorgan noch durch ein von den Elfenbeinzellen etwa geliefertes Ausscheidungsprodukt ein geringes Zurückdrängen der Schmelzzellen vor der Schmelzbildung stattfinden können. Eine andere Frage, die Waldeyer (a. a. O. S. 188) aufwirft, ist die, wo denn diejenigen Zellen bleiben, welche mit dem Kleinerwerden der Verkalkungsfläche nicht mehr Platz haben, da man sie ihren Ort doch nicht verändern lassen kann, weil sie mit ihren Ausläufern in dem neugebildeten Dentin feststecken. Nach meiner Ansicht nimmt mit dem Kleinerwerden der Verkalkungsfläche nothwendig auch die Zahl der umzuwandelnden Zellen ab, da ja auch bei der unverkalkten Pulpa — denkt man sich die Zellen reihenweise hinter einander geordnet — die Zahl der letzteren in einer solchen Reihe um so geringer wird, je mehr man sich von der Peripherie dem Centrum der Pulpa nähert. Ich fasse, wie ich bereits oben auseinander gesetzt habe, die Bildung der Zahnfasern nicht in der Weise auf, als ob aus einer einzigen Elfenbeinzelle, wie diess wohl früher behauptet ist, eine ganze von der Pulpahöhle zum Schmelz oder Cement sich erstreckende Zahnfaser entsteht, sondern ich denke mir eine solche Zahnfaser aus einer Reihe von verbundenen und umgewandelten Zellen zusammengesetzt, ein Vorgang, wie er von Lent (a. a. O. Taf. V. Fig. 3) und Kölliker (Gewebelehre 4. Aufl. S. 418 Fig. 230) mehr schematisch abgebildet und irrthümlich als Abschnürungsprocess gedeutet wird. Hierbei können füglich zwei oder mehrere peripherisch gelegene Zellen resp. Zahnfasern sich mit einer zunächst befindlichen, der Axe der Pulpe näher gelegenen Zelle oder Zellenfortsatz verbinden, woraus sich die Abnahme in der Zahl der Zahnfasern oder, auf die Grundsubstanz übertragen, der Zahnröhren von der Peripherie der Zahnschubstanz zur Pulpahöhle erklärt oder, von der Pulpahöhle zur Peripherie vorgehend, die Theilung der Zahnfasern resp. Zahnröhren. Ich muss gerade Waldeyer gegenüber eine gegenseitige Verschiebung der Zellen vor der Ver-



kalkung der Grundsubstanz festhalten, und sehe nicht ein, was denn dagegen sprechen sollte. Ob ein späterer Schwund eines Theils der inneren Pulpazellen, die sich nicht in Zahnfasern, Gefässe, Nerven oder Bindesubstanzzellen umgebildet haben, durch einfache Atrophie oder fettige Degeneration, weniger vielleicht durch „Resorption“ eintritt, mag bei den hier obwaltenden verwickelten Verhältnissen schwierig zu entscheiden sein.

Waldeyer fasst nun den Zahnbildungsprocess in sofern anders auf, als er die Dentinzellen nicht ganz in die Zahnfasern aufgehen lässt; vielmehr den grössten Theil des Zellenprotoplasma's in die harte Zahnbeingrundsubstanz nach vorheriger Umwandlung in leimgebende Substanz sich umbilden sah mit Ausnahme einer kleineren centralen oder peripherischen Partie, die als Zahnfaser übrig bleibt.

Das Verhalten der Dentinzellen zu ihren Ausläufern, sowie das Verhalten beider zu der bereits in leimgebende Substanz umgewandelten, jedoch noch nicht verkalkten Protoplasmanasse, wie es von Waldeyer (a. a. O. S. 191) geschildert wird und worauf er seine Ansicht vor Allem basirt, habe ich nicht bestätigen können. Waldeyer hält die zwischen Elfenbeinzellen und verkalkter Zahnschicht befindliche schmale durch ein anderes Lichtbrechungsvermögen unterscheidbare Zone für die nach Verschmelzung des Zellenprotoplasma's bereits umgewandelte, leimgebende Substanz. Er schliesst hier auf eine Verschmelzung der Zellen, weil diese Schicht so allmählich und ohne nachweisbare Grenze in das Protoplasma der Elfenbeinzellen übergehen und auch die Ausläufer sich nur mit allmählichem Uebergange bemerkbar machen sollen. Ich habe frische Präparate und solche, die in verdünnter Säure gelegen hatten, untersucht und hierbei gefunden, was ich schon oben bemerkt habe, scharf von der erwähnten noch nicht verkalkten Schicht (Fig. 10, f) unterscheidbare Zellen, deren Zellencontouren direct in die der Fortsätze übergingen, wie sie Fig. 10 von mir wiedergegeben sind. Ich kann hiernach auch nur die Zellenfortsätze oder Zahnfasern, als die directe Fortsetzung der ganzen Zelle, nicht aber eines speciellen Theils der Zellen auffassen und die zwischen den Elfenbeinzellen und der verkalkten Grundsubstanz befindliche Schicht (Fig. 10, f) als eine ursprüngliche Inter-cellularsubstanz ansprechen. Waldeyer leugnet nun zwar die

