

Ueber die Entwicklung des Zahnbeins und des Schmelzes

von

Eduard Lent, Stud. med. aus Hamm.

Hierzu Tafel V.

Die Entwicklung der Zahnsbstanzen ist ein Gegenstand in der Entwicklungsgeschichte der Gewebe des menschlichen Körpers, der schon mannigfache Bearbeitung gefunden hat, und die Literatur über diesen Gegenstand ist seit *Ruschkow* (1835), der unter *Purkyně's* Leitung denselben einer genauern mikroskopischen Untersuchung unterzog, eine ziemlich bedeutende zu nennen. In neuester Zeit nun erschien in dem *Quarterly Journal of Microscopical science* T. I eine Abhandlung von *Huxley*, in der dieser Gegenstand wieder aufgenommen worden ist. Diese Arbeit musste dadurch Interesse erregen, dass in ihr Beobachtungen mitgetheilt wurden, die den gangbaren Ansichten über die Entwicklung der Zahnsbstanzen vollkommen widersprachen. Diese Beobachtungen zu prüfen, stellte ich mir zur Aufgabe, und erschien es mir als eine nicht undankbare Arbeit, die Resultate meiner Untersuchungen, die sich auf die Entwicklung des Zahnbeins und des Schmelzes beziehen, in Kürze zu veröffentlichen, um so mehr, als ich hierdurch dem Wunsche des Herrn Prof. *Kölliker* willfare, unter dessen Anleitung die Untersuchungen angestellt wurden.

I.

Die Bildung des Zahnbeins.

Die Bildung des Zahnbeins war stets einer der dunkelsten Punkte in der Zahnentwicklung; hierdurch war den Hypothesen ein weiter Spielraum gegeben, so dass man für jede Möglichkeit einen Vertreter in der Geschichte der Zahnentwicklung findet. Die frühere Ansicht der Autoren ging dahin, dass man sich das Zahnbein durch

schichtenweise Ablagerung auf den Zahnkeim entstanden dachte, eine Ansicht, die in neuester Zeit in der genannten Abhandlung von *Huxley* ¹⁾ wieder aufgenommen ist. Ich werde später auf diese Ansicht zurückkommen; es genüge hier, ihrer vorläufig erwähnt zu haben. — Die Ansicht von *Raschkow* ²⁾ über die Entwicklung des Zahnbeins besteht in Folgendem: er lässt um die Zahnpulpe herum schichtenweise sich Fasern bilden und diese mit einander verwachsen; zwischen diesen Fasern bleiben Lücken, und diese sind die Zahnkanälchen oder Zahnröhrchen. — Seit *Schwann* und *Owen* kam eine andere Richtung in die Hypothesen über die Entwicklung des Zahnbeins, indem man jetzt die Zahnpulpe selbst an der Bildung des Zahnbeins Antheil nehmen liess und annahm, dass die zelligen Elemente derselben direct in die Bildung des Zahnbeins eingehen. *Schwann* ³⁾ meint, dass die runden Zellen der Zahnpulpe eine cylindrische Form annähmen, mit einander verschmolzen und ossificirten. Wie die Zahnröhrchen entstünden, will *Schwann* nicht entscheiden; er hielt zwar auf Grund einer Beobachtung an Schweinszähnen die Ansicht für möglich, dass sich die Zellen der Zahnpulpe verlängern könnten und so die Zahnröhrchen bilden, allein er kam hiervon ab, weil er an menschlichen Zähnen das bei Schweinszähnen gefundene Factum nicht constatiren konnte. — *Henle* ⁴⁾ vermuthete, dass die Zellen des Zahnkeims so an der Bildung des Zahnbeins participirten, dass die Zellen die Grundsubstanz bildeten, die Kerne sich verlängerten, sich mit einander verbänden und zu Zahnröhrchen würden. — *Owen* ⁵⁾ hat eine ähnliche Ansicht; er lässt in den Zellen der Zahnpulpe, die er Mutterblasen nennt, Kerne und secundäre Zellen entstehen, die sich an einander reihen und zu Zahnröhrchen werden, während die Grundsubstanz aus den Mutterblasen hervorgehe. — Auch *Tomes's* ⁶⁾ Ansicht gleicht der von *Henle*, indem er an der Oberfläche der Zahnpulpe Zellen und Zwischensubstanz annimmt; letztere soll die Grundsubstanz geben, die Zellen selbst sollen sich zu Zahnröhrchen hinter einander legen; die Kerne derselben bilden die eigentliche Höhle der Zahnkanälchen. — *Kölliker* ⁷⁾ spricht sich dahin aus, dass die Grundsub-

¹⁾ On the Development of the Teeth, and on the Nature and Import of Nasmyth's «Persistent Capsule». By *Thomas H. Huxley*, F. R. S.

²⁾ Meletemata circa Mammalium Dentium Evolutionem. Dissertatio inauguralis. Vratislaviae 1835.

³⁾ Mikroskopische Untersuchungen. Berlin 1839.

⁴⁾ Allgemeine Anatomie. Leipzig 1844.

⁵⁾ Odontography etc. London 1840—45.

⁶⁾ A course of lectures on dental physiology and surgery. London 1848.

⁷⁾ Mikroskopische Anatomie, 2. Bd., 2. Hälfte, 1. Abth.

stanz des Zahnbeins aus den oberflächlichen cylindrischen Zellen der Zahnpulpe, aus den von ihm sogenannten Elfenbeinzellen entstehe, und zwar nur aus diesen; diese sollen sich vermehren, mit einander verschmelzen und ossificiren. Die Zahnröhrchen schienen ihm der Rest der Zellenhöhlen zu sein, deren Begrenzung sich mehr consolidire. — *Marcusen*¹⁾ spricht sich über diesen Punkt nicht aus und hat sich denselben für spätere Untersuchungen vorbehalten; doch scheint er die Zahnröhrchen für ziemlich identisch mit Knochenkörperchen zu halten; die Membrana praeformativa soll nach ihm zuerst zu Knochen werden, und sich dann auch der Zahnkeim in Knochensubstanz metamorphosiren. — Die neueste Ansicht von *Huxley* habe ich bereits oben erwähnt.

