

## II.

# Beiträge zur Kenntniss der zahnbildenden Gewebe des Menschen und der Säugethiere

von

CAND. MED. GUSTAF ANNELL

in Stockholm.

Mit Tafel III—V.

Unter der Leitung des Herrn Professors G. RETZIUS beschäftigte ich mich in diesem Jahre mit Untersuchungen über die feinere Structur der verschiedenen Gewebe, welche bei dem Aufbau der Zähne des Menschen und der Säugethiere interessirt sind. In soweit diese Untersuchungen zu Ergebnissen geführt haben, die dazu beitragen können, unsere Kenntnisse des ziemlich verwickelten und recht viel bearbeiteten Gegenstandes zu erweitern, werde ich hier, einige kurze historische Notizen vorausschickend, einen Bericht darüber abstaten.

### Die Entwicklung des Zahnsacks.

In älterer Zeit nahm man an, dass die Zahnpulpa den einzigen eigentlich wichtigen Bestandtheil des Zahnsacks darstelle, und liess sowohl das Zahnbein (die Dentine) wie den Schmelz sich aus ihr bilden. Die Herkunft des Schmelzes aus einer besonderen Zellschicht wurde zuerst durch SCHWANN (1839)<sup>1</sup> nachgewiesen. Diese Zellen wurden von MARCUSEN, KÖLLIKER u. A. aus dem Epithel der Mundschleimhaut hergeleitet; das nach aussen von den Schmelzzellen befindliche Gallertgewebe wurde aber

<sup>1</sup> Bez. der in dieser Abhandlung angeführten Arbeiten anderer Forscher erlaube ich mir auf das von WALDEYER im Stricker'schen Handbuche mitgetheilte Literaturverzeichnis hinzuweisen.

noch immer als eine Bindegewebsformation betrachtet. Nachdem bekanntlich u. A. GOODSIR die allgemeine Entwicklung des Zahnsackes und seines Inhalts dargelegt hatte, brachte endlich KÖLLIKER durch seine 1862 erschienene Abhandlung »Die Entwicklung der Zahnsäckchen der Wiederkäuer« die Lehre von der Abstammung der Bestandtheile des Zahnsacks in volle Klarheit. Seine Darstellung lautet in Kürze folgendermassen: Die Entwicklung der Zahnsäckchen der Wiederkäuer beginnt mit der Bildung eines besondern epithelialen Organes, das er den Schmelzkeim nannte: dasselbe stellt einen zusammenhängenden (für die ganze Kiefer gemeinsamen) platten Fortsatz der tiefsten Lagen des Epithels dar, welcher auf Querschnitten fast wie die Anlage eines Haarbalgs oder einer Schweissdrüse erscheint und aussen aus cylindrischen, innen aus einer oder zwei Lagen rundlicher, kleinerer Zellen besteht. In den tieferen Theilen des Schmelzkeims findet dann an bestimmten Stellen, entsprechend der Zahl und Lage der Zähne, bald eine reichliche, von dem Cylinderepithel ausgehende Zellenwucherung statt. Hierdurch wird nun eine Anzahl von Haufen rundlicher oder länglichrunder Zellen gebildet, die er Schmelzorgane nennt. Sobald die Schmelzorgane sich zu bilden beginnen, wuchert an der tiefern Seite derselben die Schleimhaut nach und nach bei jedem Organe in eine Warze oder einen Hügel hervor, der einen Eindruck am Schmelzorgane bewirkt; diese Warzen sind die Zahnkeime oder Zahnpapillen; einmal angelegt, wuchern die Papillen rasch; durch ihr Empordringen kommen die Schmelzorgane immer mehr kappenförmig über den Papillen zu liegen. Die centralen runden Zellen der Schmelzorgane werden später sternförmig, und zwischen ihnen sondert sich in reichlicher Menge eine helle Gallerte ab; von den äusseren cylindrischen Zellen werden immer neue runde Zellen gebildet, welche ihrerseits zu sternförmigen werden u. s. w., bis das Schmelzorgan seine volle Grösse erreicht hat. Diejenigen der Cylinderzellen, welche der Zahnpapille zunächst liegen, werden verlängert und stellen das innere Epithel des Schmelzorgans dar, während die übrigen, welche natürlich am Fusse der Papillen mit diesem inneren Epithel zusammenhängen, abgeplattet werden, die Gestalt eines Plattenepithels bekommen und das äussere Epithel des Schmelzorgans genannt werden. Einige Zeit, nachdem Zahnpapillen und Schmelzorgane sich angelegt haben, verdichtet sich allmählig das umgebende Bindegewebe; so entstehen deutliche Kapseln, welche um die Schmelzorgane auch nach oben hin herumwachsen; hierdurch werden diese von dem Schmelzkeim und dem Epithel der Schleimhaut abgetrennt — und damit sind die Zahnsäcke fertig gebildet.

Die Ergebnisse, zu welchen KÖLLIKER gekommen war, wurden später besonders durch die umfassenden und genauen Untersuchungen WALDEYER'S bestätigt; dieser Forscher fand nämlich bei dem Menschen, der Katze und dem Schweine für die Zahnentwicklung denselben Modus, den KÖLLIKER bei den Wiederkäuern nachgewiesen hatte. Die noch herrschenden Verschiedenheiten der Ansichten über die erste Entstehung und Entwicklung des Zahnsäckchens betreffen nur Detailfragen, zu deren Entscheidung ich keine directe Beiträge liefern kann, da meine darauf bezüglichen Versuche nicht erwünschten Erfolg hatten.

Unter den Bestandtheilen des entwickelten Zahnsäckchens in histologischer Hinsicht beschäftigte ich mich nun vor Allem mit dem Schmelzorgan und der Pulpa, deren feineren Bau ich deswegen hier eingehender berücksichtigen werde. Als Untersuchungsmaterial benutzte ich Zahnsäckchen menschlicher Embryonen vom 5—9:ten Monat; diese Säckchen wurden theils in concentrirter Pikrinsäurelösung, theils in 0,5 % Chromsäurelösung erhärtet, dann in gefrorenem Zustande geschnitten und mit Rosanilin oder Pikrokarmen gefärbt; theils wurden sie der Isolation der Zellen wegen mit verdünnter Müllerscher Lösung behandelt, theils auch, um Zellengrenzen zu verdeutlichen, mit Silberlösung durchtränkt.

### A. Das Schmelzorgan.

Nach der eben mitgetheilten Darstellung der Zahnsacksbildung besteht im entwickelten Zahnsack das Schmelzorgan aus: 1. dem äusseren Epithel, 2. dem Gallertgewebe, 3. dem inneren Epithel, und 4. der intermediären Zellschicht (*Stratum intermedium*) zwischen dem inneren Epithel und dem Gallertgewebe, welche letztere Schicht nach WALDEYER aus kleinen, runden, nicht sternförmig umgewandelten Zellen gebildet sei. Ich fange hier mit der Schilderung des inneren Epithels an.

1. *Das innere Epithel des Schmelzorgans.* CUVIER hat 1825 diese Bildung zuerst beschrieben; er gab ihr den Namen »*Membrane emailante*»; ihre feinere Structur und Bedeutung für den Aufbau des Schmelzes waren ihm nicht bekannt. RASCHKOW wollte ihr einen fibrillären Bau anerkennen und benannte sie mit einer Uebersetzung des CUVIER'schen Namens »*Membrana adamantina*«. SCHWANN legte die zelluläre Beschaffenheit der Schmelzmembran dar. Von der Zeit SCHWANN'S her sind die Beschreibungen dieser Zellen der Hauptsache nach sehr übereinstimmend gewesen; sie lassen sich

am kürzesten in den Worten WALDEYER'S (STRICKERS' Handbuch 1872) zusammenfassen: die cylindrischen Randzellen des Schmelzorgans, soweit sie dem Dentinkeim unmittelbar aufliegen, also als dessen Epithel figuriren, »werden ungemein lang und stellen sehr regelmässige, sechsseitige, prismatische Körper dar, wohl das schönste und regelmässigste Cylinderepithel, was der thierische Körper darbietet. An den Langseiten der Zellen tritt eine deutliche membranöse Begrenzung hervor, während beide Enden freies Protoplasma zeigen«. KOLLMANN dagegen beschreibt diese Zellen als ziemlich unregelmässig geformt, nach aussen hin verschmälert und vermittelt ihrer zugespitzten äusseren Enden mit den Ausläufern der Zellen des Stratum intermedium zusammenhängend. WENZEL (Untersuch. über die Entwicklung der Zahnsbstanzen 1871) stimmt der letzt angeführten Beschreibung bei.

Eine zutreffende und genaue Darstellung dieser Zellen vermochte ich in der bezüglichen Literatur nicht aufzufinden. Die Abbildungen liessen ebenfalls viel zu wünschen übrig.

Bei der Untersuchung von Zerzupfungspräparaten nimmt man bald wahr, dass nicht alle diese inneren Epithelzellen des Schmelzorgans, welche ich, wie früher geschehen ist, kurz »Schmelzzellen« (Emaljellen) nennen werde, eine und dieselbe Gestalt haben. Einige zeigen eine ziemlich unregelmässig langgestreckte, andere eine mehr regelmässig cylindrische Form. Wenn man die Stellen genauer beobachtet, von welchen die verschiedenen Präparate genommen werden, kommt man zu dem Schlusse, dass die Schmelzzellen, je nachdem sie noch nicht begonnen haben, zu der Schmelzbildung beizutragen oder darin schon begriffen sind, zu zwei etwas verschiedenen Gruppen geführt werden können, nämlich: die der Pulpa oder dem Zahnbein direct anliegenden, welche also an der Schmelzbildung noch nicht theilnehmen, und die, welche neugebildetem Schmelz anliegen und also schon angefangen haben, ihre physiologische Aufgabe auszuführen. Diese beiden Arten sind einander zwar in den meisten Beziehungen gleich, was natürlich erscheint, da sie eigentlich nur verschiedene physiologische Entwicklungsstadien einer und derselben Zellengattung darstellen. Bei der Beschreibung der Gestalt dieser Zellen gehe ich nun von der im früheren Stadium begriffenen Zellengruppe aus, um dann hervorzuheben, in welcher Hinsicht die des zweiten Stadiums sich von ihnen unterscheiden.

Die Schmelzzellen des früheren Stadiums zeigen oft eine recht unregelmässige Gestalt; sie scheinen gleichsam durch gegenseitigen Druck unregelmässig geformt zu sein. Von der Seite betrachtet erscheinen sie

lang und schmal, aber keineswegs von gleichmässiger Breite. Das eine oder andere Ende der Zelle ist breiter, während ihr Körper bedeutend schmaler ist; zuweilen ist die Mitte der Zelle eine längere oder kürzere Strecke eingeschnürt oder im Gegensatz dazu verdickt; zuweilen erscheint der ganze Zellenkörper abgeplattet, scheibenförmig u. s. w. Fig. 5 der Taf. III zeigt einige solche Zellen verschiedener Gestalt, obwohl hier bemerkt werden muss, dass die fraglichen Zellen oft etwas unregelmässiger als die hier abgebildeten erscheinen.

Von der Endfläche betrachtet (Taf. III Fig. 8.) bietet dieses Epithel ein Bild dar, welches sehr deutlich die unregelmässige und wechselnde Gestalt der Zellen angiebt, besonders wenn die Grenzen der letzteren durch Versilberung schärfer markirt sind. Die Endflächen der Zellen bilden dann ein Mosaik kleiner, besonders unregelmässiger Felder, welche 3, 4, 5, 6 spitze oder abgerundete Ecken haben oder auch fast oval, rund u. s. w. erscheinen. Die Grösse der Felder wechselt auch viel, gewöhnlich zwischen  $0,006$ — $0,009$  Mm. (am Durchschnitte gemessen); übrigens variiert sie noch mehr (zwischen  $0,004$ — $0,009$  Mm.).

Die dem neugebildeten Schmelze anliegenden Schmelzzellen besitzen dagegen die Charaktere regelmässiger Cylinderzellen. Von der Seite betrachtet sind sie lang und schmal, beinahe von gleichmässiger Breite, mit einem etwas erweiterten äusseren Ende, das zuweilen vermittelt einer geringen Einschnürung vom eigentlichen Zellenkörper abgesetzt ist (Taf. III Fig. 6 *a—e*). Von den Endflächen gesehen zeigt eine Gruppe solcher Zellen ein schönes Bild. Ihre Endflächen bilden nämlich ein Mosaik sehr regelmässiger, 5—6-seitiger, an den Ecken etwas abgerundeter Felder, welche alle beinahe dieselbe Grösse (ung.  $0,009$  Mm. im Durchschnitte) haben (Taf. III Fig. 7.).

Die äusseren, der intermediären Schicht zugewandten Enden der Schmelzzellen zeigen eine eigenthümliche, bisher nicht bemerkte Beschaffenheit. Das äussere Ende jeder dieser Zellen ist nämlich mit feinen, aber deutlichen Stacheln besetzt (Taf. III Fig. 6.), deren Anzahl etwas wechselt, indem sich zuweilen 8—10 rechnen lassen, während sie in einigen Fällen von 2—3 etwas grösseren Fortsätzen ersetzt sind. Diese Stacheln sind, wie die Zellen im Ganzen, am kräftigsten in den Partien der fraglichen Schmelzzellenschicht entwickelt, welche dem Schmelze direkt aufliegen. Durch Vermittelung dieser Stacheln hängen nun die Schmelzzellen mit den unten zu beschreibenden Stachelzellen der intermediären Schicht innig zusammen, und das Vorhandensein dieser Stacheln erklärt die Schwierigkeit, womit sich in Zerzupfungspräparaten die äusseren Enden der Schmelzzellen isoliren lassen.

