

Untersuchungen über die Zähne niederer Wirbelthiere.

Von

Fr. Heineke

aus Hagenow in Mecklenburg-Schwerin.

Mit Tafel XXVII – XXIX.

Die Untersuchungen, deren Resultate ich in Folgendem auseinandersetzen werde, sind auf den Rath meines hochverehrten Lehrers, des Herrn Prof. Dr. LEUCKART, im zoologischen Laboratorium zu Leipzig angestellt worden. Ich erlaube mir für die Stellung des Themas, wie für den vielfachen Rath und die wissenschaftliche Anregung, die mir bei Bearbeitung desselben von dem Herrn Prof. LEUCKART zu Theil geworden sind, demselben meinen tiefgefühltesten Dank auszusprechen.

Dass unser Wissen von dem Bau und der Entwicklung der Zähne trotz der erfolgreichen Bearbeitung dieses Themas durch die grössten wissenschaftlichen Autoritäten noch sehr lückenhaft ist, kann Keinem zweifelhaft sein, der die verschiedenen sich theilweise schroff gegenüberstehenden Ansichten über die Bildung des Schmelzes, des Dentins etc. einer eingehenderen Vergleichung unterworfen hat. Man wird aber auch, wenn man in die Lage kommt zwischen gegensätzlichen Anschauungen in Folge eigener Untersuchungen zu schwanken, bald zu der Ueberzeugung kommen, dass die Schwierigkeiten, die uns die Lösung der vorliegenden Fragen macht, wohl zum grössten Theil nur daher kommen, dass genauere histologische Untersuchungen sich bis jetzt fast ausschliesslich auf die Zähne des Menschen und der Säugethiere beschränkten. Die ähnlichen Bildungen bei niedern Thieren fanden wenig Beachtung; sie wurden entweder, und zwar oft auf sehr willkürliche Weise, den Säugethierzähnen homologisirt oder noch häufiger als Gebilde aufgefasst, die zu jenen in einem gewissen Gegensatz

ständen. So schrieb man den Säugethierzähnen den Besitz eines Schmelzes als eigenthümlich zu; stellte seine Anwesenheit dagegen bei den zahnartigen Gebilden der drei übrigen Wirbelthierklassen in Abrede. Das den Schmelz abscheidende oder in ihn sich direct umwandelnde, eigenthümliche Cylinderepithel (Schmelzmembran), ein Abkömmling des Stratum mucosum des Schleimhautepithels, wurde natürlich den Keimen der schmelzlosen Zähne ebenfalls abgesprochen.

Nur eine Eigenthümlichkeit in der Structur der Säugethierzähne fanden genauere Beobachter, die der Hypothese von der Schmelzlosigkeit der Zähne niederer Wirbelthiere huldigten, auch bei diesen wieder. Es ist die, dass sich bei Anwendung verdünnter Säuren von der Oberfläche des intacten Zahnes ein homogenes zartes Häutchen (bei Säugethieren aus deutlichen polygonalen Maschen zusammengesetzt) ablösen lässt: diesog. Cuticula, Schmelzoberhäutchen, Nasmyth'sche Membran. WALDEYER, der es vom Hecht beschreibt¹, kommt gegen Ende seiner Darstellung auf die Zähne niederer Wirbelthiere im Allgemeinen zu sprechen und nennt dieselben nur aus Dentin, Cement und wahrscheinlich stets auch der Cuticula bestehende Gebilde.

Dass man genauere Untersuchungen der Zahngebilde niederer Wirbelthiere nicht anstellte und in Folge dessen zu einer, wie wir sehen werden, so irrthümlichen Anschauung, wie die WALDEYER's, kommen konnte, hat meiner Ansicht nach seinen Grund darin, dass die in der Geschichte der Kenntniss des Zahngewebes epochemachende Entdeckung des Ursprungs des Schmelzorgans durch KÖLLIKER die ganze Aufmerksamkeit der auf diesem Gebiet thätigen Forscher auf das Studium des später so eigenthümlich umgewandelten Schleimhautepithels (Schmelzpulpa etc.) und seine Beziehungen zum fertigen Schmelz hinlenkte. Und in der That kann dieses, eine so mächtige Entwicklung erreichende Organ die intensivste Thätigkeit der Forscher in Anspruch nehmen, wie die seit KÖLLIKER's Entdeckung erschienenen zahlreichen Arbeiten (besonders die von WALDEYER, HUXLEY, HERTZ, KOLLMANN) beweisen. Alle diese Forscher haben mit bewunderungswürdigem Scharfsinn an der Lösung der hier vorliegenden wichtigen Fragen gearbeitet, sind aber gerade durch diese allzugrosse Concentration ihrer Untersuchungen auf dies eine Organ abgehalten worden, den jedenfalls einzig richtigen Weg, nämlich den der möglichst ausgedehnten Vergleichung, einzuschlagen. Was vom Schmelzorgan gilt, lässt sich in dieser Beziehung auch von der sog. Membrana ehoris sagen, über deren Bedeutung und Verhältniss zum Dentin seit ihrer Entdeckung durch KÖLLIKER und LENT ebenfalls die eingehendsten Untersuchungen angestellt worden sind. Beide Entdeckungen, der schmelz- und der dentinbildenden Membran,

waren so neu und überraschend, dass sich eine ganz neue Aussicht in die Erkenntniss des Zahngewebes eröffnete. Veraltete Anschauungen wurden aus dem Wege geräumt, zu gleicher Zeit aber auch Beobachtungen vollkommen vernachlässigt, die zwar von ältern, aber bei weiten vergleichender verfahrenen Forschern mitgetheilt die grösste Beachtung verdient hätten. In den ältern Arbeiten über Zähne findet sich nämlich eine nicht unbedeutende Zahl von Angaben über das Vorkommen einer echten Schmelzbedeckung bei Reptilien-, Amphibien- und Fischzähnen, über ein diesen Schmelz bildendes, differenzirtes Schmelzorgan (Schmelzkeim), sowie vor allen über die Entwicklung dieser Zähne in Säckchen. Fast allen neuern Forschern aber, deren Arbeiten über Zähne mir zum Studium vorliegen, scheint die Mehrzahl dieser Angaben gänzlich unbekannt zu sein. Ein näheres Studium besonders der Arbeiten von OWEN² und RETZIUS³ muss wenigstens den Gedanken aufkommen lassen, dass die Zähne niederer Wirbelthiere denen der Säugethiere in jeglicher Beziehung morphologisch gleich seien und muss auffordern in diesem Sinne Untersuchungen anzustellen. Allein bei unsern neuern Forschern finden wir Nichts von dem; sie halten beständig an dem oben erwähnten Gegensatz zwischen den Zähnen der Säugethiere und denen der übrigen Wirbelthiere fest.