In diesen verschiedenen Hypothesen — denn als solche sind die meisten der genannten Ansichten zu bezeichnen — kann man füglich einen Hauptunterschied aufstellen, durch den sie in zwei scharf geschiedene Abtheilungen zerfallen, nämlich den, dass die einen die zelligen Elemente der Zahnpulpe an der Bildung des Zahnbeins Theil nehmen lassen, die anderen nicht. Wenn auch die Annahme, dass die histologischen Elemente der Zahnpulpe mit der Bildung des Zahnbeins direct Nichts zu schaffen habe, von älteren Autoren ausgeht, die eben nur von Kalkablagerungen sprechen, und wenn auch dieselbe bei den späteren Autoren nur noch historisch erwähnt wird, so musste ich doch auf jenen Unterschied aufmerksam machen, weil *Huxley* sich als Vertreter jener ältern Ansicht aufgeworfen hat. *Huxley* behauptet, dass sich zwischen der die Zahnpulpe überziehenden Membrana praeformativa und der Zahnpulpe selbst eine anfangs ganz structurlose, helle Lage finde; nachdem diese eine Dicke von $\frac{1}{5000}$ Zell erlangt hat, so bekomme sie ein fleckiges Aussehen, während oberflächlich sehr zahlreiche, aber sehr kleine Höhlungen sich zeigen. Diese trichterförmig in die nun verkalkende Lage eingehenden Höhlungen sollen die Zahnkanälchen sein. Diese Ansicht, nach welcher also die Zahnkanälchen secundär durch Resorption entstehen, beruht, wie ich später zeigen werde, auf der falschen Deutung eines mikroskopischen Objects. Es scheint übrigens, als wenn *Raschkow* sich der Ansicht, dass die histologischen Elemente der Zahnpulpe an der Bildung des Zahnbeins keinen Antheil nähmen, auch zuneigte. *Raschkow* spricht von Fasern, die um die Pulpa herum entstehen; ob aber diese Fasern mit den Elementen der Zahnpulpe in Verbindung stehen und in welcher Weise, das verräth er uns nicht. Den Zusammenhang von Zahnpulpe und sich bildendem Zahnbein drückt er nur in der dunklen Phrase aus: «*Germinis dentalis parenchymate materiam suppeditante*». Alle übrigen Autoren nun seit *Schwann*, — und diese bilden dann einen entschiedenen Gegensatz zu

den älteren Autoren und *Huxley* — zweifeln nicht daran, dass die zelligen Elemente der Zahnpulpe an der Bildung des Zahnbeins participiren, und die Unterschiede in ihren verschiedenen Ansichten beruhen nur auf der verschiedenen Deutung der Entstehung der Zahnröhren. Folgende Möglichkeiten kann man hier aufstellen: 1) Die Zellenwände werden durch Kalkablagerung verdickt, die Höhle der Zelle wird ausgefüllt bis auf einen Kanal, der frei bleibt; dieser Kanal ist das Zahnröhren; natürlich participiren mehrere Zellen an der Bildung eines Zahnröhrens. Diese Ansicht wird z. B. von *Kölliker* für wahrscheinlich gehalten. 2) Die verlängerten und verschmelzenden Kerne der Zellen bilden die Wände der Zahnröhren; um sie findet die Kalkablagerung statt; so ist die Ansicht von *Henle* und zum Theil auch von *Tomes*. 3) Die Zellen bilden die Zahnröhren in der Art, dass ihre Wandungen zu denen der Zahnröhren werden. Die Kalkablagerung findet um sie statt. An diese Möglichkeit haben *Schwann* und *Kölliker* gedacht, aber sie aufgeben zu müssen geglaubt. Meinen Beobachtungen zufolge muss ich diese letztere Ansicht für die richtige ansehen und will ich nun die Resultate derselben der Reihe nach aufzählen.

Die Zähne, deren ich mich zu meinen Untersuchungen bediente, waren meistentheils menschliche, und zwar von Neugeborenen und von Fötus von 6 Monaten an; doch habe ich auch embryonale oder noch nicht durchgebrochene Zähne vom Kalb, Kaninchen und Eichhörnchen und später auch vom neugeborenen Pferde benutzt.

Schon *Schwann* hatte bemerkt, dass, wenn man an embryonalen Zähnen die Zahnpulpe aus der Zahnkappe herauszieht, an dem jungen Zahn eine Menge von cylindrischen Zellen sitzen bleiben, und zwar solche, wie sie auch auf der Oberfläche des Zahnkeims sitzen. Auch hatte er bei Schweinszähnen gesehen, dass diese auf der Pulpa sitzenden cylindrischen Zellen in feine Fasern ausliefen, welche er beim Menschen nicht finden konnte, wo jedoch *Kölliker* sie constatirte. An Kalbszähnen, die noch nicht durchgebrochen waren, und sodann an embryonalen menschlichen Zähnen habe ich dasselbe gefunden. Lässt man solche Zähne einige Zeit in verdünnter Salzsäure liegen und hebt dann den als Kappe auf der Zahnpulpe aufsitzenden jungen Zahn ab, so sieht man bei mikroskopischer Betrachtung diese in Fäden auslaufenden cylindrischen Zellen auf der Oberfläche des Zahnkeims und geben dieselben ein Bild, als wenn der Zahnkeim mit einem Kranz von Borsten umgeben wäre. Es sind dies die Zellen, die *Kölliker* bereits in der Mikroskopischen Anatomie Fig. 209 abgebildet, wobei ich nur bemerken will, dass die dort abgebildeten Zellen zum Theil vermuthen lassen, es seien die Fortsätze nicht die Fortsetzung der Zellenwand, was jedoch der Fall ist. Dass diese Fasern mit den Zahnröhren in