Intercellularsubstanz zwischen den Elfenbeinzellen gänzlich, zeichnet aber zwischen seinen Dentinzellen in Fig. 10 Lücken. Womit sind denn diese Lücken erfüllt? Liegen nun auch die Dentinzellen ziemlich nahe neben einander, so ist die Berührung doch keine so vollkommene, wovon man sich an jedem Präparat überzeugen kann, dass zwischen ihren Wandungen nicht eine spärliche Intercellularsubstanz Platz haben sollte. Ferner ist es doch nicht unmöglich, dass von den centralen Pulpazellen, die anerkannt eine nicht unbeträchtliche Menge von Intercellularsubstanz besitzen oder aus den Gefässen der Pulpa ein für den Aufbau der Zahnbeingrunds substanz hinreichendes Material geliefert werden kann, wenn man in Abrede stellen sollte, dass die Elfenbeinzellen bei ihrer Umwandlung in die Zahnfasern hierzu geeignet wären.

Meine Untersuchungen über die Entstehung und Bildung des Cements habe ich noch nicht beendet, da ich meine Zeit anderen mehr praktischen Thätigkeiten zuwenden musste. Ich hoffe jedoch später Gelegenheit zu finden, diese von Neuem aufnehmen zu können.

## Erklärung der Abbildungen.

### Tafel VII.

- Fig. 1. Durchschnitt durch den Unterkiefer eines Rindsembryo. a Mittelwall, Zungenwall (unter der Zungenspitze). bb Lippenwälle. c Unterste Cylinderepitheliumschicht. c' Stelle, wo sich späterhin die Anlage der Zähne bildet. d Blastem der Schleimhaut (die Zeichnung ist der besseren Uebersicht halber hier nicht weiter ausgeführt). e Durchschnitt des Meckel'schen Knorpels am vorderen Kieferwinkel. f Mittlere Epithelialschicht, sogenannte Wucherungsschicht. g Oberste Epithelialschicht, aus grossen deutlich contourirten, pflasterförmigen Zellen bestehend.
- Fig. 2. Dessgleichen. a—g wie in Fig. 1. b' Zahnwall. c' An der in Fig. 1 mit c' bezeichneten Stelle finden sich zwei in das Schleimhautblastem hineinragende Wucherungen der untersten und mittleren Epitheliumschicht; die oberen als Keim für den bleibenden Zahn, die untere für den Milchzahn.
- Fig. 3. Dessgleichen. a—g wie in Fig. 1 und 2. h Bildung des Schmelzkeims. Der Zungenwall zeigt hier eine mittlere Rinne.
- Fig. 4. Dessgleichen. a—h wie in Fig. 3. i Wucherung der zur Knochenbildung des Unterkiefers zu verwendenden Bildungszellen; die Knochenbildung umwuchert von innen und aussen das Zahnsäckchen. k Knochenbalken mit

dazwischen befindlichen Lücken, die theilweise mit Bildungs- und Markzellen (l) angefüllt sind. Aus einer Anzahl dieser Lücken sind die Zellen bei Anfertigung des Präparates herausgefallen. m Ursprung des Schmelzkeims für den bleibenden Zahn. n Erste Bildung des Zahnsäckchens (äussere feste Schicht desselben) mit der Papille o. p Innere weiche Schicht des Zahnsäckchens.