Meine Untersuchungen beschränkten sich anfangs auf den so interessanten Kauapparat der Cyprinoiden, und nur nebenbei unterwarf ich auch die Zähne von *Esox*, *Perca fluviatilis*, *Acerina vulgaris* einer nähern Beachtung. Bei letzteren traten mir nun so interessante Erscheinungen entgegen, dass ich anfang mehrere niedere Thiere zur Vergleichung heranzuziehen und endlich, verwundert über die Angaben, die ich bei neuern Forschern fand, zu OWEN'S *Odontography* griff. Hier fand ich, dass Thatsachen, die ich anfangs neu entdeckt zu haben glaubte, OWEN schon längst bekannt waren; musste aber zugleich die Ueberzeugung gewinnen, dass ein eingehenderes Studium besonders der Histologie und Histogenie der Zähne niederer Wirbelthiere von grossem Interesse für unsere Kenntniss sowohl vom Zahn- und Knochengewebe, als auch besonders von der Bedeutung des Schmelzes sein müsse. Ich dehnte deshalb meine Untersuchungen noch weiter aus, zunächst hauptsächlich in der Absicht einen Ueberblick über das Verhalten des Mundhöhlenepithels zu der dentinbildenden Papille zu bekommen.

Letzteres ist mir, wie ich zeigen zu können glaube, so ziemlich geglückt, ausgenommen leider da, wo es sich um die Lösung eines so schwierigen histologischen Problems, wie die Bildung des Schmelzes ist, handelte. Für die definitive Lösung desselben wichtige Beobachtungen habe ich nur sehr vereinzelt und isolirt dastehende aufzuführen;

überall aber war ich genöthigt auf die Beobachtungen der ältern Forscher zu recurriren, so dass ich meine Untersuchungen nur als eine wenig gelungene Fortsetzung der ihrigen im Sinne der neuern histologischen Anschauungen ansehen kann. Vielleicht dient die Darstellung ihrer zwar geringfügigen, aber eine weite Aussicht eröffnenden Resultate dazu ein geübteres Forscherauge, als das eines Schülers, auf dies Gebiet zu lenken und dadurch eine schnellere Lösung interessanter histologischer Fragen herbeiführen zu helfen.

Es sei mir zunächst gestattet, die Beobachtungen und Anschauungen der ältern Forscher, auf die ich mich beständig stützen muss, in Kürze darzulegen. Ich beschränke mich hierbei, wie bei meinen Untersuchungen, hauptsächlich auf die Fischzähne.

Die ältesten Untersucher der Zahngebilde von LEEUWENHOEK⁴ (1678) bis PURKYNÉ (1834) sahen die Zähne mit dem erstgenannten Forscher als aus hohlen, von der Pulpa bis zur Peripherie meist unverzweigt ausstrahlenden Fasern zusammengesetzte Gebilde an, die auf der Oberfläche eines kegelförmigen Keims durch Ausschwüzung aus dem Innern desselben schichtenweise abgelagert würden. G. und F. CUVIER und Andere folgten trotz genauer Untersuchungen über Zähne völlig dieser alten Anschauung und trugen ausser vergleichenden Arbeiten über Form und Befestigung der Zähne Nichts wesentlich neues zur histologischen Kenntniss derselben bei. In höherem Grade ist das Letztere dagegen mit den Untersuchungen von BORN⁵ über Fischzähne der Fall. Wenn auch unter dem Einfluss der HEUSINGER'schen Schule, die die Zähne irrthümlich zu den Hornbildungen rechnete, entstanden sind dieselben doch mit grosser Sorgfalt angestellt und haben auf eine Anzahl sehr beachtenswerther Thatsachen aufmerksam gemacht.

Sämmtliche Horngebilde zerfallen nach BORN in Strahlen- und Plattengebilde; erstere wieder in Haare und Zähne; an letzteren wird sowohl das Dentin als auch der Schmelz als Horngebilde aufgefasst. Die Fischzähne theilt nun BORN nach ihrer Substanz ein in:

- 1) Zähne, die blos aus Horngewebe bestehen
 - a) solche, die blos als höhere Entwicklung des die Mundhöhle auskleidenden Epithels anzusehen sind (Hornzähne der Cyclostomen)
 - b) solche, welche sich schon analog den Zähnen höherer Thiere in Säckchen ausbilden (Zähne von Chaetodon und Pimelodes).

Die als Beispiele zu b) angeführten Zähne zeigen uns (cf. unten), dass Born das homogene oder bei den ihm zu Gebote stehenden Vergrößerungen homogen erscheinende Dentin mit der von ihm richtig als

Schmelz bezeichneten Belegmasse an den Spitzen dieser Zähne identifiziert. Der Schmelz ist für BORN eine homogene Hornmasse.

2) Ueberlegte Zähne, d. h. aus 2 verschiedenen, übereinander liegenden Substanzen bestehend:

- a) solche, die aus Fasersubstanz bestehen und mit Schmelz überlegt sind. Die Keimsubstanz setzt sich in die einzelnen hohlen Fasern fort
- b) solche, die im Innern eine von Knochensubstanz umgebene Keimböhle haben und, so weit sie aus dem Zahnfleisch hervorragen, von Schmelz bedeckt sind. Dieser ist im vollkommenen Zustande milchweiss, durchscheinend, glänzend und äusserst hart, bei einigen Fischen aber auch gelbbraun, hornartig, und weniger fest.

Die Pflasterzähne von Sparus, die Zähne des Hechtes und der Haie, die hierhergehören, zeigen den Schmelz am mächtigsten ausgebildet.

Aus der Definition der Gruppe 2a geht hervor, dass BORN das Dentin mit leicht sichtbaren Zahnkanälchen als »Fasersubstanz« bezeichnet. Diese Fasersubstanz rechnet er, wie die Vergleichung der zu 2a von ihm gerechneten Zähne mit dem Horn des Rhinoceros, den Barten der Walfische und Zähnen von Ornithorynchus zeigt, ebenfalls zu dem Horngewebe; stellt sie jedoch der homogenen Schmelzmasse gegenüber. Der Schmelz, den BORN in b) als milchweiss und sehr hart beschreibt, ist hartes Dentin mit sehr feinen Zahnkanälchen; der als gelbbraun, hornartig und weniger fest bezeichnete ist dagegen, wie weiter unten klar werden wird, echter Schmelz.

Den Uebergang von 1 zu 2 bilden nach B. die Zähne von Acanthurus, die Schlundzähne von Echeneis Naucrates und Exocoetus evolvans dadurch, dass sie an der Basis mit einer sehr dünnen Knochenlamelle auf dem als Grundlage dienenden Knochen ruhen.

Nach ihrer Befestigung unterscheidet BORN die Fischzähne als solche:

- a) die blos im Zahnfleisch befestigt sind,
- b) die in Alveolen eingekeilt,
- c) die epiphysenartig mit dem Knochen verbunden sind
- d) die an der Wurzel mit dem basischen Knochen verschmelzen.

Ausser den Zähnen der Cyclostomen und Gymnodonten entwickeln sich nach BORN die Fischzähne sämmtlich in Säckchen. Dieses hängt nach unten mit dem Zahnfleisch zusammen und besteht aus zwei Häutchen. Anfangs ist das Säckchen mit einer röthlichen Flüssigkeit

erfüllt, später erscheint an der untern Fläche der Keim als röthlicher Körper. Der Zahn bildet sich lamellenweise, ob durch Verkalkung der Pulpa selbst oder durch Ausscheidung wird nicht gesagt.