irgend einer Verbindung stehen, war eine sehr naheliegende Vermuthung. Es kam daher darauf an, ob sich nicht diese Fasern noch weiter in das Zahnbein verfolgen lassen. Ich liess junge Kalbszähne in Salzsäure so lange liegen, bis das Zahnbein so weich war, dass man es mit einer Nadel sehr leicht durchstechen konnte. Hierbei will ich nur bemerken, dass man diese Erweichung nicht zu weit treiben darf, weil bei zu langer Behandlung die Elemente zu sehr zerfallen. Von diesem erweichten Zahnbein brachte ich ein Stück von der Zahnpulpe mit ansitzendem Zahnbein unter das Mikroskop, und es schien mir schon jetzt, als wenn man die Fortsätze der cylindrischen Zellen am Zahnbeine bis in das Zahnbein verfolgen könnte; dasselbe Object wurde sodann sorgfältig zerzupft, und hier stellte sich dann heraus, dass man die ganzen Zahnröhrchen als Fortsätze der Zellen isoliren konnte. Es stellten sich Zellen dar, wie sie in Fig. 3 auf Taf. V abgebildet sind, und zwar *a—d*. (*a* ist eine Zelle vom Menschen, *b*, *c* und *d* vom Pferde; die Zellen beim Kalbe sind den menschlichen sehr ähnlich. Ueberhaupt habe ich sodann bei mehreren Thieren diese Zellen, abgesehen von der Grösse, ganz gleich gefunden.) Wie schon bemerkt, fand ich jene Zellen zuerst an Kalbszähnen, und ich suchte darauf jenes Resultat auch bei menschlichen Zähnen auf; auch hier gelang es leicht, bei gleicher Behandlung gleiche Erfolge zu erzielen. *Huxley* hat nur ein Mal gesehen, dass sich ein Fortsatz einer Zelle in das Zahnbein erstreckte, und scheint dieses nur für einen Zufall zu halten. Ueberhaupt ist es auffallend, dass er die schon erwähnte Beobachtung von *Schwann* an Schweinszähnen und die von *Kölliker* an Menschenzähnen ganz ignoriert.

Es gehört übrigens einiges Glück dazu, um die erweichten Zähne gerade zu der Zeit zu benutzen, wo die Kalksalze genügend ausgezogen sind, so dass die Isolirung der Zahnröhrchen sich leicht vornehmen lässt; denn ist das Zahnbein noch zu fest, so reissen die Fortsätze der Zellen ab, weil das Zahnbein sie nicht loslässt; ist das Zahnbein zu weich, so ist das ganze Gewebe so brüchig, dass man nur zerstörte Massen zu sehen bekommt; überdies zerstört jeder Druck auf das Deckglas sofort das Object. Wegen der Schwierigkeit der Isolirung sieht man daher, weil die Fortsätze von der Zelle abreissen, eine Menge Zellen, die deutlich zeigen, dass sie ihre Fortsätze verloren haben, und anderseits eine Menge von Fortsätzen, also Zahnröhrchen, die von den Zellen abgerissen sind. Diese Zellen mögen 0,01—0,02^{mm} lang sein; die Verlängerung in Fortsätze geschieht meist allmählig; die langen Fortsätze zeigen den Durchmesser eines Zahnkanälchens, also im Mittel 0,001^{mm}. Die Zellen zeigen häufig noch ihren Kern; ist dieser undeutlich, so wird er durch Zusatz von Essigsäure heller oder färbt sich durch verdünnte Jodlösung intensiv gelb. Ausserdem pflegen die Zellen einen granulirten

Inhalt zu haben, der um so körniger und dunkler erscheint, je mehr die Säure eingewirkt hat. An einigen Zellen ist es mir auch gelungen, deutliche Verästelungen an den Fortsätzen zu sehen, wie Fig. 3 c u. d auf Taf. V. Erst in letzterer Zeit stand mir der Kopf eines neugeborenen Pferdes zu Gebote, und habe ich nun hier an den Backzähnen eben diese Zellen mit den schönsten, sich verästelnden Fortsätzen gesehen. An diesen Fortsätzen sah man deutlich, dass sie Röhren bilden, die auch hier und da einen Inhalt zeigten. Bemerken will ich hier noch, dass ich später, als ich anderer Zwecke wegen die Zähne mit verdünnter Schwefelsäure oder Salpetersäure oder auch mit concentrirter Essigsäure behandelte, diese Zellen gewöhnlich noch schöner erhielt, als durch Behandlung mit Salzsäure, wenigstens bei den zuerst genannten Säuren; die Essigsäure greift das Zahnbein zu wenig an.