Die inneren Enden der Schmelzzellen zeigen an den Stellen, wo die Zellen der Pulpa direkt anliegen, nichts Bemerkenswerthes, aber höher oben am Zahne, wo sie am Schmelze liegen, bieten sie eine wichtige Eigenthümlichkeit dar, indem vom fraglichen Ende jeder dieser Zellen ein besonderer Fortsatz ausläuft (Taf. III Fig. 6.). Werden frische unerhärtete Zahnsäcke geöffnet, so werden dabei diese Fortsätze fast immer und die inneren Enden der Zellen oft von dem Zellenkörper abgerissen und bleiben an dem Schmelze haften, weshalb man an solchen isolirten Zellen die Fortsätze vermisst. Lässt man aber die Zahnsäcke einige Tage in verdünnter Müllerscher Lösung liegen, so isoliren sich bei der Eröffnung des Sackes die Schmelzzellen vom Schmelze in unbeschädigtem Zustand. Die isolirten Zellen zeigen dann einen von ihrem inneren Ende auslaufenden, kurzen, gewöhnlich zapfenförmigen Fortsatz, welcher nach seinem Entdecker der TOMES'sche Fortsatz genannt wird. Die Gestalt desselben wechselt etwas; zuweilen ist er breit, abgerundet, zuweilen aber schmal und in eine Spitze ausgezogen; nie sah ich ihn eine bedeutendere Länge besitzen. Zwar sagt HANNOVER, dass der Fortsatz zuweilen in einen feinen Faden übergeht, dessen Länge doppelt so gross als die der Zelle werden kann; eine so bedeutende Länge aber habe ich nicht nur nicht wahrnehmen können, sondern ich finde auch die ganze Beschaffenheit des Schmelzes dagegen sprechend. KOLLMANN und WENZEL bestreiten das Vorhandensein des Tomes'schen Fortsatzes; der erstere Forscher sagt, dass er die spitzen Anhänge der Schmelzfasern ebenfalls gesehen habe, dieselben aber »für Producte einer unregelmässigen Ablagerung und für zufällige Bildungen«, nicht für den noch nicht verirrdeten centralen Theil einer Schmelzzelle halte. Dass dies jedoch nicht der Fall ist, zeigt sich bei genauerer Untersuchung bald. Auf Taf. III Fig. 4 ist z. B. ein Schnittpräparat abgebildet, an welchem eine ganze Reihe von Schmelzzellen vom Schmelze abgehoben und sie doch sämmtlich mit je einem Tomes'schen Fortsatz versehen sind. WENZEL's Vermuthung, dass die Entstehung des fraglichen Fortsatzes »Schiefschnitten« zu verdanken ist, verliert jeden Werth durch die Thatsache, dass isolirte Zellen aus Zahnsäcken, die mit verdünnter Müllerscher Lösung behandelt waren, regelmässig mit denselben versehen sind (Taf. III Fig. 6.). Das Vorhandensein des Fortsatzes wurde besonders durch WALDEYER und HERTZ bestätigt.

Der Inhalt der Schmelzzellen ist ein feinkörniges Protoplasma. Etwas grobkörniger erscheint das äussere, gewöhnlich ein wenig angeschwellte Ende der regelmässig cylindrischen Zellen. Eine Anzahl kleiner, rundlicher,

stark lichtbrechender Körner verschiedener Grösse kommt fast immer in den Tomes'schen Fortsatz eingelagert oder ihm anhaftend vor; zuweilen lassen sich solche Körner auch im Zellenkörper selbst wahrnehmen.

Der Kern der Schmelzzellen ist stets einfach, der Gestalt nach oval, deutlich begrenzt und mit einem oder mehreren Kernkörperchen versehen; seine Länge misst 0,01—0,012 und seine Breite entspricht der des Zellenkörpers. In Betreff der Lage des Kerns in den Schmelzzellen sind die Angaben der Forscher wechselnd. MAGITOT giebt als normal an, dass der Kern in der Mitte der Zelle liegt; HANNOVER, WALDEYER und HERTZ sagen, dass er stets im äusseren Zellenende belegen sei; WENZEL behauptet, dass letzteres im unteren Theile des Zahnsackes der Fall sei, je höher aber nach dem oberen Theile desselben hin, um so öfter finde man ihn in der Mitte des Zellenkörpers. Keine von diesen Angaben habe ich ganz zutreffend gefunden. An vertikalen Längsschnitten des Zahnsacks hat man eine treffliche Gelegenheit, die Lage der Kerne der Schmelzzellen zu studiren und an solchen findet man, dass in denjenigen Zellen, die dem Schmelze anliegen, der Kern im äusseren Zellenende belegen ist, wogegen tiefer im Sacke hinab die Kernlage nicht constant ist; hier lässt sich nur sagen, dass der Kern in der äusseren Zellenhälfte liegt, denn er befindet sich ebenso oft in der Mitte der Zelle als in deren äusserem Ende.

Die Grösse der Schmelzzellen wechselt sogar in einem und demselben Zahnsack sehr, sowohl was die Länge wie die Breite betrifft. Hinsichtlich der letzteren habe ich schon oben das Mass angegeben. Ihre Länge ist an der Spitze des Zahnes am grössten, wo sie sich auf 0,048—0,055 Mm. belaufen kann; am unteren Rande des Schmelzes ist sie bis auf 0,033—0,036 Mm. vermindert, welche Länge sich dann eine Strecke an der Pulpa hinab beibehält. Dann verkürzen sich die Zellen langsam, im eigentlichen Umbiegungswinkel aber ziemlich schnell. Die eben angeführten Masse sind an Präparaten von Zahnsäcken ausgetragener Embryonen genommen. Es scheint, als ob die Zellenlänge in verschiedenen Alters- und Entwicklungsstadien ein wenig wechsele.

Endlich bleibt noch die Frage übrig, ob die Schmelzzellen mit einer Membran versehen sind oder nicht. Viele verschiedene Ansichten sind hierüber ausgesprochen worden; hauptsächlich betreffen dieselben jedoch die Existenz und Beschaffenheit der Membran an den inneren Endflächen der Zellen, weshalb ich mich vor Allem damit beschäftigen und die übrige Zellenmembran nur kurz berühren werde. An den äusseren Endflächen kann wohl, nach dem Nachweise der hier vorhandenen Stacheln, von

einer eigentlichen Zellenmembran nicht mehr die Rede sein. An den Seitenflächen, und nur an diesen, nimmt, wie erwähnt, WALDEYER das Vorhandensein einer röhrenförmigen Membran an; eine solche wäre zwar und besonders bei den regelmässigen Cylinderzellen annehmbar; ich muss aber gestehen, dass ich weder bei ihnen noch bei den mehr unregelmässig gestalteten hier eine deutliche membranöse Bekleidung gesehen habe, weshalb ich keine Membran an den Seitenflächen der Zellen annehmen kann. Die Frage aber, ob eine solche Membran an den inneren Endflächen der Zellen vorhanden, ist sehr verwickelt. Damit hängt eine andere ebenso streitige Frage nahe zusammen, nämlich diejenige von der Membrana præformativa; mit dieser letzteren Membran versteht man zwar keine den Schmelzzellen selbst angehörige Bildung, ihre Lage zunächst unter diesen Zellen bewirkt, dass das, was Einige Membrana præformativa nennen, Andere für eine den inneren Endflächen der Schmelzzellen angehörige Membran halten. Deswegen halte ich es für das beste die fraglichen beiden Bildungen gleichzeitig zu besprechen.

Einige kurze historische Angaben dürften des Zusammenhanges wegen hier am Platz sein. Die an den inneren Endflächen der Schmelzzellen liegende Membran besteht nach der einen Ansicht aus einer structurlosen, die Pulpafläche überziehenden Haut, unter welcher das Zahnbein und der Schmelz gebildet werden. RASCHKOW, welcher (1835) diese Ansicht aufstellte, gab dieser Haut den Namen »Membrana præformativa«. HUXLEY setzte die Untersuchungen über diese Membran fort und glaubte durch Essigsäurebehandlung des in Entwicklung begriffenen Schmelzes dieselbe in isolirtem Zustande darstellen zu können und schrieb ihr übrigens bei der Schmelzbildung grosse Bedeutung zu. LENT behauptet gesehen zu haben, dass die Membran von der Pulpa auf den Dentinrand und davon auf die Aussenseite des Schmelzes übergeht. KÖLLIKER beschreibt die Membrana præformativa als eine unmittelbare Fortsetzung der structurlosen Membran, welche beim Embryo überall Bindegewebe und Epithel trennt. Die zweite Ansicht dagegen ist von KOLLMANN dargestellt und später von WENZEL angenommen; nach derselben gehört die Membran den inneren Endflächen der Schmelzzellen an und ist durch Verschmelzung der Membranen dieser Theile der einzelnen Zellen entstanden. Die letztere Ansicht gründet sich hauptsächlich auf des Vorhandensein der scharf markirten Randzone der inneren Enden der Schmelzzellen; diese Zone bleibt, nach KOLLMANN'S Angabe, bei der Eröffnung des Zahusackes je nach verschiedener Behandlungsmethode bald den Schmelzzellen, bald dem Schmelze anhaftend, so dass man

mithin Zellen mit oder ohne Membran darstellen kann; KOLLMANN nennt die von ihm dargestellte Membran »Schmelzoberhäutchen«, weil er die Ansicht hegt, dass sie nach der Fertigbildung der Zähne verkalkt wird und die Schmelzhaut bildet. WALDEYER und HERTZ bestreiten ganz das Vorhandensein jeder Membran und vor Allem hat TOMES durch die Entdeckung der nach ihm benannten Fortsätze der inneren Enden der Schmelzzellen der Lehre von einer diese Zellenenden bedeckenden Membran einen starken Stoss bereitet. TOMES zeigte ferner, dass die von HUXLEY dargestellte *Membrana præformativa* nichts Anderes sei als die jüngste, unvollständig verkalkte Schicht des Schmelzes.

Meine eigenen Ergebnisse sind folgende: An vertikalen Längsschnitten des Zahnsacks nimmt man oft an Stellen, wo noch kein Schmelz abgesetzt ist, zwischen den Schmelzzellen und der Pulpa einen recht deutlichen homogenen, gewöhnlich etwas wellenförmigen Saum wahr. Es ist offenbar dieser Saum, welcher der »*Membrana præformativa*« einiger sowohl wie dem »Schmelzoberhäutchen« anderer Forscher entspricht. Dass indessen dieser Saum den Schmelzzellen nicht angehört, geht schon daraus hervor, dass man ihn an vielen Stellen, wo dieselben von der Pulpa abgelöst sind, sich immer sehr deutlich an dem Pulparande und nicht an den inneren Enden der Schmelzzellen fortsetzen sieht. Er gehört offenbar der Pulpa an, geht aber, wie ich deutlich wahrgenommen habe, oben an dem frei hinabsteigenden, neugebildeten Zahnbeinrande weder auf die Aussenseite der Dentine und den Schmelz — bildet also keine *Membrana præformativa* — noch auf die inneren Endflächen der Schmelzzellen über, woraus noch mehr erhellt, dass er kein Schmelzoberhäutchen im Sinne KOLLMANN'S darstellt. Dagegen steht dieser Saum in innigstem Zusammenhang mit dem neugebildeten Zahnbein, dessen unmittelbare Fortsetzung er bildet (Taf. IV Fig. 2z'), wie unten beim Besprechen der Zahnbeinbildung etwas ausführlicher erwähnt werden soll. Der fragliche Saum kann in der That nichts Anderes sein, als die äusserste, etwas verdichtete Schicht der Intercellularsubstanz der Pulpa, wie auch aus vielen Präparaten deutlich hervorgeht. An der kurzen Strecke, wo die Schmelzzellen dem Zahnbein direkt anliegen, sieht man ihre inneren membranlosen Enden unmittelbar auf der etwas unebenen Zahnbeinfläche ruhen. Zwischen den Schmelzzellen einerseits und der Pulpa und der Dentine andererseits giebt es also weder eine Schmelzzellenmembran noch eine *Membrana præformativa*; nun ist es aber die Frage, ob zwischen dem Schmelze und den ihm anliegenden Schmelzzellen eine Membran vorhanden ist. An solchen Stellen der Schnittpräparate, wo die Schmelzzellen vom Schmelze

abgehoben sind, zeichnen sich die zusammenhängenden inneren Ränder der von der Seite betrachteten Schmelzzellen oft als eine recht scharfe Contour (Taf. III Fig. 4); auch an isolirten Zellen kann dieselbe wahrgenommen werden. Diese Contour oder schmale Zone der inneren Enden der Schmelzzellen wurde, wie schon erwähnt, von KOLLMANN für eine wirkliche membranöse Bedeckung der inneren Endflächen der Zellen angesehen. Schon das constante Vorhandensein des Tomes'schen Fortsatzes macht indessen die Existenz jeder Art von zusammenhängender Membran an diesen Endflächen unmöglich. Nun lässt sich jedoch einwenden, dass der Tomes'sche Fortsatz nur ein Secretionsproduct der Schmelzzelle, einen unverkalkten Theil eines Schmelzprismas darstellen könne, und also der Fortsatz und der Zellenkörper selbst durch eine Membran getrennt sein dürfte. Das constante Vorhandensein des Tomes'schen Fortsatzes, seine deutlichen und gut begrenzten Contouren auch bei den mit Säuren behandelten Präparaten und seine derjenigen der Schmelzzellen ähnliche Beschaffenheit sind jedoch hinreichende Stützen für die Ansicht, dass derselbe einen wirklichen, protoplasmatischen Fortsatz der Zelle selbst darstelle. Was nun aber die homogene Zone der Schmelzzellen eigentlich bedeutet, ist nicht eben leicht zu sagen. HERTZ, welcher der Theorie von der direkten Verkalkung der Schmelzzellen huldigt, sieht sie als einen für die Verkalkung präformirten Theil der Zelle an; vielleicht entsteht sie nur durch ein verändertes Lichtbrechungsvermögen des inneren Endes der Zellen. Die Schmelzzellen bilden zusammen die sog. »Schmelzmembran«; diese besteht also aus einer zusammenhängenden einschichtigen Zellenhaut, welche nach aussen hin durch die erwähnten kurzen Stacheln innig mit der intermediären Schicht verbunden ist, gegen welche also kein ganz scharfer Begrenzungsrand, wie KÖLLIKER und, wenigstens für die untere Partie, WENZEL angenommen haben, vorhanden ist und vorhanden sein kann. Zwar markirt sich das Schmelzepithel an vertikalen Längsschnitten sehr deutlich von der intermediären Schicht ab, dies rührt aber offenbar von der schönen regelmässigen Anordnung der langen cylindrischen Schmelzzellen her. Nach innen hin überzieht die »Schmelzmembran« die Pulpa, die Dentine und den Schmelz, denen sie, wie eben nachgewiesen wurde, unmittelbar anliegt.

2. *Die intermediäre Schicht (Stratum intermedium).* Die intermediäre Schicht stellt denjenigen Theil des Schmelzorganes dar, welcher zwischen dem inneren Epithel und dem Gallertgewebe liegt. HANNOVER sagt von dieser Schicht: sie ist eine dünne aber feste Haut, die aus einer structurlosen

Substanz besteht, in welcher eine zahlreiche Menge kleiner Kerne eingelagert liegt; er nannte diese Schicht »Membrana intermedia«. Ihre zelluläre Natur ist doch deutlich und WALDEYER, welcher die Bezeichnung »Stratum intermedium« einführte, beschreibt sie als eine Schicht runder, unveränderter, nicht sternförmig umgewandelter Epithelzellen. Ebenso lautet auch die gewöhnliche Darstellung der verschiedenen Histologen. KOLLMANN jedoch beschreibt das Stratum intermedium mit folgenden Worten: Es besteht »aus einer  $\frac{1}{20}$  Mm. dicken Lage polygonaler, vielstrahliger, mit einander anastomosirender Zellen, die gekörnt sind und sehr dicht an einander liegen».