Interessant ist folgende Aeusserung BORN'S: »dass der Schmelz von der innern Fläche des innern Blattes (des Zahnsäckchens) abgesondert werde, scheint mir unwahrscheinlich, denn die äussere Oberfläche des Schmelzes ist gleich härter, nach innen aber weicher, was doch nach obiger Ansicht umgekehrt sein müsste«. Es wird uns später noch klarer werden, dass Born das Schmelzorgan der Fische vielleicht überall angetroffen hat, nämlich als inneres Blatt des Zahnsäckchens. Hier sei nur soviel bemerkt, dass man unter der Loupe mit Nadeln z. B. beim Hecht, ohne viele Schwierigkeiten die äussere bindegewebige Begrenzung des Zahnkeimes, das eigentliche Zahnsäckchen (cf. unten), theilweise isoliren und dann sehr leicht das innen dem Keim aufliegende Schmelzorgan als äusserst zartes Häutchen abheben kann. Die Bedenken BORN'S dieses innere Häutchen für das schmelzerzeugende zu halten rühren daher, dass er die äusserste harte und auf den ersten Blick homogen erscheinende Dentinschicht, welche sich von aussen nach innen zu bildet, mit dem Schmelz verwechselte.

Die Hauptirrhümer BORN'S entstanden offenbar aus der Unvollkommenheit seiner optischen Hilfsmittel, die ihm die feinere Structur von Massen, die auf den ersten Blick homogen erscheinen, nicht erkennen liessen. Mit der Verbesserung der Mikroskope machte deshalb auch die Kenntniss des Zahngewebes in den nun folgenden Jahren rasche Fortschritte, und die irrthümlichen Anschauungen BORN'S konnten verlassen werden. Durch die Entdeckungen PURHYN'S⁶, dann durch die sehr sorgfältigen Untersuchungen von RETZIUS³, JOH. MÜLLER⁷, endlich durch die alle Wirbelthierklassen gleichmässig berücksichtigenden Forschungen OWEN'S wurden zunächst die Röhrennatur der Zahnfasern (im ältern Sinne) (tubular structure OWEN) und die zahlreichen Verästelungen und Anastomosen derselben definitiv festgestellt; man fand ferner, dass auch scheinbar homogene Zahnmasse (Vitrodentine OWEN) bei Anwendung stärkerer Vergrösserungen als von Röhren durchzogenes Dentin sich darstelle; man constatirte das Vorkommen eines wirklichen Schmelzes bei niedern Wirbelthieren und eines diesen bildenden, der Zahnpapille aufliegenden, membranösen Schmelzorgans. OWEN speciell war es vorbehalten, in seiner prachtvollen Odontography erstens, die alte Anschauung, nach der das Dentin als Abscheidung der Papillenoberfläche gebildet werden sollte, umstossend, die Umwandlung der Papille selbst durch successiv von aussen nach innen fortschreitende Verkalkung zu beweisen; zweitens aber den allmäligen und vollstän-

digen Uebergang von Zahn- in Knochengewebe und umgekehrt (besonders an Fischzähnen) darzulegen.

Die Eintheilung der Fischzähne durch OWEN, die ich hier wiedergeben will, sieht gänzlich davon ab, ob ein Zahn echten Schmelz besitzt oder nicht; ihr alleiniges Princip ist die Structur des Dentins, und gerade dadurch besitzt sie, wie wir weiterhin sehen werden, einen grossen Werth.

Die Eintheilung findet sich l. c. dental system of fishes 8.

I. Parallele, längliche Cavitates pulpae mit gleichem Abstand von einander, jede mit einem Kalkröhren- (Zahnkanälchen)system*) bilden durch Knochen- oder Cementhüllen geschiedene und den ganzen Zahn zusammensetzende Dentickel.

Pristis; Myliobates; Zygobates; Maxillarplatten der Chimaeroiden; Kieferbekleidung von Scarus.

Die Cavitates pulpae stehen mit den Markkanälen des unterliegenden Knochens, wenn solcher vorhanden, in Verbindung.

II. Die mit den Markkanälen des Knochens in Verbindung stehenden und ihnen homologen Cavitates pulpae laufen nicht mehr so parallel, wie in den zu I gehörigen Zähnen. Die Enden der Kalkröhren der einzelnen Röhrensysteme durch kleine Lagen von PURKYNÉ'schen Körperchen (Knochenkörperchen) verbunden oder direct in einander übergehend. Die Cavitates pulpae gleichen durch das Vorkommen von Anastomosen schon mehr echten Medullarkanälen.

Cestracion Philippi; fossil: Ptychodus, Psammodus, Helodus, Ctenoptychius.

III. Cavitates pulpae oder Medullarkanäle ein unregelmässiges Netzwerk bildend. Zwischensubstanz mit Zahnkanälchen und Knochenkörperchen. Der ganze Zahn aussen von einer festen, oft fast homogenen Dentinlage umgeben. — Die am weitesten verbreitete Form der Zahnstructur bei Fischen.

Acanthurus, Sphyræna, Esox.

IV. Nur eine mit den Markräumen des basischen Knochens in Verbindung stehende Pulpahöhle mit einem einzigen System

*) In den Hohlräumen der sich verästelnden Fasern des Zahns dachte man sich, wie auch in den strahlenförmigen Knochenhöhlen, die Kalksalze abgelagert.

davon ausstrahlender Kanälchen (wie bei Säugethier- und Reptilienzähnen)

Fossile Sauroidfische und Pycnodonten; Maxillarzähne von Balistes und Lophius; Schneide- und Molarzähne der Sparoiden; Pharyngealplasterzähne von Labrus; Maxillar- und Pharyngealidentikel von Scarus; lamellenförmige Dentikel von Diodon und Tetrodon.

Gegen Ende meiner Abhandlung, in der ich noch Gelegenheit haben werde, den schon von OWEN beschriebenen Zahnformen noch einige neue höchst interessante hinzuzufügen, werde ich genöthigt sein auf die obige, in mancher Beziehung ausgezeichnete Eintheilung der Zähne zurückzukommen. Ich begnüge mich an diesem Orte damit noch auf die von OWEN sehr ausführlich und trefflich beschriebenen, den echten dentes compositi bei Säugethiern (Elephant; Hase) völlig homolog gebauten Pharyngealplatten von Scarus aufmerksam zu machen (OWEN l. c. p. 149. Taf. 50 Fig. 3). Dieselben sind, wie die gleichen Bildungen bei Säugethiern, entstanden durch das Verwachsen einzelner neben einander stehender Zahnkeime, welche, ein jeder aus einer später verknöchernenden Pulpa, Dentin und echtem Schmelz bestehend, durch Verkalkung der hingewebigen Scheidewände (Zahnsäckchen) aneinandergekittet wurden. Diese eigenthümliche Zahnbildung ist ein deutlicher Beweis, dass die Zähne der höhern Wirbelthiere an Vollkommenheit vor denen der Fische Nichts voraus haben, wenn nicht gar von diesen übertroffen werden.