Es fragt sich nun: welche Zellen der Zahnpulpe gehen in dieses Stadium der Fortsatzbildung ein? Hierüber gibt am besten der junge Zahn in der Periode Aufschluss, wo die Bildung des Zahnbeins eben beginnen soll. Wenn noch gar keine Anlage des Zahnbeins da ist, so zeigt die Zahnpulpe in ihrer ganzen Masse die Beschaffenheit, wie sie allgemein beschrieben wird. Sie besteht aus einer meist körnigen, auch wohl etwas faserigen Grundsubstanz, in der Zellen und Zellkerne von meist rundlicher Gestalt liegen; erst in der Zeit der beginnenden Ossification entwickeln sich in ihr Gefäße und Nerven. Diese Zahnpulpe ist ganz von der Membrana praeformativa überzogen, die übrigens allerdings eine Membran ist, und nicht, wie *Marcusen* glaubt, nur die Grenzschicht des Bindegewebes der Zahnpulpe. Durch Zusatz von Essigsäure oder Kali hebt sie sich bauchig ab, auch kann man sie in Stücken darstellen, indem man sie von einem Zahnkeim abziehen sucht und die noch reichlich anhängenden Zellen u. s. w. durch Einwirkung von Alkalien zerstört. An der Stelle nun, wo das Zahnbein sich entwickeln soll, also oben, verlängern sich die Zellen der Zahnpulpe zu cylindrischen Zellen, und erst jetzt hat es das Ansehen, als ob die Zahnpulpe von einem cylindrischen Epithel bedeckt sei. Diese dem cylindrischen Epithel ähnliche Zellenlage hat durch *Kölliker* den Namen der Elfenbeinmembran, Membrana eboris, erhalten; die einzelnen Zellen hat derselbe als Elfenbeinzellen beschrieben. Diese Namen sind zu rechtfertigen, weil sie den Zweck der Gebilde bezeichnen; übrigens ist die Membran nicht zu isoliren und kann auch bemerkt werden, dass nicht, wie wohl angenommen wird, die ganze Zahnpulpe mit diesen cylindrischen Elfenbeinzellen bedeckt ist, sondern nur der Theil, der gerade zur Bildung des Zahnbeins schreitet, so dass mithin die auf der Spitze der Pulpa sitzenden Zellen zuerst zu cylindrischen werden, und dieser Umwandlungsprocess von oben nach unten fortschreitet,

bis schliesslich beinahe die ganze Pulpa von solchen Zellen bedeckt wird. Hat eine Zelle die cylindrische Form erhalten, so schiebt sie ihren Fortsatz aus, der sich immer mehr verlängert, bis er die früher angegebene Länge erhalten hat (vergl. Taf. V, Fig. 4). — Reicht nun Eine Zelle hin zur Bildung eines Zahnröhrens, oder verbinden sich vielleicht zwei oder mehrere zu diesem Zwecke? Die Regel scheint es zu sein, dass Eine Zelle Ein Zahnröhrchen bildet, allein dass sich auch zwei (oder mehr?) Zellen verbinden können, dafür sprechen folgende Thatsachen: Man beobachtet 1) Zellen, die an beiden Seiten Fortsätze getrieben haben (Fig. 3 e auf Taf. V), und 2) sieht man Verbindungen von zwei Zellen in der Art, dass es scheint, als ob eine Zelle eine Einschnürung erfahren habe (Fig. 3 auf Taf. V), welche beide Formen *Kölliker* schon abgebildet hat (Fig. 209 seiner Mikroskop. Anatomie). Es kommt auch vor, dass man in den cylindrischen Zellen zwei und mehr Kerne sieht; es wäre also auch mit *Kölliker* denkbar, dass diese Zellen durch eine Art eines Theilungsprocesses das Vermögen erbielten, die laugen Zahnröhrchen zu bilden; doch scheint es, dass in vielen Fällen in der That Eine Zelle ausreicht, um ein ganzes Zahnkanälchen zu erzeugen, was nur dann möglich ist, wenn dieselbe von der Pulpa aus reichlich ernährt wird. Diese Variationen in dem Prozesse stören aber nicht im Geringsten die Hauptsache, dass die Elfenbeinzellen die Zahnkanälchen bilden. — Sobald übrigens die Fortsatzbildung beginnt, zeigen sich auch schon Kalkablagerungen. Wie bildet sich nun die Grundsubstanz des Zahnbeins, in welche sich die Kalksalze ablagern? Dies zu entscheiden, ist höchst schwierig, indem sich das erste Auftreten der Grundsubstanz kaum direct beobachten lässt. Nach Allem, was ich gesehen habe, ist die Grundsubstanz entweder eine Ausscheidung der Zellen und ihrer Fortsätze, oder es wird dieselbe direct aus der Zahnpulpe zwischen die Elfenbeinzellen und ihre Fortsätze, die Zahnröhrchen, abgelagert. Erstere Möglichkeit scheint mir wahrscheinlicher, ja sogar gewiss, wenn sich die Beobachtung von *Kölliker* bestätigen sollte, dass man bei Trennung der Zahnpulpe von dem Zahn eines Erwachsenen die cylindrischen Zellen, die Elfenbeinzellen, sowohl an der Oberfläche der Zahnpulpe, als auch an dem Zahnbein sitzen findet. Es würden also hier die Zellen stets mit ihren Fortsätzen, den Zahnröhrchen, in Verbindung bleiben. In diesem Falle würde dann die gangbare Ansicht über den Ernährungsprocess im Zahn dahin berichtigt werden müssen, dass nicht die Zahnröhrchen direct die Ernährungsflüssigkeit aufnehmen, sondern dass sie diesen erst durch die betreffenden Elfenbeinzellen zugeführt wird. Wenn aber der Ernährungsprocess auf diese Weise stattfindet, so werden die Zellen es auch sein, welche die Grundsubstanz des Zahnbeins liefern, in die sich die Kalksalze ab-

setzen. — Den ganzen Process der Zahnröhrchenbildung kann man übrigens an einem Zahn nur übersehen, wenn die Zahnbeinbildung eben erst begonnen hat.

Was nun die irrige Ansicht von *Huxley* über die Bildung des Zahnbeins betrifft, so will ich nur kurz bemerken, dass *Huxley* das Unglück gehabt hat, das Zahnbein nur von oben her zu sehen; würde er dasselbe einmal dem Verlauf der Zahnröhrchen nach untersucht haben, so würde er gefunden haben, dass auch in dem jüngsten Zahnbein sofort die Zahnkanälchen da sind; von einer secundären Bildung desselben durch Resorption ist gar keine Rede. Auch die Abbildung, welche *Huxley* von dem jungen Zahnbein mit seinen trichterförmigen Oeffnungen gibt, ist nicht sehr naturgetreu.