Die Untersuchung des feineren Baues dieser Schicht bietet ziemlich grosse Schwierigkeiten dar. Meine Ergebnisse, welche nicht ohne histologisches Interesse zu sein scheinen, sind folgende: An vertikalen Schnittpräparaten vom Zahnsack macht das Stratum intermedium, wie KOLLMANN ebenfalls bemerkt, unzweideutig den Eindruck einer besonderen Gewebsschicht. Es erscheint dunkelkörnig und die Grenzen der dicht an einander liegenden Zellenkerne werden oft nur schwer unterschieden, die Grenzen der ihnen angehörigen Zellen aber fast gar nicht. Die Kerne sind gewöhnlich länglich mit der Längsaxe senkrecht gegen die der Schmelzzellen gestellt. Nach unten hin an der Pulpa liegen sie ungefähr in zwei Schichten übereinander; nach oben hin erscheint das Stratum intermedium dicker und man rechnet hier 4—5 Kernlagen. Für dies Stratum als ein Ganzes bezeichnend ist ferner sein inniger Zusammenhang mit den Schmelzzellen; vom Gallertgewebe, zu welcher der Uebergang sehr schnell geschieht, löst es sich dagegen leicht ab.

Um die nähere Beschaffenheit der die fragliche Schicht zusammensetzenden Zellen zu eruiern, studirte ich sie an Zerzupfungspräparaten. An solchen erhält man nun, oft in Verbindung mit den äusseren Enden der Schmelzzellen, undeutlich stachelige Zellen oder Zellentheile, die gewöhnlich nur theilweise isolirt sind. Zuweilen gelingt es jedoch, diese Zellen in vollständig isolirtem Zustand zu bekommen. Taf. III Fig. 9 zeigt einige solche. Sie stellen dann in der That das Bild der Stachelzellen dar, obwohl die Stacheln oft etwas stärker entwickelt erscheinen wie die Stachelzellen der epithelialen Häute und hier und da sogar mit einem wirklichen Fortsatz versehen sind. Vermittelst dieser Stacheln hängen sie mit den Stacheln der äusseren Enden der Schmelzzellen zusammen. Die Grösse dieser Zellen der intermediären Schicht wechselt zwischen 0,015—0,021 Mm. Ihre Kerne sind oval, gut begrenzt, dunkelkörnig und mit einem oder

mehreren Kernkörperchen versehen. In manchen Zellen erscheint der Kern bei verschiedener Behandlung unregelmässig geformt, wie geschrumpft.

Durch Versilberung bekommt man die Grenzen dieser Zellen dunkel gefärbt. Taf. III Fig. 10 giebt ein solches Präparat wieder. Die Stacheln treten dann nicht hervor, sondern die Ränder erscheinen ziemlich breit und etwas unregelmässig wellenförmig. Die Gestalt der einzelnen Zellen lässt sich dabei leicht bestimmen; sie wechselt ziemlich viel; im Allgemeinen ist sie ziemlich unregelmässig und eckig. Hier und da scheint sich in den Winkeln zwischen den Zellen eine intercelluläre Oeffnung zu befinden. In der Flächenansicht solcher versilberter Präparate erkennt man oft auch unter den Zellen des Stratum intermedium die äusseren Enden der Schmelzzellen, d. h. die sog. Schmelzzellenfüsse. In der Regel ruhen auf jeder der »intermediären Zellen«, wie dieselben genannt werden können, 7, 5, 9—10 Schmelzzellenfüsse (Taf. III Fig. 10). An den Silberpräparaten sieht man neben den intermediären Zellen und den Schmelzzellen eine Anzahl stärker glänzender, kernähnlicher Gebilde, welche sich besonders durch Glanz aber auch durch Lage und Anordnung von den Schmelzzellenfüssen unterscheiden, denen sie übrigens der Gestalt nach etwas ähneln, obwohl sie ovaler und rundlicher sind; sie scheinen zwischen den intermediären Zellen und den Schmelzzellen zu liegen, sind zu ziemlich ausgesprochenen rundlichen Maschen angeordnet und liegen dabei in einfachen Reihen, in den Maschenecken jedoch mehrere zusammen (Taf. III Fig. 10). Die Maschen sind grösser wie die intermediären Zellen und entsprechen der Gestalt derselben nicht. Was nun diese Kernbildungen bedeuten, muss ich diesmal unentschieden lassen.

Aus der hier gegebenen Schilderung geht also hervor, dass das Stratum intermedium aus einer 2—4-lagrigen Schicht epithelialer Stachelzellen besteht. Dies ist von besonderem Interesse, wenn man bedenkt, dass das Zellengewebe des Schmelzorgans vom Epithel der Mundschleimhaut abstammt. Hier mag indessen bemerkt werden, dass nicht alle Zellen des Stratum intermedium ganz die soeben geschilderte Gestalt haben; die Zellen der äusseren Lagen haben nämlich ein etwas verschiedenes Aussehen, wie ich bei der Darstellung des Gallertgewebes näher beschreiben werde.

3. *Das Gallertgewebe.* Seitdem KÖLLIKER dieses Gewebe als aus sternförmigen, mit einander durch zahlreiche Fortsätze vereinigten Zellen und aus einer in reichlicher Menge zwischen den Zellen abgesonderten hellen Gallerte bestehend geschildert hatte, haben alle Histologen mit seltener Einigkeit dieser Darstellung zugestimmt. Die übrige Entwicklung, welche

die Lehre von diesen Zellen erhielt, betraf nur die Abstammung der Zellen, welche, wie HUXLEY annahm und KÖLLIKER bewies, aus Epithelzellen herühren. Dieser Uebergang von Epithelzellen in sternförmige Zellen kam KÖLLIKER sehr eigenthümlich vor.

Der wahren Beschaffenheit der fraglichen sonderbaren Zellen habe ich eine eingehendere Untersuchung gewidmet. In der That stellen dieselben, soweit mir bekannt ist, eine ganz alleine stehende Art von Epithelgewebe dar.

An Schnittpräparaten zeigt das bezügliche Gewebe unter dem Mikroskope ein sehr schönes Bild und man glaubt, besonders bei schwacher Vergrösserung, den wahren Typus eines Gallertgewebes vor sich zu haben (Taf. III Fig. 1—3), wie es die Zahnpulpa und anderes muköses Bindegewebe darbieten. Bei der Untersuchung sorgfältig zerzupfter Partien dieses Gewebes, welche aus den einige Tage mit verdünnter Müllerscher Lösung behandelten Zahnsäcken genommen werden, findet man etwas Anderes als was man gewöhnlich »sternförmige« Zellen zu nennen pflegt. Man erhält nämlich dabei eine reichliche Menge unvollständig isolirter und in der Regel ziemlich undeutlich contourirter, kernführender, grösserer oder kleinerer, mit zahlreichen Fortsätzen versehener Platten. Wenn es gelingt diese Platten vollständig zu isoliren, zeigen sie, in Folge der sehr reichlichen Fortsätze, gewöhnlich ein sonderbares Aussehen. Die Platte ist von unregelmässiger Gestalt, an den Rändern wegen der abgerissenen Fortsätze sehr gezackt; die Oberfläche ist oft wie mit Riffen und Vorsprüngen besetzt und als der einzige bestimmte Theil dieses Wirrwarrs tritt der meistentheils scharf contourirte, körnige und dunkler erscheinende, oft von einer körnigen, dunklen Partie zunächst umgebene Kern hervor.

Trotz dem gewöhnlich zerrissenen und fehlerhaften Zustande, den die isolirten Zellen stets darbieten, lassen sich doch Zellenformen darstellen, welche eine vollständige Uebergangsreihe zwischen den beschriebenen Stachelzellen des Stratum intermedium und den ganz entwickelten grobzweigigen Plattenzellen, wie die Zellen des Gallertgewebes mit Recht genannt werden können, bilden. Taf. III Fig. 12—14 zeigen solche Uebergangsformen. Die der Fig. 13 gehört noch dem Stratum intermedium an und giebt ein Beispiel der Zellen dessen äusserster Lage; sie stellt eine kräftig entwickelte Stachelzelle dar, deren Platte grösser und unebener mit im Ganzen längeren Stacheln und breiten Seitenfortsätzen erscheint. Fig. 12 und 14 zeigen die Vergrösserung der Platte und die Vermehrung der breiteren Fortsätze; in Fig. 15 endlich ist eine wirklich grobzweigige Plattenzelle mit ihrer grossen Platte und starken reichlichen Fortsätzen abgebildet.

Alle diese Plattenzellen können also als von Stachelzellen herstammend und gewissermassen durch eine nach allen Richtungen in Folge der Ausspannung der Zwischenräume entstandene, kolossale Entwicklung solcher Zellen angesehen werden.

Durch vorsichtige Zerzupfung des Gallertgewebes dünner Schnittpräparate lassen sich diese Plattenzellen am besten erhalten. Es gelingt dann zuweilen, dieselben von der Fläche her in einfacher Lage und mit den Fortsätzen in ziemlich unbeschädigtem Zustande zur Ansicht zu bekommen. Zwar lassen sich dabei die Grenzen der einzelnen Zellen nicht genau bestimmen, indem die Fortsätze in einander unmittelbar übergehen; man bekommt aber eine schöne und wahre Ansicht des Gewebes (Taf. III Fig. 11). Von den Rändern der Platten sieht man dann zahlreiche, platte, breitere oder schmalere, oft verzweigte Fortsätze ausgehen, welche angrenzende Zellenplatten verbinden und dadurch ein weitläufiges Balkenwerk bilden. Aber auch von den beiden Flächen der Platten gehen zahlreiche Fortsätze aus, welche ein sehr wechselndes Ansehen darbieten. Viele unter ihnen scheinen den Randfortsätzen ganz ähnlich, indem man dieselben von der Fläche sieht, wo sie von einem gewöhnlich breiteren Fusse an der Oberfläche der Zellenplatte nach verschiedenen Richtungen verlaufen und mit Flächen- oder Randfortsätzen angrenzender Zellen zusammenhängen. Sie nehmen an der Bildung eines Balkenwerkes Theil, welches natürlich mit dem vorher geschilderten zusammenhängt, sind aber grösstentheils vor oder hinter den Zellenplatten selbst (d. h. zwischen ihnen, wenn das Präparat mehrere derartige Zellenschichten enthält) belegen. Andere Fortsätze werden vom Rande her gesehen; sie stehen also senkrecht gegen die Zellenfläche, flügelartige Vorsprünge bildend, und erscheinen als dunkle, ziemlich schmale Firsten, welche in verschiedener Richtung über die Zellenfläche verlaufen und angrenzende Zellen mit einander verbinden. Oft scheinen diese Firsten von der den Kern beherbergenden Partie der Zellenplatte auszugehen (Taf. III Fig. 11). Der Kern dieser grobverzweigten Plattenzellen ist oval, nach Behandlung mit Chromsäure von körnigem Aussehen, deutlich contourirt, oft in der Nähe eines Randes oder einer Ecke der Zellenplatte belegen; seine Grösse entspricht ungefähr derjenigen der Stachelzellen.

Die Anordnung der Plattenzellen im Gallertgewebe ist, wie sich aus der Lage der Stachelzellen im Stratum intermedium vermuthen lässt, der Art, dass sie ihre Flächen nach den Füßen der Schmelzzellen hin wenden und also in concentrischen Schichten um die Zahnpulpa herum liegen. Zwischen den dicht angehäuften Kernen des Stratum intermedium und den

zerstreut liegenden Kernen des Gallertgewebes geht der Uebergang sehr schnell vor sich. Nach aussen gegen das äussere Epithel hin scheinen oft die Zellenplatten dichter an einander zu liegen und zeigen sich dann an vertikalen Längsschnitten durch die mittleren Partien des Zahnsacks als recht deutlich ausgeprägte, längsgehende, ziemlich dicht beisammen liegende und parallele Streifen.

Diese Anordnung der Zellen erklärt ihr »sternförmiges« Aussehen an Schnittpräparaten. Hat man einen Querschnitt des Zahnsacks vor sich, so sieht man den Rand der verzweigten Plattenzellen vom Kerne aus sich nach zwei entgegengesetzten Richtungen hin erstrecken; die Randfortsätze lassen diese zwei scheinbaren Fortsätze getheilt erscheinen. Von den Flächenfortsätzen, welche, wie oben beschrieben wurde, in allen möglichen Ebenen liegen und grossentheils von der Zellenplatte in der Kerngegend ausgehen, erscheinen die von dem Rande her gesehenen oder im Allgemeinen deutlicher hervortretenden wie Strahlen der sternförmigen Zelle, die man vor sich zu haben glaubt. Bei Längsschnitten durch die mittleren Partien des Zahnsacks wird das Verhältniss ganz dasselbe. Man hat dann die Pulpa, entweder mit oder ohne die Dentine- und die Schmelzschicht, in der Mitte und zu jeder Seite derselben das Gallertgewebe. Die stärksten Fortsätze gehen nach WENZEL in diesem Falle in der Längsrichtung des Zahnsacks; diese Richtung entspricht auch dem Rande der Zellenplatte selbst und es ist offenbar, dass er gerade diese Ränder für Fortsätze genommen hat; nichts desto weniger laufen aber zwischen den Rändern der einzelnen Zellenplatten sehr grosse Fortsätze, so dass die von WENZEL erwähnte Anordnung, wie eben hervorgehoben, nur in den äussersten Schichten des Gallertgewebes auffällt.

Das weitläufige, anastomosirende Balkenwerk, welches die grobweiligen Plattenzellen mit ihren zahlreichen Fortsätzen in dieser Weise bilden, schliesst nun in sich einen das ganze Gallertgewebe hindurch zusammenhängenden, aber in unzählige Fächer vertheilten Raum ein, der mit einer Flüssigkeit angefüllt ist. Diese Flüssigkeit soll nach den gewöhnlichen Angaben eine gallertartige Beschaffenheit besitzen. Ich fand sie immer klar: bei keinem der vielen Präparate, die ich nach verschiedenen Methoden behandelt hatte, sah ich eine Trübung, eine Körnigkeit oder etwaigen Niederschlag an oder zwischen den Zellen. In Folge dessen und ihres übrigen Aussehens wegen bin ich nicht geneigt anzunehmen, dass sie eine gallertartige Beschaffenheit hat, wohl aber dass sie ziemlich dickflüssig ist. Ueber ihre chemische Natur konnte ich keine nähere Erläuterung erhalten.