- Fig. 5. Schmelzzellen von einem Rindsembryo. A Die nach dem Dentin, B die nach dem Stratum intermedium hin gerichtete Seite. a Zellenkörper mit Kern. b Für die Verkreidung präformirte Protoplasmaschicht. c Sogenannte Tomes'sche Fortsätze.
- Fig. 6. In der Entwicklung begriffener Schmelz und Zahnbein von einem Schaffötus. — Schmelz im Querschnitt mit theilweiser Verirdung der Schmelzsäulen f. — g Scheinbare Lücken in der Schmelzsubstanz, die jedoch die noch nicht verirdeten, weichen Schmelzpartien im Centrum der Prismen enthalten. Bei a, der jüngsten Zone, das Centrum verhältnissmässig gross, weiter nach b zu kleiner, fast völlig verschwindend. — c Schmelzgrenze, d Zahnbein mit den bis dahin sogenannten Zahnbeinröhrchen. — e Uebergang derselben in die Dentinzellen.
- Fig. 7. Sternförmige Zellen aus der dem Stratum intermedium zunächst gelegenen fertigen Schmelzpulpaschicht von einem Kalbsfötus. A Innere (dem Stratum intermedium anliegende) Partie, B äussere Partie. a a Grosse spindel- und sternförmige Zellen mit endogener Zellenneubildung, b b Zellen mit Kertheilung.
- Fig. 8. Stückchen eines in Kali chloricum und Salpetersäure etwas erweichten frischen Zahnschliffes vom Menschen. a Zahnfasern (Neumann'sche Zahnscheiden). b Wandungslose Lücken in der Grundsubstanz auf dem Querschnitt (Zahnkanälchen). c Dieselben auf dem Schräg- und Längsschnitt. d Grund- oder Intertubularsubstanz.
- Fig. 9. Ein kleiner Abschnitt von der Basis der Zahnpapille von einem menschlichen Fötus mit Dentinzellen verschiedener Gestalt. A Pulpaende. B Dentinende, a am Pulpaende abgerundete Zellen. b Zelle mit einem Pulpafortsatz. c Zellen, die am Pulpaende scharf abgeschnitten sind. Alle Zellen mit deutlichen Membranen, die auf die Dentinfortsätze übergehen. d Intercellularsubstanz.
- Fig. 10. Ein kleiner Abschnitt von der Spitze der Zahnpapille desselben Präparates. A Pulpaende. B Fertiges Zahnbein mit Zahnröhrchen, Zahnfasern und deren Ausläufern in einer streifigen, verkalkten Grundsubstanz. a Am Pulpaende zugespitzte Zellen. b Am Pulpaende abgerundete Zellen. c Kernlose, sehr lang ausgezogene Zellen. d Am Pulpaende scharf abgeschnittene Zellen. e Pulpaende mit mehrfachen Ausläufern. ff Noch nicht verkalkte homogene Zwischenschicht.
- NB. In dieser Figur sind der Deutlichkeit halber nur die dem Beobachter zunächst entgegentretenden, oberflächlichen Dentinzellen gezeichnet, die tieferen dagegen nicht mit aufgenommen.

Fig. 11. Stück eines durch Salzsäure extrahirten Zahnknorpels vom Erwachsenen in der Nähe der Pulpahöhle. a Zahnröhren. b Grundsubstanz. c Starke Fasern (Zahnfasern, Kölliker, Hertz — Zahnscheiden, Neumann, Waldeyer). d Centraler Inhalt derselben (Zahnfasern nach Neumann und Waldeyer).

Fig. 12. a Zahnfasern aus der Nähe der Pulpahöhle und b von der Peripherie des Zahnbeins in der Nähe des Schmelzes. c Eine allmählich sich zuspitzende Faser durch Erweichung des Zahnbeins mittelst Kali chloricum und Salpetersäure nach vorherigem Kochen mit Kalilauge dargestellt.

## XXI.

### Ueber die Beziehungen der Medulla oblongata zu den Athembewegungen bei Fröschen.

Von Prof. v. Wittich in Königsberg i. Pr.

In dem zweiten Artikel seiner Studien über Athembewegungen spricht sich Rosenthal\*) sehr viel bestimmter für die Automatie der Medulla oblongata aus, als früher und stützt sich dabei auf Versuche, deren Stichhaltigkeit und Beweiskraft jedoch zum Theil steht und fällt mit der Annahme, dass Sauerstoffmangel, nicht Kohlensäure-Ueberschuss des der Medulla oblongata zufließenden Blutes den centralen Erreger für die Athembewegungen abgibt. Dass aber diese Annahme nicht unzweifelhaft dastehe, lehren uns ausser den früheren Controversen Traube's u. A. von Neuem die Angaben Thiry's\*\*), der auf eigene Versuche gestützt gerade zu der entgegengesetzten Ansicht kommt, dass nämlich die Kohlensäure den Reiz für die Athembewegungen abgebe. Hat Thiry recht (und der Umstand, dass er selbst die Fehlerquelle aufdeckt, durch welche Rosenthal und W. Müller zu entgegengesetzten Resultaten kamen, spricht sehr dafür), dann bedürfen Rosenthal's Versuche, welche Sauerstoffverarmung des Hirnbluts durch

\*) Du Bois und Reichert's Archiv. 1865.

\*\*) L. Thiry, Des causes des mouvements respiratoires et de la dyspnée. Recueil des travaux de la Société méd. allmd. Paris, 1865. p. 71 ff.