Als Resultat meiner Beobachtungen muss ich demnach Folgendes aufstellen:

Die histologischen Elemente des Zahnkeims nehmen Antheil an der Bildung des Zahnbeins, und zwar bilden die Zellen der Zahnpulpe die Zahnröhrchen, indem die an der Oberfläche der Zahnpulpe gelegenen in cylindrische sich umwandeln und als wirkliche Elfenbeinzellen die sogenannte Elfenbeinmembran bilden; die Fortsätze der Zellen sind die Zahnröhrchen. Die Bildung der Grundsubstanz des Zahnbeins geschieht entweder durch Absonderung durch die Elfenbeinzellen, oder durch die Zahnpulpe; in diese Grundsubstanz lagern sich die Kalksalze ab.

So ist denn die von *J. Müller* zuerst und dann *Kölliker* beobachtete Thatsache, dass die Zahnkanälchen besondere Wandungen besitzen und isolirbar sind, durch die Entwicklungsgeschichte erklärt; die Wand der Zahnkanälchen ist gleich der ausgewachsenen Zellmembran der Elfenbeinzellen.

Wenn ich in dieser Besprechung der Zahnbeinentwicklung auf die *Membrana praeformativa*, die für die Zahnbildung wichtiger zu sein scheint, als bisher angenommen wurde, keine besondere Rücksicht nahm, so werde ich dies im folgenden Abschnitte nachholen, in welchem ich die Thatsachen, die sich mir über die Bildung des Schmelzes ergeben haben, gedrängt mittheilen werde.

II.

Die Bildung des Schmelzes.

Die Bildung des Schmelzes hat bei den Autoren stets für ziemlich einfach und klar gegolten; nachdem man die Schmelzmembran mit ihren Schmelzzellen gefunden hatte, nahm man an — und es ist dies

bei einem Vergleich des fertigen Schmelzes mit den Schmelzzellen sehr plausibel —, dass die Schmelzprismen durch Verirdung der Schmelzzellen entständen. So wird dann auch der Vorgang beschrieben, dass sich die Schmelzzellen in der Weise mit Kalksalzen füllen, dass ihre Spitze, das heisst die dem Zahnbein zugekehrte Seite, zuerst in diesen Process eingehe. Diese so einfache Theorie ist aber, glaube ich, aufzugeben, nachdem *Huxley* eine Thatsache gefunden hat, deren Wahrheit ich bestätigen muss, eine Thatsache, die uns die Erklärung von der Bildung des Schmelzes ungemein erschwert. An diesem Punkte muss ich jetzt Einiges über die hier in Betracht kommenden Organe und Gewebe nachholen. Ueber die Beschaffenheit der Zahnpulpe habe ich bereits im vorigen Abschnitt gesprochen. Was die Bildung des Schmelzorgans betrifft, so kann ich die bestehenden Ansichten unterschreiben; die Entwicklung desselben geht von dem Zahnsäckchen aus, es ist beim Menschen beinahe ganz mit ihm verwachsen und hat auch eine dem Zahnsäckchen entsprechende Form, so dass es die Zahnpulpe, resp. den jungen Zahn, wie eine Kappe überzieht. Auch der Bau des Schmelzorgans ist von den früheren Autoren richtig beschrieben und ich glaube, dass man bei einiger Untersuchung jedenfalls mit Bestimmtheit sagen darf, dass das sogenannte netzförmige Bindegewebe des Schmelzorgans (*Kölliker*) (Schleimgewebe von *Virchow*) von *Huxley* fälschlich für gewöhnliches Epithel gehalten wurde, dessen Zellen verändert waren. Die Abbildung desselben von *Huxley* ist jedenfalls ungenau, und es scheint, dass *Huxley* dieses Gewebe nicht in seinem unveränderten Zustande untersucht hat, welches bekanntlich den Vertretern der Ansicht, dass das Bindegewebe sich aus Zellen bilde, als Beweis oder mindestens als Stützpunkt ihrer Ansicht dient. *Kölliker* fand dieses netzförmige Bindegewebe zuerst zwischen Chorion und Amnios, sodann im Schmelzorgan, und *Virchow* entdeckte es dann in der *Wharton'schen* Sulze. *Virchow* trennt dieses Gewebe vom Bindegewebe, weil die chemischen Reactionen desselben andere sind, und nennt es des Schleimgehaltes wegen Schleimgewebe.

Im Uebrigen habe ich über den Bau des Schmelzorganes nichts Besonderes zu erinnern; doch will ich bemerken, dass bei dem Schmelzorgan des Pferdezahns und des Kalbszahns die Gefässe sich ziemlich weit in das netzförmige Gewebe hinein erstrecken. Zur Untersuchung von Schmelzorganen sind übrigens nur frische Präparate zu gebrauchen.