4. *Das äussere Epithel des Schmelzorgans.* KÖLLIKER beschreibt dieses Epithel als einem Plattenepithel ähnlich und erwähnt »Epithelialsprossen«, welche von seiner oberen Partie in das umgebende Bindegewebe hineinschiessen und zwischen sich gefässreiche und Bindegewebszapfen entsprechende Schleimbautpapillen aufnehmen. Diese Epithelialsprossen wurden schon von TODD-BOWMAN wahrgenommen, aber für Drüsenorgane gehalten. Nach DURSÝ setzen sich in der That diese Epithelialballen und Bindegewebspapillen während eines früheren Entwicklungsstadiums an dem Halse des Schmelzorgans fort und stehen dort in unmittelbarem Zusammenhang mit den Papillen der Mundschleimbaut.

Das äussere Epithel des Schmelzorgans ist oft recht schwer wahrzunehmen, weil es der Bindegewebskapsel dicht angeschlossen liegt. In manchen Schnittpräparaten ist es mir jedoch gelungen, dasselbe in weiter Ausdehnung vom unteren Umbiegungsrand her zu verfolgen, wo es unter ziemlich schnell vor sich gehender Erhöhung in das innere Epithel übergeht (Taf. III Fig. 1—3*äe*). Dieser Umbiegungsrand befindet sich bei verschiedenen Zahnsäcken in etwas verschiedener Höhe, indem er oft den Winkel, wo sich die Pulpa umbiegt und an die Bindegewebskapsel befestigt, nicht erreicht, wodurch an diesem Winkel ein kleiner freier, mit Flüssigkeit erfüllter Raum entsteht (Taf. III Fig. 1, 2). In anderen Fällen (Taf. III Fig. 3) erstreckt sich jedoch das Schmelzorgan mit seiner umgebogenen Epithelschicht bis zum Boden dieses Winkels hinab, die Pulpa und die Bindegewebskapsel auch hier auskleidend, wodurch kein »leerer« Raum entsteht. Das äussere Epithel des Schmelzorgans besteht übrigens aus nur einer Lage ganz kleiner und niedriger Zellen. Dass die äusseren Zellenlagen des Gallertgewebes sich dichter einander anlegen und sich endlich an das äussere Epithel befestigen, ist oben schon erwähnt worden.

In Betreff der epithelialen Fortsätze kann ich nur sagen, dass diese Fortsätze ganze Massen dicht an einander gedrängter und unregelmässig geformter Zellen von deutlich epithelialer Natur enthalten. Zuweilen ähneln sie wirklich gewissermassen Drüsen dadurch, dass sie mit einem schmaleren Halse versehen sind. Ihre Grösse ist recht bedeutend, indem sie eine Breite und Länge von 0,12 Mm. erreichen. Verzweigte Fortsätze, wie sie KÖLLIKER erwähnt, sah ich nie. Gewöhnlich ist übrigens die Gestalt halbsphärisch, zuweilen der Breite oder Länge nach ausgezogen.

Bevor ich zu einer gedrängten Darstellung der Theorien der Schmelzbildung übergehe, werde ich die Beschaffenheit des Schmelzes in dessen Bildungsstadium kurz besprechen. Eine in der Entwicklung befindliche

Schmelzplatte besteht aus sechsseitigen, gegen die Oberfläche der Schmelzplatte senkrecht gelagerten Prismen, welche nach innen hin compact, am äusseren Ende aber röhrenförmig sind und hier den nach innen hin verschmälernten Tomes'schen Fortsatz einschliessen. Die Bildung der Schmelzprismen schreitet also von der Fläche nach dem Centrum hin, wie es WALDEYER beschrieben hat.

Dass es sich so verhält, habe ich an meinen Präparaten deutlich gesehen. Von der Oberfläche betrachtet bietet eine dünne Schmelzplatte das Aussehen eines regelmässigen Netzwerks mit sechsseitigen Maschen; die Löcher sind leer und das Netzwerk nimmt an Chromsäure- oder Pikrinsäurepräparaten nach Rosanilinfärbung eine schön dunkelrothe Farbe an. Ferner sah ich auch Stücke von Schmelzprismen im ersten Stadium ihrer Entwicklung, welche röhrenförmig waren und ihrer schiefen Lage zufolge der ganzen Länge nach durchgesehen werden konnten. An vertikalen Längsschnitten der mit Pikrin- und Chromsäure behandelten Zahnsäcke bekommt man natürlich die Schmelzprismen von der Seite her zur Ansicht. Ihre seitlichen Begrenzungen sind im Allgemeinen sehr undeutlich hervortretend; zuweilen nimmt man jedoch die die Grenze der Prismen bezeichnenden Linien wahr; sie verlaufen dann einander parallel, aber nicht gerade, sondern in seichten Biegungen und nicht den kürzesten Weg zwischen dem äusseren und inneren Schmelzrande, sondern schief in verschiedener Richtung. Nach innen hin werden diese Grenzlinien undeutlich und schwer zu verfolgen, weil die innere, der Dentine anliegende Partie des Schmelzes wie zerfetzt und theilweise fast zerstört erscheint, was natürlich davon herrührt, dass die älteren, inneren Theile der Schmelzprismen mehr von unorganischen Stoffen enthalten. Der äussere Rand des Schmelzes erscheint an diesen Schnittpräparaten oft gezackt (Taf. III Fig. 4); zwischen den Zacken bemerkt man schalenförmige Vertiefungen, dadurch entstanden, dass die äusseren röhrenförmigen Enden der Schmelzprismen, etwas schief abgeschnitten, von der Seite gesehen sind.

Bezüglich der Weise, in welcher die Schmelzbildung vor sich geht, sind nun hauptsächlich zwei verschiedene Ansichten geltend. Nach der einen Ansicht werden die Schmelzprismen durch directe Verkalkung der Schmelzzellen gebildet, nach der anderen sind die Schmelzzellen Secretionsorgane und ihr verkalkter Produkt stellt den Schmelz dar.

1. *Die Theorie der Schmelzbildung durch directe Verkalkung.* Die bezügliche Ansicht, zuerst von SCHWANN ausgesprochen, ist von TOMES, WALDEYER und HERTZ aufgenommen worden. Für dieselbe spricht nach WALDEYER

die innige Verbindung der Schmelzzellen und kleiner Bruchstücke von Schmelzprismen, welche als unmittelbare Fortsetzung der Zellen an diesen gern haften bleiben; ferner sei die Verkalkungsgrenze an den Zellen auch durchaus keine lineare, sondern greife oft unregelmässig und verschieden tief herab; behandelt man, sagt WALDEYER, jungen Schmelz mit verdünnten Säuren, so quellen die Schmelzprismen etwas auf und nehmen ganz und gar wieder die Form der früheren Cylinderzellen an; eine deutliche membranöse Begrenzung an den Längsseiten tritt wieder hervor.

2. *Die Theorie der Schmelzbildung durch Secretion.* Diese Ansicht wurde zuerst von RASCHKOW ausgesprochen. Sie wurde durch die Schwann'sche Lehre verdrängt, aber in etwas veränderter Gestalt von HUXLEY wieder aufgenommen; er nahm eine secernirende Membran, »die Membrana præformativa«, als den Bildungsheerd des Schmelzes an. LENT stellte eine Wahrscheinlichkeitstheorie auf, nach welcher das Secret der Schmelzzellen die Membrana præformativa durchdringt und sich an ihrer Innenfläche absetzt, dann Kalksalze aufnimmt und fest wird. KOLLMANN und WENZEL nehmen, wie oben angeführt wurde, eine Membran an den inneren Endflächen der Schmelzzellen an; übrigens stimmt ihre Ansicht mit derjenigen von LENT überein.

Gegen diese beiden Theorien können mehrere Einwände hervorgehoben werden. Gegen die Secretionstheorie, wie sie durch LENT und KOLLMANN dargestellt worden ist, wird von WALDEYER und HERTZ die Bemerkung gemacht, dass weder eine »Membrana præformativa« noch ein »Schmelzoberhäutchen« existire. Zu diesem Ergebniss haben, wie oben beschrieben wurde, meine Untersuchungen ebenfalls geführt. Ich kann es aber nicht einsehen, dass durch das Nicht-Vorhandensein der fraglichen Membran die Lehre von der Schmelzbildung durch Secretion fallen muss. Die schwerste Einwendung gegen die Secretionstheorie dürfte die oft aufgeworfene Frage sein, weswegen die Schmelzprismen, wenn sie nur einer Art Secret entsprechen, die Gestalt der secernirenden Zellen so ausgeprägt wiedergeben; diese Frage lässt sich bis jetzt nicht in ganz befriedigender Weise beantworten.

Anderseits mag als Stütze der Secretionstheorie angeführt werden, dass, wie ich gefunden, die Schmelzzellen sich vom Schmelze leicht ablösen, und dabei auch die Tomes'schen Fortsätze aus demselben ausgezogen werden können. Ferner ist es schwer mit WALDEYER anzunehmen, dass die Schmelzzellen gleichzeitig mit der directen Schmelzwandlung ihrer inneren Enden

an den äusseren Enden wachsen; dagegen spricht u. A. die Lage der Kerne, welche bei einem solchen äusseren Zuwachs der Zelle nach innen hin gerückt werden dürften; wie ich oben gezeigt habe, ist eben das Gegentheil der Fall. Ein directer Zuwachs der Zellen in ihrer Länge von den Zellen des Stratum intermedium aus — wie WALDEYER annimmt — ist wohl kaum mehr annehmbar, nachdem ihre Stachelzellennatur nachgewiesen worden ist.

Im Zusammenhang mit dieser Darstellung dürfte hier ein Versuch angeführt werden können, den ich über die Einwirkung verdünnter (2 %) Salpetersäure auf den Schmelz der Zähne eines sechs Monate alten Hundes gemacht habe, indem das Ergebniss desselben möglicherweise auf einen der Gründe WALDEYER's für die directe Verkalkung der Schmelzzellen Einwirkung haben kann.

Die Zähne blieben in der Säure, bis der Schmelz abgeschabt werden konnte, und die ziemlich feinkörnige abgeschabte Masse wurde mikroskopisch untersucht. Ich fand da in reichlicher Menge Bruchstücke von Schmelzprismen. Die Längsstücke erschienen — was ich nie erwähnt gefunden habe — deutlich der Länge nach gestreift. An den am wenigsten angegriffenen Bruchstückchen sah ich glänzende, ziemlich breite, neben den Rändern der Prismen verlaufende Linien, welche zuweilen sogar von den Rändern auf die Oberfläche übergingen. Möglicherweise stellen diese Linien die Seitenstreifen dar, welche WALDEYER als Zeichen der wieder auftretenden membranösen Begrenzung an den Längsseiten angenommen hat. Dass in meinen Präparaten jedoch keine Art Membran vorlag, ging deutlich hervor, als ich die fraglichen Bruchstücke mit anderen von der Säure angegriffenen Partien des Schmelzes verglich. Die Streifen lösten sich nämlich hier und da vom Rande der Bruchstücke in längerer oder kürzerer Strecke ab, die ganzen Schmelzprismen erschienen gestreift und ihre Enden oft fein zerklüftet; von den Seiten derselben löste sich ein Streifen nach dem anderen ab und die gröberen Streifen theilten sich in feine Fasern; die Länge dieser Streifen und Fasern war nie bedeutend. Bei längerer Einwirkung der Säure erhielt ich kleine kurze Bruchstücke der Schmelzprismen in vollständig faserigem Zerfall begriffen; endlich scheinen nur sehr kleine, kurze und schmale Stücke zurückzubleiben. Aus diesem Verhalten des Schmelzes gegen Säuren lässt sich annehmen, dass die membranöse Zeichnung, welche bei der Einwirkung von Säuren auf Schmelzprismen beobachtet worden, nichts Anderes ist als der erste Schritt zu einem faserigen Zerfall des Schmelzes. Der eigentliche Verlauf dabei scheint aber

bisher nicht wahrgenommen zu sein, weil man wahrscheinlich zu starke Säuren angewandt hat, weshalb der ganze Process zu schnell abgelaufen ist.

Im Ganzen scheint mir nun, wenn ich meine eigene Ansicht aussprechen soll, die Secretionstheorie mehr Wahrscheinlichkeit für sich zu haben als die Annahme von der directen Umwandlung der Schmelzzellen in Schmelz, obwohl zugegeben werden muss, dass die näheren Verhältnisse des Processes uns nicht hinreichend bekannt sind, da sie sich leider unserer unmittelbaren Beobachtung entziehen.

## B. Die Pulpa.

Die Zahnpulpa ist, wie WALDEYER sagt, gleichsam das Modell des Zahns, um welches sich die Hartgebilde wie ein Abguss herumlegen, und hat demnach eine äusserst variable Form. In Betreff der letzteren will ich hier eine, wie es scheint, bisher nicht gemachte Beobachtung anführen, dass sich nämlich die Pulpa an ihrem Fusse ringsum nach aussen und oben umbiegt und an der Innenseite der Zahnsackskapsel eine Strecke emporsteigt (Taf. III Fig. 1—3). Die Pulpa bildet demnach allein den Winkel, in welchem das Schmelzorgan sich hinabsenkt und wo der Uebergang des inneren Epithels desselben in das äussere Epithel vor sich geht. Sein äusseres Epithel kommt also Anfangs auf der Pulpa zu ruhen (Taf. III Fig. 3), jedoch, wie oben angedeutet wurde, nicht immer, weil das Schmelzorgan sich ziemlich oft nicht in den erwähnten Pulpawinkel hinab erstreckt (Taf. III Fig. 1, 2). Es entsteht dann natürlicherweise rings um den Fuss der Pulpa ein von Flüssigkeit angefüllter Raum; dieser Raum ist schon von MAGIOT erwähnt, der angiebt, dass dieser »vide«, wie er ihn nennt, mit der Entwicklung des Zahns wächst, was jedoch nach meiner Erfahrung nicht immer der Fall ist.

Das Gewebe der Pulpa bietet nicht Vieles von besonderem Interesse. Es besteht bekanntlich aus einer homogenen Zwischensubstanz mit zahlreichen eingelagerten verzweigten Zellen und stellt einen Typus des mukösen Bindegewebes dar. Die Fortsätze der Pulpazellen sah ich besonders schön an Präparaten, welche mit Pikrinsäure und Pikrokarmen behandelt waren. Auffallend ist die Spärlichkeit der Zellen in den centralen Partien und ihr Reichthum nach der Oberfläche der Pulpa hin, was ich vor Allem an dünnen Schnitten der Katzenpulpa sehr deutlich wahrnehmen konnte. Die homogene Zwischensubstanz scheint indessen an den Stellen, wo noch keine Odon-

toblastenbildung statt findet, an der äussersten Oberfläche der Pulpa nach aussen von den dicht angehäuften Pulpazellen eine besondere dünne Schicht zu bilden. Diese Schicht ist bald etwas verdichtet und erscheint an vertikalen Längsschnitten des Zahnsacks als ein etwas wellenförmig verlaufender Saum, bald bildet sie einen hellen homogenen Rand äusserst um die Pulpa herum.