Der Schmelz fehlt nach OWEN den Zähnen der meisten Fische und den Ophidiern unter den Reptilien. Um die oberste Schicht eines Zahnes für Schmelz erklären zu können, scheint OWEN nur eine scharfe Grenze derselben gegen das Dentin zu verlangen; wo er diese nicht constatiren kann, z. B. an der äussern homogenen Dentinschicht (Vitrodentine) vieler Fischzähne, leugnet er, und zwar mit Recht, ihre Schmelznatur.

Wo übrigens der Schmelz bei Fischen nach OWEN vorkommt*), ist er oft kaum vom Dentin zu unterscheiden. Auch in ihm kommen nämlich Kalkröhren vor, die aber in anderer, oft entgegengesetzter Richtung, wie die im Dentin verlaufen. Aehnlich ist der Bau des Schmelzes auch bei den Reptilien, wo er in sehr dünner Lage vorkommend durchscheinend, dicht und feinfaserig ist. Die Beziehungen zwischen diesem faserigen Zahnschmelz und dem aus breiten Prismen zusammengesetzten Säugethierschmelz denkt sich OWEN so, dass die Prismen verdickte,

*) Bei Sargus, Balistes, Scarus, Phyllodus Taf. 43, 44, 50 und 52.

regelmässiger gestellte und sich nicht mehr verästelnde Fasern (Kalkröhren) sind.

Die Entwicklung der Fischzähne findet nach OWEN in den meisten Fällen ohne Bildung eines geschlossenen Zahnsäckchens durch einfache Odontificirung einer freien Papille statt. Diese freie, eine Flüssigkeit enthaltende und von einer dicken Membrana propria pulpae umgebene Papille kann jedoch in vielen Fällen von einer dünnen »external buccal mucous membrane«, die mit dem Wachsthum der Papille mehr und mehr abnimmt, überdeckt sein, oder sie wird nachträglich in eine Vertiefung einer Falte der Schleimhaut verborgen, die jedoch, im Gegensatz zu dem Zahnsäckchen der Säugethiere, in keinem organischen Zusammenhang mit der Papille steht (Selachier). Ein echtes Zahnsäckchen kommt dadurch zu Stande, dass die junge Papille von der Membran, aus der sie sich erhebt, umwachsen wird, wodurch ein geschlossener Sack entsteht. Frei in der Mucosa liegt derselbe bei *Lophius*, *Esox*, *Cyprinus* etc., wie bei den Säugethiern in die Kiefer eingesenkt und später völlig bis auf eine kleine Oeffnung von ihnen umschlossen bei *Balistes*, den Sparoiden, *Sphyræna* und *Scarus*. Im ersteren Falle entstehen die Ersatzzähne zwischen oder hinter den alten; sie können daselbst in allen Entwicklungsstadien leicht aufgefunden werden; in letzterem Falle dagegen entstehen die Ersatzzähne meist unterhalb des alten Zahnes im Innern des Knochens und werden erst sichtbar, wenn sie von unten andrängend den alten Zahn zur Resorption bringen und dessen Stelle einnehmen.

Ein echtes Schmelzorgan kennt OWEN mit Sicherheit nur bei *Balistes*, *Sargus*, *Chrysophrys* und *Scarus*. Dasselbe ist membranös, und ähnelt sein Gewebe der gewöhnlichen Pulpa mehr, als bei den Säugethiern; zahlreiche eng gestellte feine Fasern stehen senkrecht auf der Oberfläche der Dentinpulpa. Die an der Kapsel- (Zahnsäckchen)wand anliegende Partie besteht aus einem körnigen und faserigen Gewebe. Gefässe dringen nicht hinein*).

Noch genauer und sorgfältiger wohl, als die Untersuchungen OWEN's, wenn auch nicht so umfassend, sind die von RETZIUS³. Dieselben beschränken sich allerdings zum grossen Theil auf die Erforschung des Röhrenbaus der Zähne und zwar vornehmlich der Säugethierzähne, erstrecken sich jedoch auch auf Fischzähne und hier insbesondere auf den Schmelz derselben. RETZIUS beschreibt Schmelz von *Sargus Rondelotii* (p. 523), *Balistes Vetula* (p. 524), *Squalus cornubicus* (Ver-

*) Siehe über die Entwicklung der Fischzähne I. c. Part I. Dental system of fishes 9.

wechselung mit der äussersten Dentinschicht?), *Gadus Molva* (p. 527), *Anarrhichas Lupus* (p. 529. Vorderzähne und Vomerzähne). Bei *Cyprinus Idus* konnte sich RETZIUS nicht vergewissern, ob die schmelz-ähnliche, weisse, durchsichtige Bedeckung der Spitze der Zähne wirklicher Schmelz sei. Bei *Sargus* ist der Schmelz nach RETZIUS bräunlich und ebenso bei *Balistes*; weiss dagegen an der Spitze der Zähne von *Gadus Molva* und auf den Vomerzähnen von *Anarrhichas*. Unter den Reptilien haben Schmelz *Crocodylus sclerops* und *C. Lucius* (p. 524); er wurde vermisst bei *Python bivittatus*.

Bezüglich der feinern Structur des Schmelzes führt RETZIUS einige für uns sehr beachtenswerthe Beobachtungen an. Er sagt (S. 544 ff.), dass der Schmelz überall, wo er ihn aufgefunden, an der Grenze des Dentins von eigenthümlichen Rissen und Spalten durchzogen sei. Am Schmelze höherer Thiere erscheinen sie zwischen den einzelnen Prismen, die an solchen Stellen oft gezahnten Linsenfäsern gleichen. Lässt man dünne Zahnscheiben einige Stunden in kaustischem Kali liegen, so sollen ganze Flecke solcher poröser Stellen im Schmelz entstehen. Bei *Sargus* und *Balistes Vetula* fand RETZIUS diese Spalten äusserst regelmässig angeordnet, in ihrem Aussehen Zahnkanälchen gleichend. Er hält also das, was OWEN als mit Kalksalzen gefüllte Röhren auffasst, für Lücken im Schmelz und spricht die Ansicht aus, dass die unorganische Schmelzfaser (*Prisma*) von einer organischen durch Kali oder sonstige Einflüsse zerstörbaren und Spalten hinterlassenden Kapsel umgeben sei. Als dieser Kapsel angehörend fasst er auch die an Milchzähnen fehlenden Querstreifen der Schmelzprismen auf.