Was nun den Bildungsprocess des Schmelzes betrifft, so muss ich bemerken, dass die Ansicht der Autoren, dass die Schmelzzellen zu Schmelzprismen werden, durch keine Beobachtung festgestellt ist. Auf den ersten Anblick erscheint diese Ansicht sehr annehmbar, und habe auch ich lange mich bemüht, dieselbe zu beweisen und in dem

organischen Rückstände der Schmelzprismen die Schmelzzellen aufzufinden; ich bin jedoch zur Ueberzeugung gelangt, dass die Ansicht von *Marcusen*, dass die Kerne der Schmelzzellen verschwinden, und dass so die Schmelzzellen fähig würden, Kalksalze aufzunehmen, eine Vermuthung ist und mehr nicht. Ich behandelte den jungen Schmelz mit verschiedenen Reagentien, um die Kalksalze auszuziehen, und suchte dann durch verschiedene Reactionen die Kerne zu finden, aber vergebens; die alte Ansicht schien mir aber nichtsdestoweniger sicher, weil man bei den Schmelzzellen des Menschen meistentheils die Kerne an der Spitze findet, d. h. an der dem Zahnbein zugewandten Seite, was man mit einer etwaigen Zelltheilung und Vermehrung sehr leicht in Verbindung bringen kann. Das Einzige, was mir gegen diese Ansicht zu sprechen schien, war der lose Zusammenhang zwischen der Schmelzmembran und den Schmelzprismen, worauf auch *Schwann* schon aufmerksam machte. Dieser Einwurf schien mir aber nicht wichtig genug, und blieb ich der alten Ansicht vorläufig treu. Als ich dann aber *Huxley's* neueste Angaben prüfte, zeigte sich die Sache allmählig in einem andern Lichte, um so mehr als es mir auch nie gelingen wollte, irgend eine Spur von einem Kern in einem Schmelzprisma zu finden. *Huxley* nämlich will gefunden haben, dass sich der Schmelz unter der *Membrana praeformativa* bilde und dass *Membrana praeformativa* und Schmelzoberhäutchen identisch seien. Hiermit bat es, wie frische Zähne von einem Neugeborenen und einem sechsmonatlichen Fötus mich lehrten, seine Richtigkeit. Wie ich schon im vorigen Abschnitt erwähnte, ist die ganze Zahnpulpe von der *Membrana praeformativa* überzogen, und macht man in diesem Stadium einen Schnitt durch das Zahnsäckchen, so sieht man, wie auf dieser *Membrana praeformativa* die Schmelzmembran aufliegt, auf welche dann das netzförmige Bindegewebe folgt. Drückt man ein solches Object schwach, so entfernt sich die Schmelzmembran häufig von der *Membrana praeformativa*, und behandelt man dasselbe dann mit Essigsäure, so hebt sich die *Membrana praeformativa* in bauchigen Abschnitten von der Zahnpulpe ab. Die Entwicklung des Zahnbeins geht, wie früher beschrieben, unter der *Membrana praeformativa* vor sich; denn wenn man in der Periode der ersten Zahnbildung einen Zahn mit Essigsäure behandelt, so hebt sich die *Membrana praeformativa* von dem jungen Zahnbeine, so wie von der Pulpa ab. Nimmt man dann einen Zahn, an dem sich schon etwas Schmelz findet, behandelt ihn auf gleiche Weise, so hebt sich auch von dem Schmelz diese Membran ab, und hat man einen Zahn, an dem noch nicht alles Zahnbein von Schmelz bedeckt ist, so sieht man deutlich, wie die *Membrana praeformativa* von der Zahnpulpe auf das Zahnbein übergeht, und sodann auf den das Zahnbein zum Theil bedeckenden

Schmelz; dieses Verhältniss ist auf Taf. V, Fig. 4 dargestellt, wo *e* die Membrana praeformativa vor der Behandlung mit Essigsäure darstellt, *e*¹ nach dieser. Ausserdem sah ich das Verhältniss der Membrana praeformativa auch an einem Präparate eines fötalen Pferdezahns, wo sich die Schmelzmembran eine Strecke weit von dem Schmelz abgehoben hatte und hier dann die Membrana praeformativa sichtbar wurde (siehe Fig. 2 auf Taf. V); dasselbe sah ich an dem Backzahne eines Eichhörnchens. Denkt man sich also zu dem Durchschnitte in Fig. 4 auf Taf. V noch Schmelzorgan und Zahnsäckchen hinzu, so ist die Reihenfolge der einzelnen Elemente von innen nach aussen folgende: Zahnpulpe, Elfenbeinmembran, Elfenbein, Schmelz, Membrana praeformativa (Schmelzoberhäutchen), Schmelzmembran, das übrige Schmelzorgan, Zahnsäckchen.

Was nun die Membrana praeformativa anbetrifft, so ist dieselbe eine vollkommen structurlose Membran, und zeigt an der Seite, die den Schmelz überzieht, gleichsam den Abdruck der Schmelzprismen, wie dies *Huxley* auch schon dargestellt hat. Von Kernen, wie sie *Huxley* beschreibt und abbildet, habe ich Nichts gesehen. Uebrigens ist es mir nur schwer gelungen, diese Membran in grossen Stücken darzustellen, und muss *Huxley* darin ein grösseres Glück gehabt haben, indem er dies als eine sehr einfache Procedur beschreibt. Später stellte ich diese Membran auf eine sehr einfache Weise dar, indem ich an jungen Zähnen, die in verdünnter Chromsäure gelegen hatten, eine feine Schmelzlage von der Oberfläche des Zahns abschnitt, den anhängenden Schmelz durch Zusatz von Salzsäure und die etwaigen organischen Reste, die an der Membran hängen geblieben waren, durch Kali zerstörte.