Bezüglich der Verbreitung der Blutgefässe wird angegeben, dass dieselben ein reiches Capillarnetz dicht unter der Oberfläche der Pulpa bilden; dies kann ich bestätigen, vor Allem nach schönen injicirten Präparaten der Kaninehenpulpa, wo auf längeren Strecken ein unmittelbar unter den Odontoblasten befindliches Capillarnetz verfolgt werden konnte. Ich vermag aber noch hinzuzufügen, dass sich die Capillaren oft in die Odontoblastenschicht selbst, dicht unter der Dentineoberfläche, erstrecken, wie ich sowohl bei Menschen (Taf. IV Fig. 1) wie noch öfter bei Kaninchen und Hunden beobachtet habe.

Unter den Bestandtheilen der Pulpa beschäftigte ich mich vor Allem mit den Odontoblasten. Diese Zellen wurden zuerst durch SCHWANN entdeckt, welcher sie als cylindrische Gebilde erwähnte. Nach jener Zeit wurden sie manchmal, obwohl merkwürdiger Weise auch bezüglich der Odontoblasten des Menschen, unvollständig und sogar unrichtig beschrieben. Die bisher veröffentlichten Abbildungen sind auch wenig erläuternd und bei Weitem nicht befriedigend. LENT wies das Vorhandensein der peripherischen Fortsätze der Odontoblasten nach. Dieselben wurden aber von MAGROT bestritten, welcher meinte, dass nur das innere, centrale, nach der Pulpa gerichtete Ende dieser Zellen mit einem Fortsatze versehen sei; die Abbildungen MAGROT'S von Odontoblasten menschlicher Embryonen sind höchst unbefriedigend. HERTZ schrieb wenigstens den meisten dieser Zellen eine Membran zu und bestritt den Pulpaprocess; seine Abbildungen betreffen Odontoblasten menschlicher Embryonen; sie sind aber wenig erläuternd; im Texte sagt er nicht, ob er die Odontoblasten menschlicher Embryonen besonders meine; er schreibt ihnen aber hier einen oder mehrere Fortsätze zu. WALDEYER, welcher diese Zellen zuerst Odontoblasten benannte, sagt von ihnen in seiner im Stricker'schen Handbuche gegebenen Beschreibung: »Die äussere Schicht der Pulpa bildet eine Lage grosser, mit zahlreichen Fortsätzen versehener, länglicher Zellen, Odontoblasten, die nach Art eines Cylinderepithels aneinander gereiht sind. Diese Zellen haben eine Länge von 20—30  $\mu$  bei durchschnittlich 5  $\mu$  Breite, sind feinkörnig und membranlos. Der ziemlich grosse rundliche oder ovoide

Kern steckt gewöhnlich in dem der Pulpa zugewandten Ende». Uebri-  
gens beruft sich WALDEYER auf BOLL, welcher eine besonders ausführliche Be-  
schreibung nebst einer grösseren Zahl von Abbildungen der Odontoblasten des  
Kaminchens, des erwachsenen sowohl wie des neugeborenen, geliefert hat.  
Die Odontoblasten bieten nach BOLL die verschiedensten Formen dar. »Das  
einzige, allgemein gültige Kennzeichen ist das Ueberwiegen des Längs- über  
den Breitendurchmesser; ersterer übertrifft letzteren meist um mehr als das  
Doppelte. Die häufigste Form ist die unregelmässig prismatische, doch sind  
die spindel-, ei- und birnförmigen Odontoblasten, sowie alle möglichen  
Zwischenformen zwischen den genannten, keineswegs selten». »Constant  
ist ferner der eine ovale, dunkle Kern, der stets am Pulpaende liegt, mit  
seinen ein bis zwei erst bei Zusatz von Salzsäure sichtbar werdenden Kern-  
körperchen». Die Zellen haben nach BOLL ferner keine Membran, was aus  
dem Vorhandensein der zarten commissurenähnlichen Fortsätze hervorgeht,  
deren sich oft einer bis drei zwischen je zwei Zellen befinden und welche,  
wie BOLL anzunehmen scheint, die Seitenflächen angrenzender Odontoblasten  
untereinander verbinden. Ausser diesen seitlichen Fortsätzen geht gewöhnlich  
noch je ein, ja mitunter zwei centrale Pulpafortsätze nach innen hin von  
den Odontoblasten aus; ferner erstrecken sich auch von ihnen aus noch  
Fortsätze in die Röhren des Zahnbeins, deren Anzahl nach BOLL sehr ver-  
schieden ist; während einige Zellen nur einen einzigen besitzen, zeigen andere  
drei bis vier, ja sogar fünf oder sechs, »was den betreffenden Zellen ganz  
das Aussehen von Wimperepithelien gab». Von den beiden anderen Ar-  
ten von Fortsätzen unterscheiden sie sich durch ein weniger körniges Pro-  
toplasma und durch grösseren Glanz; sie verästeln sich und communiciren  
vielfach mit einander. Das ganze complicirte Kanalsystem des Zahnbeins  
wird von diesen Fortsätzen ausgefüllt, wie zuerst besonders von TOMES und  
BEALE dargestellt worden ist. Wenn mehr wie ein Fortsatz vorhanden  
ist, gehen diese Fortsätze von solchen Odontoblasten aus, die ein quer ab-  
gestutztes äusseres Ende haben; die übrigen Formen besitzen gewöhnlich  
nur einen Fortsatz. Die Odontoblasten des erwachsenen Kaminchens sind  
länger und schmaler als die embryonalen.

WENZEL theilte eine besonders ausführliche Beschreibung dieser Zellen  
mit, welche jedoch ziemlich mit derjenigen von BOLL und WALDEYER über-  
einstimmt und sich zunächst auf die Odontoblasten des Kaminchens bezieht.  
Er erwähnt speciell, dass die jungen Odontoblasten rund sind, mit der  
Zeit aber sich verschmälern, und hebt bezüglich der älteren Odonto-  
blasten hervor, dass die cylinder-, spindel- und uhrglasförmigen die ge-

wöhlichsten Formen darstellen. Eigentliche Abbildungen derselben lieferte er nicht.

Bei meinen eigenen Untersuchungen über Odontoblasten benutzte ich als Material nicht nur die Zahnsäcke menschlicher Embryonen, sondern auch Zähne erwachsener Menschen, Hunde, Kaninchen und Schweine. Die embryonalen Zahnsäcke wurden auch für diese Untersuchungen entweder der Isolation der Zellen wegen mit verdünnter Müllerscher Lösung oder, um Schnittpräparate zu gewinnen, mit Pikrin- oder Chromsäure behandelt; beide Methoden lieferten gute Resultate. In die Müllersche Lösung wurden die Zahnsäcke ungeöffnet während einiger Tage gelegt, dann aufgeschnitten, wonach die Dentinmütze abgehoben wurde. Durch diese Behandlung bleiben die meisten Odontoblasten an der Pulpaoberfläche sitzen. An Zerpufungspräparaten der Pulpa bekommt man oft einen wahren Wald von Fortsätzen bedeutender Länge, wogegen es oft recht schwierig ist, die Zellen selbst isolirt zu erhalten. An Schnittpräparaten der mit Säuren behandelten und in gefrorenem Zustande geschnittenen Zahnsäcke hat man eine besonders gute Gelegenheit, die Form und Anordnung der Odontoblasten verschiedener Theile des Zahnsacks zu studiren. Zur Untersuchung der Odontoblasten erwachsener Thiere wurden verschiedene Methoden versucht; nach vorsichtiger Zerbrechung der Zähne wurden sie entweder in verdünnte Müllersche Lösung oder Chromsäure ( $\frac{1}{32}$  % nach BOLL) gelegt, eine Behandlungsmethode, die mir nur ausnahmsweise gute Resultate gegeben hat — oder auch wurde die Pulpa von dem Zahnbein abgelöst und mit Goldchlorid und Ameisensäure behandelt; letztere Methode gelingt zwar nicht immer gut, aber nicht selten bekommt man dadurch eine sehr schöne violette Färbung der Odontoblasten, welche vor Allem ihre Gestalt wohl beibehalten und noch dazu sich ziemlich leicht isoliren lassen. Uebrigens eignen sich solche Goldpräparate auch zur Untersuchung der Nerven des Zahns.

Bei Zähnen von Kaninchen und Hunden erhielt ich stets die Odontoblasten als eine zusammenhängende, die innere Zahnbeinfläche bedeckende Schicht; oft folgte ihr auch sogar die äusserste Schicht der eigentlichen Pulpasubstanz. Dies war ebenfalls nicht selten bei menschlichen Zähnen der Fall, oft aber wurden auch, ohne Anwendung besonderer Vorsichtsmassregeln, die Odontoblasten vom Zahnbein abgelöst und blieben der Pulpaoberfläche anhaftend.

Wenn nun Partien der Odontoblastenschicht von der Zahnbeinfläche abgeschabt und zerpufft werden, bekommt man theils vollständig isolirte

Zellen, theils auch dünne Theile der Odontoblastenschicht, an welchen sowohl die Zellenformen als besonders die Anordnung der Zellen fast ebenso schön studirt werden können wie an Schnittpräparaten. Letztere sind deswegen bei Zähnen Erwachsener nicht nothwendig, was besonders werthvoll ist, da es sehr schwer fällt, an diesen sich durch Säuren so langsam erweichenden Zähnen die Odontoblasten in natürlicher Gestalt zu erhalten.

Bei der folgenden Darstellung der Odontoblasten werde ich ihre verschiedenen Formen, jede für sich, beim menschlichen Embryo, beim erwachsenen Menschen, Kaninchen, Hunde und Schweine beschreiben; bezüglich ihres Protoplasma, ihrer Kerne, Fortsätze u. s. w. werde ich aber eine allen Odontoblastenarten gemeinsame Darstellung geben.

Ich gehe hierbei von der Darstellung der Odontoblasten menschlicher Embryonen aus. Um eine Uebersicht des Zusammenhanges der wechselnden Formen dieser Odontoblasten zu liefern, werde ich zuerst eine kurze allgemeine Schilderung der allmäligen Veränderung der Gestalt, Grösse und Anordnung derselben mittheilen, welche wahrgenommen wird, wenn man sie an vertikalen Längsschnitten von Zahnsäcken sieben- bis achtmonatlicher Embryonen von ihrem ersten Auftreten bis zur Spitze der Pulpa verfolgt.

Am untersten Theile, wo der Zahnbeinrand ausläuft, zeigen sich die Odontoblasten als runde oder spindelförmige, kleine, dicht liegende Zellen. Etwas höher oben werden sie etwas grösser, im Allgemeinen länglicher, der Gestalt nach unregelmässig, birnförmig, prismatisch, oval u. s. w. (Taf. IV Fig. 2). Allmähig erhalten sie nun eine ziemlich regelmässig cylindrische Gestalt und wachsen gleichzeitig in allen Richtungen (Taf. IV Fig. 2). Diese Cylinderzellen sind zuweilen auf längere Strecken von gleicher Grösse (dieselbe Fig.). Gewöhnlich werden jedoch hierbei einige Zellen kürzer als die übrigen, so dass längere und kürzere cylindrische Zellen mit einer gewissen Regelmässigkeit alterniren (dieselbe Fig.). Zu gleicher Zeit fangen auch die Zellen an, der Gestalt nach unregelmässiger zu werden; bei manchen längeren Zellen erscheinen die äusseren, zwischen den kürzeren liegenden Theile gleichsam eingeklemmt, zusammengedrückt und schmaler; bei anderen werden die Seitenflächen ausgehöhlt oder auch werden die Zellen spindelförmig u. s. w. Nach oben hin nimmt die Odontoblastenschicht stetig an Höhe zu. Je höher nach der Pulpaspitze hin, desto mehr erscheinen die Zellen wie gegen einander gepresst, und in Zusammenhang damit sieht man die Zellenformen immer wechselnder und eigenthümlicher werden. Gewisse Zellen behalten ungefähr ihre frühere Gestalt. Andere werden anschnlich

verlängert; ihre der Pulpasubstanz zugewandten Enden behalten die Cylind- oder Spindelform, während dagegen ihre äusseren, zwischen den kürzeren Zellen emporragenden Theile in mehrfacher Weise verändert werden, indem sie sich in eine Platte oder einen Strang verwandeln, welcher sich wieder zu einer Platte verbreitern kann u. s. w. Die Odontoblasten zeigen also hier eine recht complicirte Anordnung. Die einfachere Anordnung zu einer einfachen Reihe ziemlich gleich grosser Zellen kommt nur im untersten, jüngsten Theile der Odontoblastenschicht vor; je weiter hinab an der Pulpa das Zahnbein wächst, desto länger nach unten hin erstreckt sich auch die complicirte, unregelmässige Anordnung der Odontoblasten in nur scheinbar mehrfacher Schicht, und in allen vollständig entwickelten Zähnen ist eine solche Anordnung alleine herrschend.

Aus dem hier Dargestellten geht schon hervor, dass die verschiedenen Formen der Odontoblasten durch eine Reihe Uebergangsformen in einander übergehen. Sie können deswegen nicht in bestimmt getrennte Formen getheilt werden. Hier werde ich deshalb nur der genaueren Kenntniss wegen die hauptsächlichsten Typen derselben beschreiben.

Von den Odontoblasten lassen sich drei Haupttypen unterscheiden. Zum ersten Typus rechne ich die kleinen runden und spindelförmigen, ebenso die etwas grösseren, unregelmässig geformten, birnförmigen oder prismatischen Odontoblasten, deren eigentliche Bedeutung darin liegt, dass sie die Odontoblastenschicht bei ihrem ersten Auftreten und den untersten jüngsten Theil derselben während der ganzen Entwicklung des Zahns allein bilden. Sie können natürlicherweise nur an solchen Stellen vorkommen, wo Neubildung von Odontoblasten vor sich geht, und stellen im Ganzen die primären unentwickelten Formen der Odontoblasten dar. Die kleinsten unter ihnen unterscheiden sich hauptsächlich durch ihre Anordnung sowie etwas durch ihre Grösse von den Zellen der eigentlichen Pulpasubstanz, mit welchen sie übrigens natürlicherweise nahe verwandt sind; ihre Fortsätze sind schwer wahrzunehmen und ihre Contouren ziemlich undeutlich.