Ich komme jetzt zur Besprechung der Beobachtungen neuerer Forscher und muss zunächst LEYDIG erwähnen. In seiner Histologie⁸ sagt er (p. 302), dass nach OWEN die Zähne der Amphibien und Fische mit Ausnahme einiger Saurier nie in Säckchen eingeschlossen würden und damit zugleich die Anwesenheit eines Schmelzorgans wegfielen. Ausser dem Schmelz mangle diesen Zähnen auch noch der Cement. An einer andern Stelle desselben Werkes (p. 328) finde ich, dass er die von OWEN manchen Fischen z. B. *Sargus* vindicirte bräunliche Schmelzlage ebenfalls gesehen und die Frage aufwirft, ob wirklich, wie es OWEN von *Sargus* und vom Frosch behauptete, dieselbe einem Schmelzorgane ihren Ursprung verdanke. Er fügt dann hinzu, dass bei *Anguis fragilis* kein Schmelzorgan vorhanden sei; der Zahn ist ihm das Verkalkungsproduct einer freistehenden Papille. Die äusserste Schicht der Zähne von *Myliobates*, nach HARLESS⁹ echter Schmelz und aus einer Verkalkung von Epithelplättchen hervorgegangen, hält LEYDIG für identisch mit der homogenen äussern Dentinschicht der übrigen Selachier. Speciell über

die Zähne des Erdsalamanders handelt LEYDIG an einem andern Orte¹⁰ und spricht hier zuerst eine eigenthümliche Ansicht über die Entwicklung der Zähne aus. Dieselben entstehen nach ihm im Grunde des Schleimhautepitheliums im Innern eines aus Epithelzellen gebildeten Ballens; die Zellen des letzteren nämlich sollen in seiner Mitte durch Auseinanderweichen die Entstehung einer Spalte herbeiführen und in diese hinein die später erhärtende Zahnmasse abscheiden. Dem Bindegewebe wird jeder Antheil an der Bildung des Zahns abgesprochen; derselbe ist mit allen seinen Theilen ein Erzeugniß von Epithelzellen. Die Oberfläche des Zahns bedeckt ein homogenes Häutchen, eine Cuticula, die von der Basis des Zahns auf den unterliegenden Knochen übergeht und die Verbindung zwischen beiden herstellt.

Diese eigenthümliche unsern bisherigen Anschauungen über die Morphologie der Zähne gänzlich fremde Entwicklungsweise derselben beschreibt nun LEYDIG neuerdings¹¹ auch von unsern einheimischen Schlangen und versucht zu gleicher Zeit dieselbe sämmtlichen bekannten Zahngebilden zu vindiciren, indem er die Ansicht ausspricht, dass die sog. Membrana eboris KÖLLIKER's oder die Odontoblastenschichte in frühester Jugend des Zahnkeimes nach unten mit der Membrana adamantinae continuirlich zusammenhänge, jedoch bald durch das in der Spalte zwischen beiden Zellhäuten nach unten vordringende, in seiner Hauptmasse oder ausschliesslich von der Membrana eboris gebildete Dentinhütchen von der letztern getrennt werde. LEYDIG schliesst seine Ansicht einem frühern Ausspruch REICHERT's¹² über das Verhältniss der Odontoblasten zum Bindegewebe an und will gewissermassen wieder zu der Stellung mancher ältern Forscher zurückkehren, die, wie wir von BORN sahen, die Zähne als Horngebilde auffassten. Zur Erklärung der so eigenthümlichen Verschiedenheiten zweier nach LEYDIG auf gleiche Weise entstehenden Bildungen, des Dentins und des Schmelzes, welche letzteren er jedoch nur den Säugethieren zuschreibt, vergleicht er den Zahn mit der aus zwei differenten Lagen bestehenden Muschelschale (Abbildung davon in seiner Histologie p. 409), wie mir scheint, jedoch in etwas gezwungener Weise.

Die Arbeit von LEYDIG über Schlangenzähne ist mir leider erst zu einer Zeit in die Hände gelangt, wo es mir nicht mehr möglich war, an Schlangenzähnen so genaue Untersuchungen anzustellen, wie sie die Autorität eines so grossen Forschers, wie LEYDIG, verlangen muss. Ich hoffe dagegen über die Entwicklung der Tritonenzähne Einiges in dieser Sache entscheidendes beibringen zu können.

Eine Arbeit sehr neuen Datums über Zähne ist von SIRENA¹³ geliefert. Dieselbe ist mir leider nur in einem Auszuge bekannt. Sie han-

delt ausschliesslich über Amphibien- und Reptilienzähne. SIRENA beschreibt einen Schmelz bei Rana (schon OWEN bekannt l. c. Dental system of reptils II) und Lacerta agilis (gleichfalls OWEN bekannt), wie es scheint, als neue Entdeckung. Die Structur des Schmelzes wird als durchscheinend und homogen beschrieben; bei beiden Thieren ist ein differenzirtes Schmelzorgan vorhanden, das sich wie bei den Säugthieren vom Mundhöhlenepithel aus bildet und in ein vollkommenes Zahnsäckchen eingeschlossen wird. Ueber die Entwicklung der mit gelblicher Spitze versehenen Zähne von Siredon und Triton erfahren wir, dass die Zahnpapille auf ihrem jüngsten Stadium aus einer einzigen grossen Bindegewebszelle bestehe, um die sich das erste Dentin ab-scheide*).

In der vorausgegangenen Darstellung der frühern Arbeiten über Fischzähne, die mir absolut nothwendig erschien, habe ich, obwohl sie so weitläufig geworden, doch nur auf Allgemeines aufmerksam gemacht; zahlreiche Einzelheiten finden ihren richtigen Platz nur im Laufe der Darstellung meiner eignen Untersuchungen selbst. Ich beginne dieselbe mit der speciellen, ausführlicheren Beschreibung des Kauapparats der Cyprinoiden und der Zähne von Esox Lucius; behandle dann gemeinsam die übrigen von mir untersuchten Fischzähne, drittens die Zähne der Tritonen, vorzüglich nach ihrer Entwicklung, und endlich noch einige interessante Beobachtungen an Hautknochen bei Fischen.

I.

Der Kauapparat der Cyprinoiden.

Das Vorkommen von Zähnen ist bekanntlich bei den echten Cyprinoiden auf den hintern Abschnitt des Visceralapparats beschränkt. Jeder der beiden letzten kienenlosen Visceralbögen, die den hintern Theil des Schlundes umrahmen, trägt an seiner innern Seite in 4—2, selten 3 Reihen geordnet die wenigen, mit der Knochenmasse fest verwach-

*) Anm. Als meine Untersuchungen fast beendet waren, kam mir noch eine kleine Notiz über das Vorkommen einer Schmelzlage auf den Zähnen von Labrus maculatus zu Händen. Sie findet sich in: Natural history transactions of Northumberland and Durham Vol. III Part II und ist betitelt: On the teeth of the Ballan Wrasse (Labrus maculatus) by JOSEPH WRIGHT Plate XV. WRIGHT beschreibt einen richtigen Schmelz, wie er nach meinen Untersuchungen überall auf Fischzähnen vorkommt und erinnert daran, was mir entgangen ist, dass L. AGASSIZ bei den fossilen Gattungen Pygopterus und Saurichtys, Mr. ALTHEY bei den fossilen Genera Gyrolepis, Amblypterus, Pygopteris und Cycloptychius eine ähnliche Structur der Zähne beschrieben haben.

senen und sehr characteristisch gebildeten Zähne. Den Uebergang zu andern Fischen mit Zahnbewaffnung an den Kiefertheilen macht die Familie der Cyprinodonten. OWEN (l. c. p. 444) behauptet, dass bei *Barbus fluviatilis* Rudimente von Kieferzähnen am Alveolarrand der Ossa maxillaria, intermaxillaria und mandibularia in Form kleiner, steifer, im Zahnfleisch versteckter Papillen vorkämen. Ich kann dies, soweit ich die Barbe, allerdings nur durch freie Praeparation, darauf untersucht habe, nicht bestätigen.