Solchen Thatsachen gegenüber ist man nun allerdings gezwungen, die alte Annahme von der Bildung des Schmelzes aufzugeben. Aber was soll man an ihre Stelle setzen? *Schwann* spricht sich bei seinen Bemerkungen über die Schmelzbildung für drei Möglichkeiten aus, hat übrigens diesen Gegenstand nicht selbst untersucht. 1) meint er, dass die Schmelzmembran ein Cytoblastem liefern könne, in welchem sich Zellen bilden, die verkalken, und hält er diese Ansicht für nothwendig, wenn es gelänge, zwischen Schmelzmembran und Schmelz eine eigene Substanz nachzuweisen, die er an Schweinszähnen beobachtet haben will. In der Membrana praeformativa ist nun eine solche Substanz gefunden, allein damit ist noch nicht bewiesen, dass die erste Deutung von *Schwann* die richtige ist. 2) Als andere Möglichkeit stellt *Schwann* die gewöhnliche Verkalkungstheorie hin, gegen welche er jedoch, wie schon oben erwähnt wurde, den losen Zusammenhang zwischen Schmelz und Schmelzmembran anführt. 3) Als dritte Meinung endlich stellt *Schwann* die hin, dass die Schmelzzellen abge-

stossen werden, in der Art etwa, wie *Henle* eine Abstossung der Schleimhautcylinder von den Schleimhäuten annahm; diese abgestossenen Schmelzzellen sollten dann verkalken und sich zu Schmelzprismen mit einander verbinden. Alle drei Möglichkeiten scheinen mir nicht gerechtfertigt. *Huxley* spricht sich nach Gewinnung seiner Thatsache über die Bildung des Schmelzes gar nicht aus und begnügt sich damit, ein Factum gefunden zu haben, welches zeigt, dass die Bildung des Schmelzes nicht durch die Zellentheorie zu erklären sei. Er leugnet sodann auch die Bethheiligung des Schmelzorgans bei der Bildung des Schmelzes durchaus. Ich glaube, dass man trotzdem dem Schmelzorgan diese seine Bethheiligung zuschreiben kann und muss; und für den Augenblick halte ich, wenn es mir erlaubt ist, eine Wahrscheinlichkeitstheorie aufzustellen, Folgendes für möglich: Man kann annehmen, dass die Schmelzzellen eine secretorische Thätigkeit ausüben und dass ihr Secret durch die Membrana praeformativa hindurchgeht, dann fest wird und Kalksalze aufnimmt. Das Secret einer jeden Schmelzzelle müsste zugleich insofern eine Selbstständigkeit haben, als es nicht mit den Ausscheidungen benachbarter Zellen verschmilzt; denn nur so ist die Bildung von selbstständigen Prismen im Schmelze gedenkbar. Es würde sich also hier im Allgemeinen um eine Secretion oder Excretion handeln. Leider fehlen uns die Thatsachen über die Bildung der Schalen mancher niederen Thiere, welche Schalen in ihrem Bau mit den Schmelzprismen der Zähne eine ungeweine Aehnlichkeit haben; sonst liesse sich hier vielleicht eine grosse Aehnlichkeit in der Bildung Beider constatiren. Die angegebene Theorie ist, wie gesagt, nur eine Wahrscheinlichkeitstheorie, und wird Jeder einsehen, dass dieselbe noch lange nicht zur Gewissheit erhoben werden kann. Ich gestehe auch offen, dass es ein sehr eigenthümlicher Vorgang wäre, wenn die Ausscheidungen der Schmelzzellen durch die Membrana praeformativa hindurch gehen und unter dieser noch die Gestalt der absondernden Zellen beibehalten sollten. Nichtsdestoweniger halte ich diese Möglichkeit den jetzigen Thatsachen nach für die wahrscheinlichste, denn dass die Membrana praeformativa das secretorische Organ der Grundsubstanz der Schmelzprismen sei, wie es *Huxley* wohl glauben muss, weil er die Bedeutung des Schmelzorgans gänzlich leugnet, ist wohl nicht anzunehmen. Ebenso wenig können die Elfenbeinzellen den Schmelz liefern, indem sie in diesem Falle ausser der Grundsubstanz und den Röhrchen, die sie für das Zahnbein liefern, aus der Spitze der letzteren eine Abscheidung bewirken müssten, die sich zur Schmelzprismengrundlage organisirte, was aber gewiss ein noch viel complicirterer Vorgang wäre, als die Möglichkeit, die ich setze. Weitere Untersuchungen müssen nun allerdings erst zeigen, ob sich dieselbe bestätigt, ob man in der That die

Schmelzzellen als Secretiionsorgane des Schmelzes annehmen darf. — Ein Einwurf, der gemacht werden könnte, wenn es sich um die Frage von der Existenz des Schmelzoberhäutchens an fötalen Zähnen handelt, um die sich hier Alles dreht, ist der, dass sich bei Behandlung mit Essigsäure nicht eine Membran, sondern nur die jüngst gebildete Schicht des Schmelzes bauchig abhebe. Auch ich glaubte anfangs, als ich jene Membran nicht finden konnte, dass die Angaben von *Huxley* nur hierauf Bezug haben; allein später wurden mir diese Zweifel vollständig benommen, als ich mit frischen Zähnen arbeitete; hier hebt sich zuerst die Membran ab; behandelt man noch länger mit Essigsäure, dringt diese dann durch die Membran hindurch und greift den Schmelz an, so werden aus diesem die Kalksalze ausgetrieben, die organische Grundlage dehnt sich aus und folgt gleichsam dem Schmelzoberhäutchen nach, so dass man nach einiger Zeit wieder den Schmelz mit einem geraden Rande findet, indem das abgehobene Schmelzoberhäutchen dem ausgedehnten Schmelze wie gewöhnlich anliegt. Behandelt man mit starker Essigsäure oder Salzsäure, so hebt sich sofort Schmelzoberhäutchen und Schmelz ab, und ersteres kann dann auch der ausgetriebenen Kohlensäure nicht widerstehen und wird von dieser durchbrechen. Will man sich daher von der Existenz der *Membrana praeformativa* überzeugen, so muss man frische Zähne und verdünnte Essigsäure benützen, sodann die Behandlung unter dem Mikroskope bei starker Vergrößerung vornehmen, wozu die sich bildenden Spitzen der Backzähne wegen ihrer Kleinheit besonders sich empfehlen, weil ein grösseres Object der Fokaldistanz wegen eine starke Vergrößerung nicht zulässt. Bei meiner Annahme würde übrigens das netzförmige Bindegewebe des Schmelzorgans dieselbe Bedeutung behalten, wie früher, nämlich die Matrix zu sein, durch welche die Schmelzzellen sich ernähren; ist der Schmelz fertig, so hat sich auch jenes Gewebe zurückgebildet. — Dem Bemerkten zufolge wird allerdings die *Membrana praeformativa*, die sich am fötalen Zahn vom Schmelz abhebt, späterhin zu dem sogenannten Schmelzoberhäutchen, wie dies auch *Huxley* annimmt.