Zum zweiten Typus gehören die Odontoblasten, deren Form zwischen derjenigen der unentwickelten Odontoblasten des ersten Typus und der eigenthümlich ausgebildeten des dritten Typus steht; ihre Gestalt kann sehr wechseln, ist aber im Allgemeinen cylindrisch. Die Odontoblasten der cylindrischen Form zeigen keine scharfe seitliche Begrenzung; oft gehen von ihren Seiten äusserst zarte, zuweilen verzweigte, fast fadenförmige Fortsätze aus, welche wahrscheinlich den beim Kaninchen von BOLL erwähnten Protoplasma-Commissuren entsprechen; nie sah ich aber, wie dieser For-

scher, die zarten Fortsätze die Zellen mit einander verbinden. Auch wenn keine solche kleine Seitenfortsätze vorkommen, sind jedoch die Zellenränder nicht eben, sondern hier und da fein gezackt. Das untere Ende ist bei den kürzeren Zellen gewöhnlich stumpf und abgerundet, bei den längeren aber verschmälert und allmähig in den Pulpafortsatz übergehend; das obere Ende ist gewöhnlich von einem ganz scharfen, querlaufenden Saume begrenzt, welcher sowohl gegen den Zellenkörper wie den Fortsatz deutlich markirt ist. Vom äusseren Ende betrachtet zeigen die Zellen eine abgeplattete obere Endfläche, von welcher sich der Fortsatz, von einem dunklen Rande umgeben, erhebt. Die Länge des Zellenkörpers beläuft sich, obwohl selten, bis auf 0,06 Mm.; die kürzesten, welche gewöhnlich auch die dicksten sind, besitzen nicht mehr wie ein Drittel dieses Masses; Abbildungen dieser cylindrischen Odontoblasten sind auf der Taf. IV Fig. 3, 4, 17 und 18 dargestellt.

Die nicht rein cylindrischen Odontoblasten, die ich zum zweiten Typus rechne, haben eine Gestalt, welche der cylindrischen ziemlich nahe steht und gleichsam durch eine unbedeutendere Veränderung (durch den Druck angrenzender Zellen u. s. w.) aus ihr entstanden zu sein scheint. Die gewöhnlichsten Formen solcher Odontoblasten sind die spindelförmigen (Taf. IV Fig. 7), und diejenigen, deren eine oder beide Seitenflächen concav sind oder die eine schmalere äussere Hälfte besitzen u. s. w. Es ist hier keine besondere Beschreibung dieser Formen nothwendig, indem sie in allen Theilen mit den cylindrischen Odontoblasten übereinstimmen. Ihre Länge ist bedeutend, derjenigen der längsten cylindrischen Odontoblasten entsprechend.

Die Odontoblasten des dritten Typus treten zuletzt auf und zeigen sich zuerst an den Spitzen der Pulpa; sie geben hier, wie erwähnt, durch ihr Auftreten zu einer complicirteren und unregelmässigeren Anordnung Anlass. Ihre eigenthümlichen Formen können gewissermassen als durch Verlängerung cylindrischer Zellen entstanden betrachtet werden, worunter zugleich ihre äussere Partie durch den Druck angrenzender kürzerer Zellen in mehrfacher Weise verändert zu sein scheint. Obwohl also das Aussehen der Zellen sehr verschieden sein kann, sind jedoch gewisse Formen die am öftesten vorkommenden und als für diese Art der Odontoblasten besonders charakteristisch anzusehen. Bei menschlichen Embryonen kommen besonders zwei solche Formen vor. Die Odontoblasten der einen Form sind *abgeplattet* oder *plattenförmig*. Mit Ausnahme des inneren kernführenden Endes stellt die ganze Zelle eine Platte dar, welche an verschiedenen Stel-

len eine ungleiche Breite haben kann; die begrenzenden Ränder sind eben; die Grenze zwischen der flachen Zellenplatte und dem äusseren Fortsatz erscheint in der Regel undeutlich, nur selten durch einen queren, schärfer markirten Rand ausgezeichnet. Die Länge dieser Zellen beträgt sich bis zu 0,066 Mm. Die Taf. IV Fig. 5 und 8 stellt Odontoblasten dieser Form dar.

Die Odontoblasten der zweiten Form sind besonders eigenthümlich. Die Zelle erscheint wie in zwei durch eine gewöhnlich ziemlich lange und schmale Mittelpartie verbundene Hälften abgetheilt. Der centrale Theil enthält den Kern, ist oval, zuweilen rund, in der Regel scharf begrenzt und reichlich granulirt. Das Mittelstück besitzt oft nicht grössere Breite als ein gewöhnlicher Fortsatz und geht früher oder später in den äusseren Theil der Zelle über, welcher aus einer flachen, plattenförmigen Ausbreitung ohne körnige Beschaffenheit besteht. Die Form der Platte wechselt und ist zuweilen mit unregelmässigen Einkerbungen versehen; sie geht ohne ausgeprägte Grenze in den Fortsatz über. Die Länge dieser Zellen beläuft sich bis auf 0,09 Mm. Taf. IV Fig. 9—11, 16 stellt Abbildungen dieser Form dar.

Zwischen den eben beschriebenen platten und diesen mit zwei Abtheilungen versehenen Zellen kommen zahlreiche Uebergangsformen vor. Das Mittelstück kann nämlich breit und kurz sein und sich nur wenig von den Endstücken der Zelle unterscheiden. Auf Taf. IV, Fig. 12—14, sind Odontoblasten abgebildet, welche sich nur schwer zu einem der drei Haupttypen hinführen lassen; am richtigsten sind sie meiner Ansicht nach zum dritten Typus zu rechnen, weil ihr ziemlich langer, abgeplatteter äusserer Theil am ehesten dem Zellenkörper angehört und nicht als Zellenfortsatz zu betrachten ist, indem letzterer, der zwar an seinem Anfang breit sein kann, sich schnell verschmälern pflegt.

Zwischen den Odontoblasten findet sich in mehr oder weniger sparsamer Menge eine Substanz, welche mit der Intercellularsubstanz der übrigen Pulpa zusammenhängt und unten näher besprochen werden soll.

Nach dieser ausführlicheren Darstellung der beim menschlichen Embryo vorkommenden Odontoblasten werde ich die entsprechenden Verhältnisse beim erwachsenen Menschen und den von mir untersuchten Thieren kurz besprechen.

Beim erwachsenen Menschen scheint man, nach der hierauf bezüglichen Literatur zu urtheilen, bisher keine nähere Untersuchungen über die Odontoblasten angestellt zu haben. Ich habe nicht einmal deutliche Angaben

gefunden, dass diese Gebilde beim erwachsenen Menschen vorkommen, und ob sie in solchem Falle die beim Embryo vorhandenen Formen behalten oder Veränderungen regressiver Art erleiden, indem ihnen nach der vollständigen Entwicklung der Zähne nicht mehr dieselbe physiologische Aufgabe zufällt.

Durch meine diesen Fragen gewidmeten Untersuchungen habe ich mich davon überzeugt, dass beim erwachsenen Menschen die Odontoblasten nicht nur noch vorhanden sind, sondern ungefähr dasselbe Aussehen wie beim Embryo besitzen, weshalb die Eintheilung der Odontoblasten, die oben für den Embryo angegeben wurde, auch für den erwachsenen Menschen gelten kann, wie dies ja auch bei den folgenden Beschreibungen der entsprechenden Gebilde des Kaninchens und des Hundes der Fall ist. Wie schon oben angeführt wurde, können indessen beim erwachsenen Menschen keine Odontoblasten des ersten Typus des Embryos angetroffen werden. Die Odontoblastenschicht des Erwachsenen besteht durch und durch aus Zellen verschiedener Länge, von der complicirten Anordnung, welche beim Embryo erst beim Auftreten der Odontoblasten vom dritten Typus angetroffen wird. Die Odontoblasten vom zweiten Typus bieten ungefähr dieselben Formen wie beim Embryo dar; die Abgrenzung des Zellenkörpers gegen den Zahnbeinfortsatz scheint jedoch nicht so deutlich markirt zu sein; im Allgemeinen scheinen diese Zellen beim Erwachsenen in allen Dimensionen kleiner zu sein wie beim Embryo. Die Odontoblasten des dritten Typus scheinen hier ebenfalls etwas kleiner wie beim Embryo zu sein. Die äussere Partie der Zellen erscheint entweder abgeplattet aber gleichmässig breit, oder zu einem Strange umgewandelt, welcher an seinem äusseren Ende, von dem der Fortsatz ausläuft, zuweilen eine kegelähnliche Anschwellung zeigt. Die Grenze gegen den Fortsatz ist bei allen diesen Odontoblasten deutlich, nicht selten sogar sehr scharf ausgeprägt. Einige Abbildungen der Odontoblasten des erwachsenen Menschen sind auf Taf. IV Fig. 19—23 mitgetheilt. Uebrigens ist hier zu bemerken, dass es mit ziemlich grossen Schwierigkeiten verbunden gewesen ist, diese Zellen in unbeschädigtem Zustande isolirt zu erhalten.

*Die Odontoblasten des Kaninchens.* Diese Gebilde sind schon mehrmals beschrieben worden, aber eine erneute Untersuchung hat nun dargethan, dass die bisherigen Darstellungen in mancher Hinsicht unvollständig und sogar unrichtig waren, weshalb eine gedrängte Beschreibung derselben hier geliefert werden soll.

Da die Schneidezähne des erwachsenen Kaninchens stets wachsen, werden wohl fortwährend neue Odontoblasten gebildet. Man trifft deshalb bei diesen Zähnen am untersten Ende der Pulpa Odontoblasten von der Art, wie beim menschlichen Embryo unter dem ersten Typus beschrieben worden ist. Vom zweiten Typus ist eine reichliche Wechselung der Formen vorhanden. Im Allgemeinen ist hier, wie beim menschlichen Embryo, die cylindrische Zellenform vorherrschend. Auf Taf. V Fig. 7—10 sind Abbildungen solcher Odontoblasten verschiedener Länge und Dicke mitgetheilt. Die längeren Zellen sind im Allgemeinen zugleich auch schmaler. Die Grenze gegen den Fortsatz ist scharf vermittelt eines bisweilen ziemlich breiten, dunklen Randes markirt (Taf. V Fig. 9). Ausser den rein cylindrischen Zellen sieht man dreiseitig prismatische Zellen mit dem Fusse gegen die Zahnbeinfläche, sowie spindelförmige, deren Körper allmähig in den Fortsatz übergeht (was doch ungewöhnlich ist), und hin und wieder noch andere seltenere Formen.

Vom dritten Typus der Odontoblasten bietet das Kaninchen viele schöne Formen dar. Obwohl man auch den oben beim menschlichen Embryo beschriebenen vollständig ähnelnde Formen antrifft (Taf. V Fig. 3, 6), so findet sich doch eine besondere Zellenform vor, welche als für diese Art Odontoblasten des Kaninchens charakteristisch angesehen werden kann. Das innere Ende dieser Zellen ist oval, kernführend; es verschmälert sich allmähig nach aussen hin und setzt sich in einen langen, fast gleichmässig breiten Strang fort, welcher sich nahe unter der Zahnbeinfläche wieder etwas verbreitert, einen umgekehrten, mit der Basis gegen die Zahnbeinfläche gerichteten Kegel darstellend; die Basis des Kegels, d. h. das äussere Ende der Zelle ist scharf markirt und sowohl dadurch wie auch durch ihre grössere Breite sehr deutlich vom Fortsatze abgesetzt; die seitlichen Ränder des Zellenkörpers sind nicht eben, sondern hier und da mit kleinen Stacheln und Vorsprüngen versehen. Die Länge dieser Zellen beläuft sich bis auf 0,99 Mm. (Taf. V Fig. 2). Uebergangsformen kommen auch vor, und dies sowohl zu den platten (Taf. V Fig. 5) wie zu den cylindrischen (Taf. V Fig. 4) Odontoblastenformen; die letzt erwähnten könnten mit Recht uhrglasförmige Zellen genannt werden.

*Die Odontoblasten des Hundes.* Bezüglich derselben gilt das von der Geschichte derjenigen des erwachsenen Menschen Gesagte, indem ich keine Beschreibung von ihnen gefunden habe, wie ich auch im Allgemeinen keine bestimmte Angaben über das Vorkommen der Odontoblasten in voll-

ständig ausgebildeten, nicht mehr in Entwicklung begriffenen Zähnen in der Literatur antreffen konnte. Die Odonblasten des Hundes besitzen sehr schöne Formen, welche sich durch grössere Regelmässigkeit als bei anderen von mir untersuchten Thieren der Fall zu sein scheint auszeichnen. Odontoblasten vom ersten Typus kommen natürlich nicht in vollständig ausgebildeten Zähnen des Hundes vor. Die Odontoblasten vom zweiten Typus scheinen besonders regelmässig geformt zu sein (Taf. V Fig. 15, 16) und stimmen übrigens mit den entsprechenden Odontoblasten des menschlichen Embryos überein. Als etwas Besonderes verdient bemerkt zu werden, dass, während die Odontoblastenschicht beim Hunde durch einen scharf markirten dunklen Rand gegen die Dentinfortsätze begrenzt ist (Taf. V Fig. 13, 15), so geschieht es oft, dass dieser Rand den isolirten cylindrischen Odontoblasten fehlt, bei den Zellen vom dritten Typus aber um so viel schärfer hervortritt. Der Hund hat hauptsächlich eine den Odontoblasten vom dritten Typus angehörige Form aufzuweisen. Diese Form ähnelt im Wesentlichen der beim Kaninchen beschriebenen, unterscheidet sich aber theils dadurch, dass die conische Anschwellung des äusseren Endes fehlt oder wenigstens sehr unbedeutend ist, theils durch die äusserst scharf markirte Abgrenzung gegen den Fortsatz (Taf. V Fig. 13, 14, 15). An isolirten Zellen sieht es fast aus, als ob der Fortsatz von einer querliegenden, kleinen, auf das äussere Ende der Zelle placirten Platte ausgehe (Taf. V Fig. 13). Die Länge der Zellen ist im Ganzen etwas geringer wie beim Kaninchen.

*Die Odontoblasten des Schweines.* Beim erwachsenen Schweine habe ich ebenfalls das Vorhandensein der Odontoblasten bestätigen können; der Form sowohl wie der Anordnung nach stimmen sie im Wesentlichen mit den oben beschriebenen Odontoblasten anderer erwachsener Thiere überein.

Nach dieser Darstellung der Odontoblasten der verschiedenen von mir untersuchten Thiere werde ich im Anschluss an das schon oben Angeführte eine ganz gedrängte Beschreibung von der Anordnung derselben in der Odontoblastenschicht geben und den Antheil recapituliren, den jeder der drei Formentypen an der Bildung derselben hat.