Die Zähne der Cyprinoiden sind meistens etwas bogenförmig nach oben gekrümmt und an oder unterhalb ihrer Spitze fast immer mit einer sehr verschieden gestalteten Kaufläche versehen. Durch einen ziemlich complicirten Muskelapparat, der die beiden Schlundknochen in Bewegung setzt, wirken sie gegen eine am Occipitalbein befestigte hornige, sehr harte Kauplatte. Vollständige Beschreibungen und Abbildungen vom Kauapparat haben JURINE¹⁴ und OWEN (l. c. p. 446 ff) gegeben. Ersterer vermuthet, dass die Cyprinoiden Wiederkäuer seien; letzterer giebt eine detaillirte Schilderung des Muskelapparates der Schlundknochen; dieselbe entbehrt jedoch der Vollständigkeit und giebt keine richtige Vorstellung von den im höchsten Grade mannigfaltigen Kaubewegungen, die unsere Fische auszuführen im Stande sind. Es erscheint deshalb vielleicht nicht unangebracht, den in Rede stehenden Muskelapparat etwas näher zu betrachten.

Die unteren Schlundknochen der Cyprinoiden sind 2 spangenartige, schräge vom Hinterhauptsbein aus einen nach vorn und unten concaven Bogen beschreibende Knochen. Die oberen freien, von einander getrennten und etwas nach vorn zurückgebogenen Enden sind durch Ligamente und Musculatur zu beiden Seiten der Kauplatte am Hinterhauptsbein befestigt; die vordern und untern Enden legen sich, indem sie sich zuspitzen, eng an einander an, durch ein wenig nachgiebiges Ligament, das nach OWEN bei ganz alten Thieren verknöchern kann, verbunden. Nach fast derselben Richtung und längs desselben Randes, an den sich bei den übrigen Visceralbögen die Kiemen ansetzen, erhebt sich nach unten und hinten eine breite knöcherne Spina, die nach beiden Enden an Breite abnehmend nach vorne eine ebene, mit grossen Gruben(öffnungen der Markräume des Knochens) versehene und beim Aufheben des Kiemendeckels sogleich in die Augen fallende Fläche kehrt, nach hinten allmähig in den verdickten innern Rand der Schlundknochen, der die Zähne trägt, übergeht. Denken wir uns diese Spina und die dem innern Rande aufsitzende Verdickungsmasse vom Schlundknochen, an dem sie offenbar nur Theile sind, die ausschliesslich Beziehung zum Kauact haben, abgeschnitten, so hat der Rest die

Form eines ganz gewöhnlichen Kiemenbogens, der noch auf seinem concaven Rande dieselben papillösen Erhebungen trägt, wie die echten kimentragenden Visceralbögen an derselben Stelle. Während aber an letzteren stets zwei Reihen, eine innere und eine äussere, von solchen, bei allen Knochenfischen die einzigen zahntragenden Stellen des Kiemenbogens vorstellenden, Erhebungen vorhanden sind, finden wir am Schlundknochen nur die äussere erhalten; die Papillen der inneren Reihe sind zu einem einzigen Wulst verschmolzen, und dieser Wulst trägt die Zähne, derer alle übrigen papillösen Erhebungen der Visceralbögen bei den Cyprinoiden ermangeln. Es ist gewiss nicht ohne Interesse, so zu sehen, wie die Zähne den Platz, der ihnen bei allen übrigen Knochenfischen auf den Kiemenbögen angewiesen ist, auch hier innehaben.

Den Kau- und theilweise auch Reissbewegungen der Schlundknochen stehen nun 5 Muskelpaare von verschiedener Mächtigkeit vor. Fig. 4 Taf. XXVII giebt 2 Ansichten der Musculatur des Kauapparates eines mässig grossen Individuums von *Leuciscus rutilus*. *A* zeigt den Apparat von unten, *B* von der Seite, beide in zweimaliger Vergrösserung. α in *A* ist der Durchschnitt des Anfanges des Oesophagus; β in *B* die hintere Grenze des Schädels, γ die untere der Wirbelsäule, δ ein Vorsprung des Schädeldaches.

Das Muskelpaar *aa* besteht aus 2 gering entwickelten Muskeln, deren jeder mit einer ziemlich langen Sehne an dem vordern, untern Theil eines Schlundknochens sich inserirt und vom untern Theil des Schultergerüstes entspringt, somit vom vordern Ende des Schlundknochens etwas schräg nach aussen, hinten und unten zieht. Diese Muskeln vermögen den ganzen Schlundknochenapparat, der sich dabei in seiner obern Verbindung mit dem Schädel bewegt, und mit ihm den übrigen Visceralapparat etwas nach hinten und unten zu ziehen; vielleicht können sie auch ein geringes Auseinanderrücken der beiden Schlundknochen erzielen.

Die Antagonisten dieser und aller andern Muskeln des Kauapparats sind die beiden Muskeln *bb*. Sie entspringen von den untern Verbindungsstücken der Kiemenbögen und ziehen als breite, aber nicht sehr dicke Muskelbänder nach hinten, um sich in der ganzen Länge der untern und äussern Ränder der beiden vordern, etwas nach oben aufsteigenden Theile der Schlundknochen zu inseriren. Sie können nur wirksam werden, wenn der kimentragende Apparat fixirt ist und ziehen dann die durch die Muskeln *aa* und die gleich zu beschreibenden 3 übrigen Muskelpaare eng gegeneinander und gegen die Kauplatte gepressten Schlundknochen nach vorne und unten; zugleich entfernen sie auch wohl beide Schlundknochen von einander. Dass sie nur

gering entwickelt sind, erklärt sich daraus, dass ihre Aufgabe nur darin besteht, den Schlundknochenapparat, der nach dem Aufhören der Contractionen der andern Muskeln aus der gewissermassen unnatürlichen Lage, in die ihn die Thätigkeit der letztern versetzte, in seine natürliche zurückzukehren schon selbst durch seine eigne Schwere bestrebt ist, in diesem Streben zu unterstützen.