Was die dritte Zahnschicht, das Cement oder den Zahnkitt, anbetrifft, so will ich nur kurz bemerken, dass ich gefunden zu haben glaube, dass sich die Knochenhöhlen desselben aus Zellen hervorbilden; ist dies der Fall, so wird sich das Cement kaum unter der *Membrana praeformativa* bilden können (*Huxley*), und wäre ich daher vorläufig geneigt, die alte Ansicht zu vertreten, dass die Bildung des Cements von dem Zahnsäckchen ausgehe. Uebrigens könnte ich die Bildung des Cements nicht mehr in den Bereich meiner Untersuchungen ziehen, weil ich schon zuviel Zeit auf die Untersuchung der beiden anderen verwendet hatte. Ich kam daher auch nicht sagen, in wiefern die

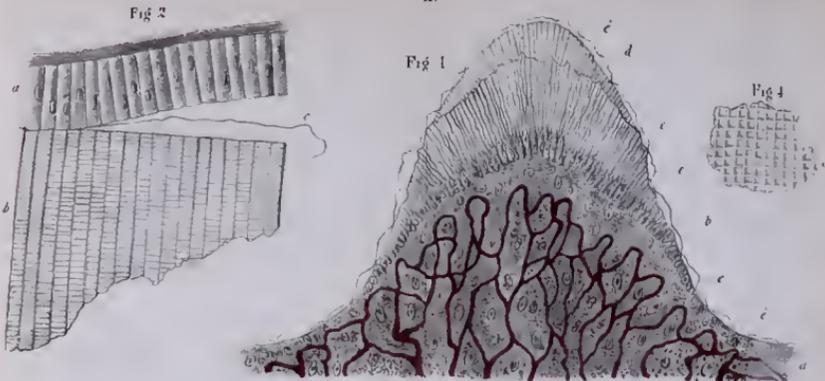
Ansicht von *Marcusen* begründet ist, der das netzförmige Bindegewebe des Schmelzorgans für die Grundlage des Cements annimmt und dasselbe daher Cementorgan nennt. *Kölliker* hat diese Ansicht in seiner Mikroskopischen Anatomie zurückgewiesen.

Ich schliesse mit der Bemerkung, dass ich als Anfänger mich diesem Gegenstande nicht unterzogen haben würde, wenn mich nicht die so freundliche Aufforderung des Herrn Professor *Kölliker* dazu bestimmt hätte. Ihm hier meinen wärmsten Dank auszusprechen für die Bereitwilligkeit, mit der er mir jedwede Hülfsmittel zu Gebote stellte, so wie für die Freundlichkeit, mit der er mir stets zur Hand ging, halte ich für eine mir gebotene, aber sehr angenehme Pflicht.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. Durchschnitt der Spitze eines menschlichen fötalen Backzahns, an dem die Bildung des Zahnbeins und des Schmelzes seit Kurzem begonnen haben. *a* Zahnpulpe oder Zahnkeim mit den Gefässen; *b* sogenannte Elfenbeinmembran, bestehend aus den Elfenbeinzellen; *c* fertiges Elfenbein; *d* fertiger Schmelz; *e* Membrana praeformativa; *e*¹ Membrana praeformativa (resp. Schmelzoberhäutchen) nach Behandlung mit Essigsäure.
- Fig. 2. Fertiger Schmelz, an dem die Schmelzmembran hängen geblieben: *a* Schmelzmembran, bestehend aus Schmelzzellen; *b* fertige Schmelzprismen; *c* Membrana praeformativa (Schmelzoberhäutchen) nach Zusatz von Essigsäure sichtbar.
- Fig. 3. Isolirte Elfenbeinzellen mit Fortsätzen i. e. Zahnröhrchen: *a* vom Menschen; *b*, *c* und *d* vom Pferde, *c* und *d* mit Verästelungen; *e* Zelle mit zwei Fortsätzen; *f* zwei sich verbindende Zellen oder eine sich theilende Zelle.
- Fig. 4. Ein Theilchen der Membrana praeformativa eines jungen Pferdezahnes mit den von den Schmelzfasern herrührenden Eindrücken.
-

A.



B.

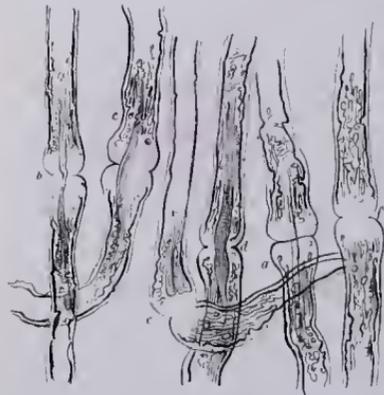
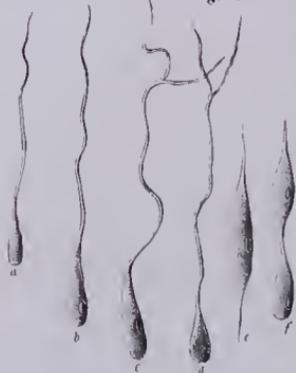


Fig. 3.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1854-1855

Band/Volume: [6](#)

Autor(en)/Author(s): Lent Eduard

Artikel/Article: [Ueber die Entwicklung des Zahnbeins und des Schmelzes 121-134](#)