Die Odontoblasten vom ersten Typus kommen, wie erwähnt, nur an den Stellen vor, wo Neubildung derselben vor sich geht. Sie können demnach nur in noch unausgebildeten oder stets wachsenden Zähnen vorhanden sein. Die Odontoblasten bleiben nicht in diesem Entwicklungsstadium, sondern wachsen, verändern Gestalt und gehen zu Odontoblasten vom zweiten

Typus über. Diese allein bilden beim menschlichen Embryo in einer kleinen Strecke (Taf. IV Fig. 2, Taf. III Fig. 4) sowie in den Schneidezähnen des Kaninchens (Taf. V Fig. 12) und anderen stets wachsenden Zähnen die Odontoblastenschicht. Uebrigens dienen sie zur Ausfüllung der Räume, welche zwischen den äusseren schmaleren Theilen der längeren Odontoblasten vom dritten Typus gebildet werden; sie erstrecken sich dann natürlicherweise nicht durch die ganze Odontoblastenschicht, sondern reichen nur eine kürzere oder längere Strecke in dieselbe hinein (Taf. IV Fig. 1; Taf. V Fig. 1, 15). Viele Odontoblasten behalten diese Form, während andere sie verändern, verlängern und so in Odontoblasten vom dritten Typus übergehen. Letztere treten, wie oben erwähnt, erst an den Spitzen der Pulpa auf, und ihr Auftreten giebt zu einer besonders complicirten und eigenthümlichen Anordnung der Odontoblasten Anlass. Die längsten dieser Zellen erstrecken sich durch die ganze Odontoblastenschicht; mit ihren inneren dickeren Enden liegen sie dicht aneinander und bilden dadurch einen ebenen und deutlichen Grenzrand zwischen der Odontoblastenschicht und der übrigen Pulpa. Zwischen ihren schmalen oder platten Körpern nehmen sie als Ausfüllung kürzere Odontoblasten theils von cylindrischer, theils von ihrer eigenen Form auf (Taf. IV Fig. 1, 19, Taf. V Fig. 1, 15). Also erstrecken sich nicht alle Zellen von diesem Typus durch die ganze Odontoblastenschicht.

Durch diese eigenthümliche Anordnung, welche in vollständig entwickelten Zähnen vorherrschend ist, erhält es den Anschein, als ob die Odontoblasten in mehreren über einander befindlichen Lagen sich befänden. Diese Mehrschichtigkeit ist jedoch nur scheinbar. Alle Odontoblasten erstrecken sich nämlich mit ihren äusseren Enden bis an die Zahnoberfläche, weshalb von in mehreren Lagen über einander befindlichen Zellen gar keine Rede sein kann.

Es mag eigenthümlich erscheinen, dass die eigentliche Zusammensetzung der Odontoblastenschicht bisher kaum richtig geschildert worden ist. Man hat dieselbe im Allgemeinen als aus einer einfachen Reihe ziemlich gleich hoher Zellen bestehend beschrieben. Es ist dies um so merkwürdiger, als die Gestalt, Grösse und Anordnung der Odontoblasten bei allen Säugethieren ungefähr dieselbe zu sein scheint.

Ich werde jetzt zur Darstellung des feineren Baues der Odontoblasten übergehen. Die Odontoblasten haben einen im Ganzen reichlich granulirten Bau; der Körper der kürzeren Zellen ist durch und durch mit kleinen, dunklen Körnern durchsetzt, wogegen die langen, zum dritten Typus gehörigen Zellen ein eigenthümliches Verhalten zeigen; nur ihr inneres, dickeres

Ende ist granulirt, wogegen der äussere schmale oder platte Theil von aller Körnigkeit frei ist; die Grenze zwischen den beiden Zonen ist oft scharf markirt (Taf. V Fig. 3, 6; Taf. IV Fig. 10, 11, 13, 14, 15, 19). Die innere granulirte Zone wird auch durch Färbungsflüssigkeiten stärker gefärbt.

Der Kern ist bei allen Odontoblasten gegen das Pulpaende hin gelegen, entweder am tiefsten hinab, das innere centrale Ende der Zelle vollständig ausfüllend, oder ein wenig höher empor, ringsum vom Protoplasma umgeben. In den cylindrischen Odontoblasten und besonders in denen des erwachsenen Menschen scheint dieses spätere Verhalten nicht selten vorzukommen. Der Kern ist übrigens oval oder rund, scharf begrenzt, mit einem oder zwei deutlichen Kernkörperchen versehen.

Eine Membran lässt sich bei den Odontoblasten kaum denken. BOLL schon hat darauf hingewiesen.

Von den Fortsätzen der Odontoblasten sind hier schon die zarten seitlichen, von den Seitenflächen des Zellenkörpers ausgehenden Fortsätze erwähnt worden; sie scheinen nur geringe Bedeutung zu haben. Die vom inneren Zellenende nach der Pulpa hin auslaufenden sog. Pulpafortsätze scheinen nicht ganz constant zu sein. Sie gehen allmählig in das Zellenende über oder setzen sich gegen dasselbe ab und sind in der Regel ziemlich kurz; hin und wieder findet man sie jedoch lang und dann meistentheils mit kleinen Varikositäten versehen (Taf. IV Fig. 7). Im Allgemeinen scheinen die cylindrischen Zellen Pulpafortsätze zu besitzen, wogegen sie oft bei den längsten Odontoblasten (des dritten Typus) fehlen.

Die vom äusseren Zellenende nach dem Zahnbein hin ausgehenden Ausläufer, die Zahnbeinfortsätze, sind dagegen constant vorhanden. Zu jedem Odontoblast gehört nur ein einziger Zahnbeinfortsatz. Diese Darstellung steht zwar in vollem Widerspruch zu den Angaben von BOLL und WENZEL, nach welchen ein einziger Odontoblast bis auf 6 Zahnbeinfortsätze besitzen kann. Nie sah ich nämlich, trotz eifrigen Nachspürens, bei gut isolirten Odontoblasten mehr als einen einzigen Fortsatz. In einzelnen Fällen sah ich den Fortsatz sogleich von seinem breiten Anfangsende einen zarten Zweig aussenden, so dass bei flüchtiger Betrachtung die Zelle wie mit zwei Fortsätzen versehen zu sein scheint (Taf. V Fig. 9). Als ferner in meinen Präparaten mehrere Odontoblasten in einer Gruppe beisammen lagen, stimmte stets, wenn die Zahnbeinfortsätze und die Kerne sich rechnen liessen, die Anzahl der Fortsätze genau mit der der Kerne überein. Nur durch die Anwendung der eben genannten zwei Methoden kann volle Sicherheit in der Beurtheilung der Anzahl der Fortsätze

der einzelnen Zellen gewonnen werden. Wenn mehrere Odontoblasten in einer Gruppe zusammen liegen, muss bei der Bestimmung der Anzahl der Zellenkörper die grösste Sorgfalt und Vorsicht angewandt werden; hiergegen dürfte wahrscheinlich gewöhnlich gefehlt worden sein, was auch um so viel leichter geschehen konnte, da man die complicirte Anordnung der Odontoblasten nicht kannte, und die Anzahl der Zellen in einer Odontoblastengruppe vielleicht nach den sich deutlich markirenden, dicken, äusseren Enden der cylindrischen Odontoblasten berechnete und dabei die zwischen ihnen emporsteigenden, oft fast fadenähnlich schmalen Enden der langen, zum dritten Typus gehörenden Zellen vollständig übersah. Die Zahnbefortsätze werden oft von recht ansehnlicher Länge isolirt erhalten, was besonders bei den embryonalen Odontoblasten der Fall ist (Taf. IV Fig. 17). Es ist schon oben erwähnt, dass sich der Fortsatz in den meisten Fällen vom äusseren Ende der Odontoblasten deutlich absetzt; dies hängt theils von dem quer abgestutzten äusseren Ende vieler Odontoblasten, theils von einer scharf markirten Grenzzone ab, welche den Zellenkörper vom Fortsatz trennt. Was diese dunkel erscheinende Grenzzone eigentlich ist, ob sie von einer lokalen Veränderung des Protoplasma abhängt, muss ich bis auf Weiteres unentschieden lassen.

Die Fortsätze der cylindrischen Zellenformen sind an ihrem Ursprung ziemlich dick (Taf. IV Fig. 3, 4, 6; Taf. V Fig. 7—10) und verschmälern sich schneller oder langsamer. Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass je breiter das innere Ende des Odontoblasten ist, desto breiter ist auch der Anfang des Fortsatzes. Taf. V Fig. 4 zeigt Fortsätze, welche bei ihrem Ursprung ungewöhnlich breit sind. Die gröberen Theile der Fortsätze sind oft, obwohl nur ganz unbedeutend, granulirt; übrigens sind sie aber homogen und glänzend.

Bei ihrem eigentlichen Eintritt in die Zahnbefortsätze zeigen an Schnittpräparaten von Zahnsäcken menschlicher Embryonen die Odontoblasten zuweilen ein eigenthümliches Verhalten. Sie gehen nämlich nicht direct in das dem äusseren Zellenende gerade gegenüber belegene Kanälchen hinein, sondern biegen sich nebst dem oberen Ende der Zelle selbst zuerst etwas nach oben in der Richtung der Pulpaspitze um und dann wieder nach aussen, um in das zunächst nach oben davon befindliche Kanälchen einzutreten (Taf. IV Fig. 1).

Auf die Besprechung der vielen Theorien über die *Bildung des Zahnbefortsatzes* kann ich mich hier nur in grösster Kürze einlassen. In älterer Zeit waren die hierauf bezüglichen Ansichten sehr wechselnd; nuncmehr sind besonders drei derselben von Bedeutung. WALDEYER vertheidigt die Theorie

vom directen Uebergang der Odontoblasten in Zahnbein; diese Ansicht wird auch von BOLL gehegt. KÖLLIKER betrachtet die Odontoblasten als Secretionsorgane und das Zahnbein als das verkalkte Produkt desselben. HERTZ endlich meint, dass die Grundsubstanz des Zahnbeins aus der chemisch umgewandelten und verkalkten Intercellulärsubstanz der Pulpa bestehe.

Gegen die Ansicht WALDEYER'S ist WENZEL aufgetreten und hat, wie mir scheint, in überzeugender Weise die Unhaltbarkeit der Theorie von der directen Verkalkung dargelegt, und zu beweisen versucht, dass das Zahnbein durch Secretion von den Odontoblasten aus gebildet wird.

Was meine eigenen Ansichten in dieser Hinsicht betrifft, so will ich der Intercellulärsubstanz der Pulpa eine grosse Bedeutung für die Zahnbeinbildung, wenigstens im ersten Stadium derselben, zuschreiben. Diese Ansicht gründe ich auf die innige Verbindung, welche ich zwischen der Pulpaintercellulärsubstanz und dem Zahnbein darlegen konnte. Erstens, und dies ist schon oben erwähnt worden, sieht man oft, wie an vertikalen Längsschnitten des Zahnsacks der nach unten hin auslaufende Zahnbeinrand ganz deutlich unmittelbar in den an der Pulpaoberfläche belegenen, wellenförmigen Saum übergeht, welcher, wie oben gezeigt wurde, nichts Anderes ist als die äusserste, etwas verdichtete Schicht der Pulpaintercellulärsubstanz. Nicht selten fehlt dieser Saum, und man sieht dann äusserst an der Pulpa einen homogenen, nach aussen hin uneben begrenzten Rand der Intercellulärsubstanz derselben und in einzelnen Fällen, wenn das Zahnbein von der Pulpa abgehoben wurde und derselben nur noch mit seinem untersten Rande anhaftete, konnte man deutlich wahrnehmen, dass das Zahnbein mit der äussersten homogenen Intercellulärsubstanzschicht selbst zusammenhängt und in sie übergeht. Zweitens werde ich ein Verhältniss hervorheben, das für diese Frage von grosser Bedeutung ist. Die zuerst auftretenden Odontoblasten liegen vollständig in die Intercellulärsubstanz der Pulpa eingelagert, und noch eine Strecke nach oben hin kann man an vertikalen Längsschnitten des Zahnsacks sehen, dass Streifen der Intercellulärsubstanz der Pulpa sich zwischen die Odontoblasten bis zum Zahnbein empor erstrecken. Noch nach der höchsten Spitze der Pulpa hin, wo die Odontoblastenschicht schon die erwähnte complicirte Zusammensetzung erhalten hat, bemerkt man solche Streifen zwischen den Zellen, doch liess sich nicht entscheiden, wie weit zwischen sie hinein sich dieselben erstrecken. Erhält man Odontoblasten menschlicher Embryonen im Querschnitt, erscheinen sie als abgerundete polygonale Gebilde, welche in ein deutliches, von der Intercellulärsubstanz der Pulpa gebildetes Maschenverk eingebettet liegen. Ich will diese Verhält-

nisse besonders hervorheben, weil WENZEL sagt, dass die Odontoblasten dicht und ohne Spur von Zwischensubstanz an einander liegen. Die soeben erwähnten Beobachtungen sind hauptsächlich an Präparaten von den in gefrorenem Zustande geschnittenen Zahnsäcken menschlicher Embryonen (von ung. 5—7 Monaten) gemacht; aber auch an den mit Goldchlorid und Ameisensäure behandelten Zerzupfungspräparaten erwachsener Thiere sieht man zwischen die Odontoblasten eigenthümliche, zarte, bisweilen variköse Streifen emporsteigen, bezüglich deren es jedoch im Allgemeinen schwer ist zu entscheiden, ob sie Intercellularsubstanz oder zarten von den Zellkörpern herrührenden Protoplasmafäden oder möglicherweise Nerven entsprechen.

Aus dem Gesagten scheint mir hervorzugehen, dass bei der Zahnbildung die Intercellularsubstanz der Pulpa mit in die Rechnung genommen werden muss und wenigstens in dem ersten Stadium derselben eine wichtige Rolle spielt, übrigens aber auch eine Secretion der Odontoblasten selbst dabei thätig ist und mit Recht als ein wichtiger Factor bei dieser Bildung betrachtet wird.