An dem äussern Rand der Spina des Schlundknochens und theilweise an der Umbiegung ihres Randes in die innere Verdickungsmasse des Knochens entspringt eine sehr mächtige Muskelplatte *c*, deren Fasern schräg nach innen und oben ziehend längs einer schräg vom Ende des Schädels gerade unterhalb der Wirbelsäule nach unten und hinten ziehenden knöchernen, unbeweglich am Schädel befestigten, Spina sich inseriren. Fig. 4 *A* zeigt die beiden Muskeln *cc* in ihrer Lage zu einander. Sie ziehen, wenn sie zu gleicher Zeit wirken, die Schlundknochen, und zwar speciell die zahntragenden Theile derselben, nach hinten, innen und etwas nach oben; nähern also die beiden Zahnreihen einander und um ein geringeres auch der Kauplatte.

Viel vollkommener wird die letztgenannte Function ausgeübt von einem sehr mächtig entwickelten Muskel *d*, der sich jederseits an das freie, nach vorn umgebogene obere Ende des Schlundknochens inserirt und mit ziemlich breiter Basis vom untern und seitlichen Theil des Schädels entspringt. Er zieht mit grosser Gewalt den Schlundknochen gegen den Schädel, also die Zähne gegen die Kauplatte, und nur in sehr geringem Grade, da seine Fasern gegen den Schädel zu etwas nach innen ziehen, nähert er im Verein mit seinem Kameraden beide Schlundknochen einander.

Die Function des fünften Muskelpaares *ee* ist mir nicht ganz klar. Beide Muskel *e* haben ihre eine Ansatzstelle an dem vordern Theil der Spina; von hier ziehen ihre Fasern an der untern Fläche des Kauapparats in einem flachen, nach vorne concaven Bogen gegen die Mittellinie des ganzen Apparates, um in derselben ihre Sehnenbündel zu einem gerade nach vorne verlaufenden und in das die vordern Enden der Schlundknochen verbindende Ligament übergehenden Bande sich vereinigen zu lassen. Dieses also ganz auf die Schlundknochen selbst beschränkte Muskelpaar scheint in sofern ein Antagonist des Paares *cc* zu sein, als es die vordern Theile der beiden Schlundknochen einander nähert, das letztere dagegen nur die hintern zahntragenden Partien.

Ich glaube, dass diese Beschreibung der 5 am Kauapparat der Cyprinoiden aufzufindenden Muskelpaare uns einigermassen begreiflich

machen wird, welche Mannigfaltigkeit von Bewegungen die beiden Schlundknochen ausführen können, wenn die Muskeln eines Paares nicht gleichzeitig, sondern nach einander contrahirt werden. Greif-, Reiss- und Mahlbewegungen erscheinen sämmtlich möglich, und es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass Form der Zähne und stärkere oder schwächere Entwicklung des einen oder andern Muskelpaares im engsten physiologischen Zusammenhang stehen, so dass eine Gattung diese, die andere jene speciellen Bewegungen vorzugsweise ausführt.

. Kauplatte.

Die Umwandlung eines Theiles des Schleimhautepithels zu einer äusserst festen, verhornten, scheibenförmigen Masse, der sogenannten Kauplatte, ist für die Familie der Cyprinoiden noch charakteristischer, als der eigenthümliche Schlundknochenapparat mit seinen sonderbar gestalteten Zähnen. Die Kauplatte ist bei erwachsenen Thieren auf der untern, die Form der Kauplatte nachahmenden, schalenförmigen Fläche eines Knochenstückes befestigt, das in der Mitte des Schädelgrundes dem Occipitalbein fest angewachsen ist. Zwischen dem letzteren und dem Stützknochen der Kauplatte befindet sich in der Mittellinie ein Kanal zum Durchtritt der Arteria subvertebralis.

Wie die Zähne, so variiert auch die Form der Kauplatte mannigfaltig, vorzüglich in ihrer relativen Grösse und Härte, weniger in der Form. Letztere ist im Allgemeinen birnförmig, indem die Kauplatte, nach vorne etwas breiter und abgerundet, hinten mehr oder weniger plötzlich sich verschmälernd in einen einem Stiel vergleichbaren Abschnitt ausläuft und mit diesem ganz allmähig in gewöhnliches Schleimhautepithel übergeht. Die Oberfläche der Kauplatte ist meistens eine einfach gewölbte; manchmal zeigt sie mehrere regelmässig geordnete Wülste. Eine sehr interessante Form hat die Kauplatte von *Barbus fluviatilis*. Dieselbe hat ungefähr in ihren Umrissen die Gestalt eines Trapezes mit gewölbten Seiten. Die grössere der parallelen Seiten wird durch den vorderen Rand der Platte, die bei weiten kleinere durch die jedoch nicht scharf bestimmte Grenze des verhornten und gewöhnlichen Epithels am Stiel dargestellt. Die Kauplatte ist nun zusammengesetzt aus dem Stiel und jederseits drei, symmetrisch gestellten und von hinten und aussen nach vorn und innen gerichteten Wülsten, die durch tiefe Einschnitte getrennt nach der Mitte zu jedoch verschmelzen und im vordern, mittlern Theil der Platte eine dreieckige, mit der breiten Basis nach vorne gerichtete ebene Fläche herstellen. Der Stiel erweist sich bei näherer Betrachtung als aus den beiden vierten Wülsten jeder Seite durch deren Verschmelzung in der Mittellinie gebildet. Die Oberfläche

der Kauplatte ragt niemals um ein Bedeutendes über die der Rachen-schleimhaut hervor; die Platte ist vielmehr in eine grubenförmige Ver-tiefung der letztern eingesenkt, so dass ihre Ränder, ebenso wie die der Horngebilde bei den höheren Thieren, von einem Falze derselben bedeckt werden. Derselbe liegt der Oberfläche der Platte ziemlich fest an; die Rinne zwischen ihm und der Platte ist, ausgenommen am Stiel, wo der Falz allmähig verschwindet, von einer beträchtlichen Tiefe.

Was den mikroskopischen Bau der Kauplatte betrifft, so ist der-selbe schon von MOLIN¹⁵ in einem italienisch geschriebenen Aufsatz aus-führlich dargestellt worden. Ich weiss leider von dieser Arbeit nur so viel, dass MOLIN die Kauplatte mit Recht als eine den hornigen Erzeug-nissen der Schleimhaut und Epidermis der höhern Thiere gleichzustel-lende Bildung auffasst.

Löst man die Kauplatte eines Cyprinoiden aus ihrem Schleimhaut-bette von der knöchernen Schale los, was an gekochten Fischen sehr leicht geschieht, so bemerkt man, dass mit Ausnahme der untersten, dem Knochen anliegenden Partien und theilweise der untern Ränder der Platte die ganze Masse derselben hart ist, zugleich aber auch diese harte Masse in zwei übereinanderliegende Lagen von verschiedener Härte sowohl, als verschiedener Farbe zerfällt. Die breitere basale Hälfte ist weiss und in ihrer Consistenz sehr festem Knorpel ähnlich. Sie bildet am Rande der Platte an der Grenze der zweiten Lage einen etwas vorspringenden Wulst und ist bei natürlicher Lage der Kauplatte völlig von dem Falz der Schleimhaut bedeckt. Die zweite Lage von Hornsubstanz ist mit der erstern aufs innigste verbunden und bildet den der Wirkung der Zähne ausgesetzten Theil der Platte. Sie ist von einer braunen Farbe, etwas durchscheinend und gemäss ihrer Function bei einigen Species (z. B. *Leuciscus rutilus*, *Tinca vulgaris*) von einer solchen Härte, dass sie selbst mit einem sehr scharfen Messer nicht zer-schnitten werden kann. Ihre freie den Zähnen entgegen gekehrte Flächè ist stets rauh in Folge der Insulte, die sie von den Zähnen zu erleiden hat.