*Die Nerven der Odontoblastenschicht.* BOLL beschrieb und bildete feine Nervenfasern ab, welche von der Pulpa her zwischen die Odontoblasten emporsteigen und sich sogar etwas über die äusseren Enden derselben erstrecken; er konnte jedoch nicht entscheiden, ob sie in die Zahnbekankälchen hineintauchen. Seine Präparate stammten vom Kaninchen her, deren Schneidezähne zerbrochen und mit sehr verdünnter Chromsäurelösung behandelt worden waren. In zwei der BOLL'schen Abbildungen sieht man zunächst unter der eigentlichen Odontoblastenschicht verschiedene grosse, eigenthümlich geformte Zellen, über deren Natur dieser Forscher nichts erwähnt. Es scheint mir nun mehr wie wahrscheinlich, dass dieselben in der That den inneren dickeren Enden der von mir oben als Odontoblasten vom dritten Typus bezeichneten Odontoblasten entsprechen; da die ihnen angehörigen äusseren, schmalen Theile sich nirgends angedeutet finden, sind gewiss einzelne der letzteren als zwischen die Odontoblasten emporsteigende Nervenfasern gedeutet und zu gleicher Zeit die angehörigen Zahnbekankälchen kürzeren, mehr cylindrischen Zellen zugerechnet worden, wodurch, wie oben schon hervorgehoben wurde, der angenommene, aber nur scheinbare Reichthum dieser Zellen an Fortsätzen seine Erklärung findet. Viele der von BOLL beschriebenen Nervenfasern sind deshalb nach meiner Ansicht keine wirkliche Nervenfasern. Seine Abbildungen von diesen Nervenfasern überhaupt scheinen übrigens wenig befriedigend zu sein.

Was nun meine eigenen Erfahrungen betrifft, habe ich nie an Präparaten von Zahnsäcken menschlicher Embryonen zwischen die Odontoblasten verlaufende Fäserchen von der Beschaffenheit wahrgenommen, dass sie für Nervenfasern gehalten werden konnten.

Bei erwachsenen Thieren habe ich aber oft an Präparaten, die mit Goldchlorid und Ameisensäure behandelt waren, aber nur an solchen, äusserst zarte, zuweilen variköse Fäserchen gesehen, welche zwischen die Odontoblasten verlaufen und sich bis zum äussersten Ende derselben erstrecken. Da ich aber nie einen directen Zusammenhang zwischen ihnen und den in der äusseren Pulpaschicht verlaufenden unverkennbaren Nervenfasern nachweisen konnte, liess sich nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ob sie in der That Nervenfasern sind oder nicht. Diese wichtige Frage fordert zu weiteren eingehenden Untersuchungen auf und ich hoffe ein anderes Mal darauf zurückzukommen.



## Erklärung der Abbildungen.

### TAFEL III.

Alle Figuren dieser Tafel stellen Partien des Zahnsacks menschlicher Embryonen dar.

**Fig. 1** stellt die unteren seitlichen Theile des vertikal der Länge nach geschnittenen Zahnsacks eines 6-monatlichen menschlichen Embryos dar, bei welchem das Schmelzorgan von der Pulpa künstlich abgehoben ist. — *p* Pulpa, *k* Zahnsackkapsel, *wr* unterer Winkelraum, welcher von dem Schmelzorgan nicht ausgefüllt wird, sondern eine Flüssigkeit enthält; *ie* inneres Epithel, *si* Stratum intermedium, *g* Gallertgewebe, *äe* äusseres Epithel des Schmelzorgans (das letzt erwähnte Epithel ist theilweise vom Gallertgewebe und der äusseren bindegewebigen Kapsel abgetrennt und sogar an einer Stelle zerrissen). Behand. mit Pikrinsäure und Rosanilin. Gezeichnet bei Ver. Obj. 3 + Ocul. 3 (halb ausgez. Tubus).

**Fig. 2** stellt eine ähnliche Partie wie Fig. 1 dar; das Schmelzorgan ist aber nur sehr wenig von der Pulpa abgehoben. Die Bezeichnungen, die Behandlungsweise und Vergrösserung sind dieselben wie bei Fig. 1.

**Fig. 3.** Untere Seitenpartie des vertikalen Längsschnitts eines 7-monatlichen menschlichen Embryos; das Schmelzorgan steigt hier bis zum Grunde des

unteren Pulpawinkels hinab, weshalb kein von Flüssigkeit angefüllter Raum dort vorhanden ist. Die Bezeichnungen, die Behandlungsmethode und Vergrößerung wie bei Fig. 1 und 2.

**Fig. 4.** Partie eines vertikalen Längsschnitts des Zahnsacks eines neugeborenen Kindes, welche der Gegend der Zahnkrone eines Backenzahns, gerade zwischen zwei Spitzen, entspricht. *p* Pulpa, *b* Blutgefässe, *o* Odontoblastenschicht, deren Zahnbeinfortsätze theilweise aus dem neugebildeten Zahnbein (*z*) ausgezogen sind; *s* der neugebildete Schmelz, grösstentheils vom Zahnbein und von der inneren Epithelschicht (*ie*) des Schmelzorgans abgehoben, weshalb die Tomes'schen Fortsätze blossgelegt sind; *si* Stratum intermedium, *g* Gallertgewebe. Behand. mit Chromsäure und Rosanilin. Gez. bei VÉR. Obj. 6 + Ocul. 3 (ausgez. Tubus).

**Fig. 5.** Isolirte Schmelzzellen vom unteren Theile des Zahnsacks eines neugebor. Kindes. Behand. mit verdünnter Müllerscher Lösung, Rosanilin und Acetas kalieus. Gez. bei VÉR. Obj. 8 + Ocul. 3 (ausgez. Tubus).

**Fig. 6.** *a—e* Isolirte Schmelzzellen vom oberen Theile des Zahnsacks eines neugebor. Kindes. Behandl. und Vergröss. wie bei Fig. 5.

**Fig. 7.** Mosaik der inneren Endflächen der Schmelzzellen vom oberen Theile des Zahnsacks eines neugebor. Kindes. Behand. mit Silberlösung und Glycerin. Gez. bei VÉR. Obj. 8 + Ocul. 3 (ausgez. Tubus).

**Fig. 8.** Mosaik der inneren Endflächen der Schmelzzellen vom unteren Theile des Zahnsacks eines neugebor. Kindes. Behand. und Vergröss. wie bei Fig. 7.

**Fig. 9.** Isolirte Partie von sechs von der Fläche gesehenen Zellen des Stratum intermedium eines 5-monatlichen menschl. Embryos. Behand. mit verdünnter Müllerscher Lösung, Rosanilin und Acetas kalieus. Gez. bei VÉR. Obj. 8 + Ocul. 3 (ausgez. Tubus).

**Fig. 10.** Partie von Zellen des Stratum intermedium eines 5-monatlichen menschl. Embryos, unter welchen die Enden der Schmelzzellen und eigenthümliche glänzende Kernreihen erscheinen. Behand. mit Silberlösung. Vergröss. wie bei Fig. 9.

**Fig. 11.** Partie vom Gallertgewebe des Schmelzorgans eines 7-monatlichen menschl. Embryos. Behand. mit Chromsäure und Rosanilin. Gez. bei VÉR. Obj. 8 + Ocul. 3 (ausgez. Tubus).

**Fig. 12—14.** Isolirte Zellen aus der inneren Grenzschicht des Gallertgewebes eines 6-monatlichen menschl. Embryos, welche Uebergangsformen zwischen Stachelzellen und grobzweigigen Plattenzellen darstellen. Behand. mit verdünnter Müllerscher Lösung und Rosanilin. Gez. bei VÉR. Obj. 8 + Ocul. 3 (ausgez. Tubus).

**Fig. 15.** Isolirte Zelle des Gallertgewebes eines 6-monatlichen menschl. Embryos. Behand. und Vergröss. wie bei Fig. 12—14.

## TAFEL IV.

Partien aus dem Zahnsack menschl. Embryonen und den Zähnen des erwachsenen Menschen. Alle Figuren dieser Tafel sind bei VER. Obj. 8 + Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet.

**Fig. 1.** Partie vom Längsschnitt des Backenzahns eines neugebor. Kindes, aus der Gegend der Zahnspitze; *z* Zahnbein, *o* Odontoblastenschicht, *p* Pulpa, *b* Blutgefässe. Behandl. mit Chromsäure und Rosanilin.

**Fig. 2.** Partie vom Längsschnitt des Zahns eines neugeborenen Kindes mit dem Uebergang des in Bildung begriffenen Zahnbeins (*z*) in den Saum (*z'*) an der Oberfläche der Pulpa (*p*). *b* Blutgefäss der Pulpa; *ie* inneres Schmelzepithel, *si* Stratum intermedium des Schmelzorgans. Behandl. mit Chromsäure und Anilin.

**Fig. 3—18.** Verschiedene Formen isolirter Odontoblasten von menschlichen Embryonen; Fig. 3, 4, 6, 7, 17 und 18 stammen aus der Seitenpartie der Pulpa des Backenzahns eines ausgetragenen Embryos her; Fig. 5 und 8 sind der Pulpa des Schneidezahns eines ausgetragenen Embryos entnommen; alle übrigen (Fig. 9—16) geben Odontoblasten der Schneidezähne eines 5-monatlichen Embryos wieder. Behandl. mit verdünnter Müllerscher Lösung und Rosanilin.

**Fig. 19—23.** Isolirte Odontoblasten eines erwachsenen (25-jährigen) Menschen nach Behandlung des ganz frischen Zahns mit Goldchlorid und Ameisensäure; bei Fig. 19 hängen die Zahnbeinfortsätze der vier Zellen noch an dem Zahnbein; Fig. 23 stellt die äusseren Enden zweier Zellen dar.

## TAFEL V.

Odontoblasten vom Kaninchen und Hunde. Gez. bei VER. Obj. 8 + Ocul. 3 (ausgezog. Tubus); nur Fig. 12 ist bei Obj. 6 + Ocul. 3 (ausgezog. Tubus) gezeichnet.

**Fig. 1—12.** Odontoblasten aus den Schneidezähnen des Kaninchens. Fig. 1—5, 8, 9, 11 mit Goldchlorid und Ameisensäure, Fig. 6, 7, 10, 12 mit Chromsäure und Rosanilin behandelt.

**Fig. 13—16.** Odontoblasten aus den Zähnen eines 6 Monate alten Hundes. Behandl. mit Goldchlorid und Ameisensäure.

Fig. 12

Fig. 11

Fig. 10

a

st

ic

s

z

a

b

b

Fig. 13

Fig. 14

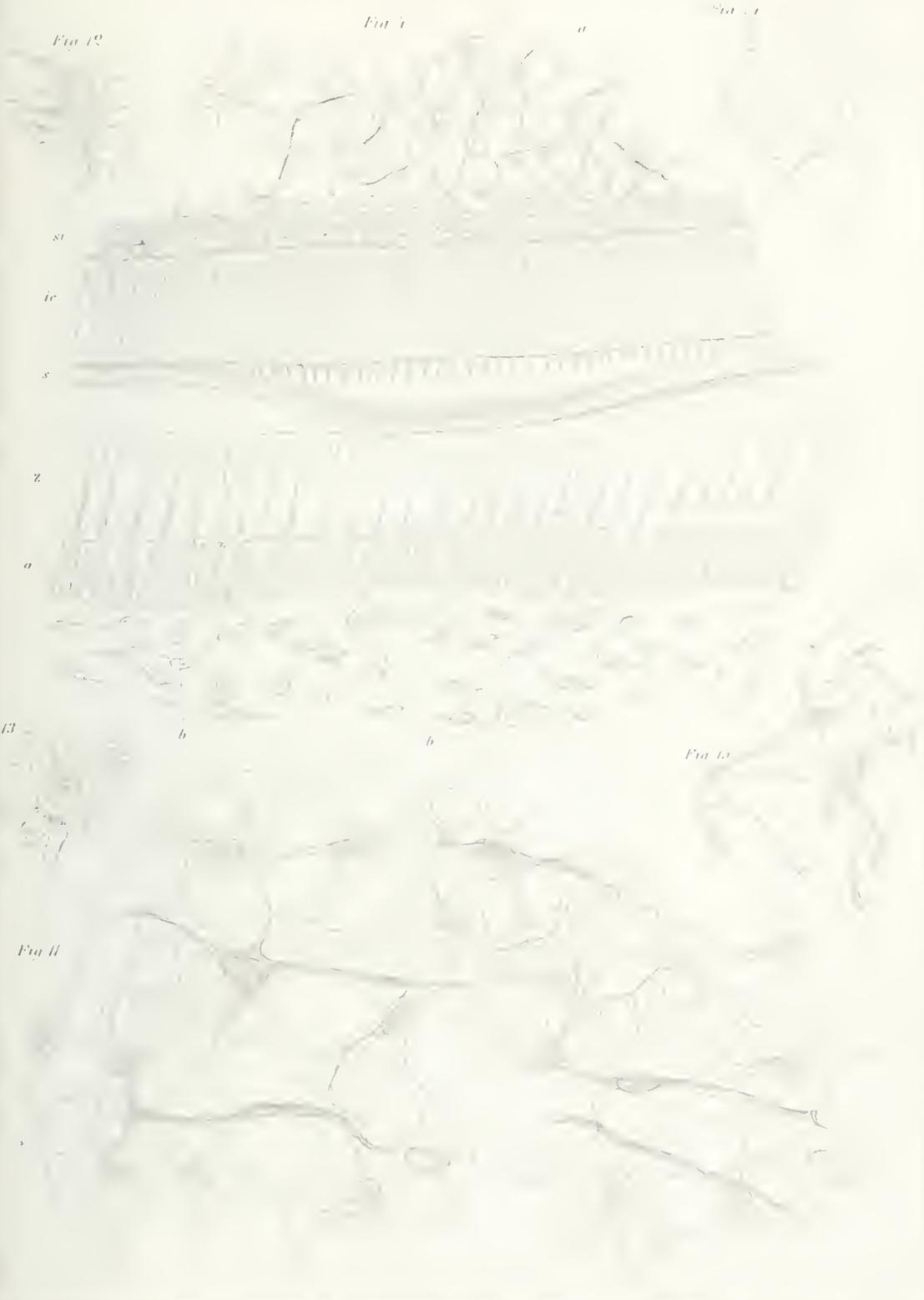






Fig 1



Fig 2



Fig 3



Fig 23



Fig 20



Fig 21



Fig 22



st

w

z

o





Fig. 1



Fig. 4



Fig. 10



Fig. 11



Fig. 10



Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9



Fig. 5



Fig. 7

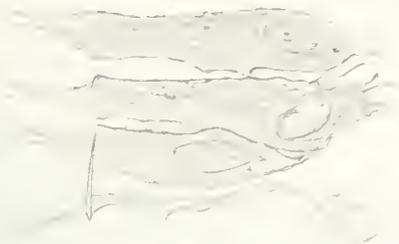


Fig. 8



Fig. 6

Fig. 10



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologische Untersuchungen](#)

Jahr/Year: 1882

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Annell Gustaf

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntniss der zahnbildenden Gewebe des Menschen und der Säugethiere 33-70](#)