Legt man den ganzen ausgeschnittenen Kauapparat eines Cypri-noiden in starke (bis 20%) Chromsäurelösung, um denselben für Anfer-tigung von Querschnitten zu präpariren, so findet man, wenn Zahn und Knochen hinlänglich erweicht sind, die Kauplatte eher noch härter geworden. Dabei lässt sie sich aber jetzt mit Leichtigkeit von ihrer Unterlage abheben. Letztere erscheint dann, wie eine Bürste, mit dicht-stehenden haarförmigen Fortsätzen bedeckt, und die abgehobene Platte selbst zeigt auf ihrer rauhen Unterseite eine unzählige Menge kleiner, feiner Poren. Die Chromsäurelösung hat hier den Zusammenhang zwi-

schen dem bindegewebigen Papillarkörper und dem aufliegenden verhornten Epithel zerstört; die Poren der Kauplatte wurden von den Papillen der Mucosa, den haarförmigen Fortsätzen, ausgefüllt. Querschnitte durch die Kauplatte und ihre Umgebung habe ich von in 5% Salzsäurelösung erweichten und dann in Alkohol gehärteten Objecten gewonnen. Man sieht an ihnen, wie die langen schmalen Papillen der Mucosa fast senkrecht bis $\frac{2}{3}$ der Dicke der Platte in dieselbe hineinragen. Soweit und noch etwas darüber sind ihre Zwischenräume von Zellen ausgefüllt, die sich mit Karmin imbibiren, kernhaltig sind und den Zellen des Stratum mucosum der Epidermis höherer Wirbelthiere verglichen werden können. In der Kauplatte sind aber diese Zellen nicht weich, sondern bilden die oben beschriebene, knorpelharte, weisse Basalmasse. Die Form dieser Zellen ist unten an der Oberfläche der Papillen elliptisch; sie sind hier klein, mit ihrer Längsachse ziemlich senkrecht auf der Fläche des Bindegewebes stehend; weiter nach oben werden die Zellen grösser; Anfangs rundlich platten sie sich weiterhin polygonal ab und haben alle einen deutlichen, mittelgrossen, bei durchfallendem Licht hell glänzenden Kern mit kleinem dunklen Kernkörperchen; ihre Begrenzungslinien erscheinen niedrig gezackt (Riffzellen). Auf diese imbibitionsfähige Schicht folgt die schon oben erwähnte, etwas mächtigere Schicht stärker verhornter, kernloser, auf dünnen Schnitten durchsichtig farbloser, in grössern Massen braun erscheinender Zellen. Sie erscheinen im Vergleich zu den Zellen der andern Schicht, besonders gegen die Oberfläche der Platte zu, etwas abgeplattet. Eine Anordnung derselben in Lamellen tritt nur in einzelnen, in der Fortsetzung der Papillen liegenden Partien und auch hier nur undeutlich hervor.

Während die Mächtigkeit der weissen Schicht in der ganzen Breite der Platte im Wesentlichen dieselbe bleibt, nimmt die der braunen Schicht nach den Rändern der Platte zu ab, wodurch die gewölbte Oberfläche der letzteren hervorgerufen wird. An den Rändern sind auch die Zellen mehr abgeplattet und gehen allmählig in die der weissen Schicht über, die sich hier gleichfalls von denen in der Mitte durch geringere Grösse und ausgesprochenere Abplattung unterscheiden.

Die Grenze der beiden Schichten auf dem Querschnitt der Platte ist durch keine gerade Linie angedeutet, sondern unregelmässig hügelig. Der Verlust des Kernes und Kernkörperchens, sowie der Imbibitionsfähigkeit, wodurch eine Zelle der untern Schicht sich in eine der obern verwandelt, lässt sich in seinen einzelnen Stadien schwer verfolgen. Am längsten behalten ihre imbibitionsfähigkeit die zackigen Grenzlinien der Zellen, die sich noch roth färben (Karmin), wenn jene Kern und

Kernkörperchen längst verloren und in ihrer mittleren Partie schon vollkommen durchsichtig geworden sind. Die zackigen Grenzlinien verschwinden übrigens nach oben zu an den farblosen Zellen bald und werden durch vollkommen ebene ersetzt.

Der Falz der Kauplatte zeigt auf Querschnitten durch die Kauplatte ausgewachsener Thiere an seiner innern Fläche zahlreiche, aufs Mannigfaltigste verästelte, in die Rinne des Falzes hineinragende Papillen, welche directe Fortsetzungen der Papillenreihen der Decke des Schlundes vorstellen. Es wird so gewissermassen eine am Rande des Falzes und der Kauplatte sich öffnende, rings um die letztere herumziehende Drüsenfläche gebildet. Die obersten Schichten ihres Epithels enthalten sehr schöne Becherzellen in enormer Menge; bei *Barbus fluviatilis* scheinen sie fast allein aus solchen zu bestehen. Aus der grossen Menge, in der diese secernirenden Zellen gerade in der Rinne des Falzes auftreten, und aus dem Umstande, dass ich die bekannten becherförmigen Organe (Geschmacksbecher von FR. E. SCHULZE), welche sonst überall in der Schleimhaut der Cyprinoiden in grosser Menge vorkommen, hier vollständig vermisste, glaube ich schliessen zu können, dass dieser Region der Schleimhaut ganz spezifische, mit dem Kauact in enger Beziehung stehende Functionen obliegen. Zu bemerken ist noch, dass die Zellen des untern Randes der Kauplatte continuirlich in die Epithelzellen des Grundes der Falzrinne übergehen. Wie oben bemerkt, ruht die Kauplatte bei geschlechtsreifen Thieren auf einem mit dem Schädel fest verwachsenen, platten Knochen. Neben diesem finden sich auf beiden Seiten noch kleine rudimentäre Knochenstückchen dem Schädelgrunde anliegend, die wohl im Verein mit jenem als die obere Verbindungsstücke (obere Schlundknochen) der zahntragenden Visceralbögen zu betrachten sind. Vergleichen wir die oben beschriebene, aus mehreren beiderseits symmetrisch gestellten Wülsten bestehende Kauplatte von *Barbus fluviatilis* etwa mit dem obern Schlundknochenapparat von *Perca fluviatilis*, der aus mehreren ebenfalls auf beiden Seiten symmetrisch liegenden, mit feinen Zähnen besetzten und durch schmale weiche Scheidewände getrennten Wülsten besteht, so tritt die Gleichwerthigkeit beider Bildungen klar zu Tage. Die Form der Kauplatte bei *Barbus* wäre somit als der primitive Zustand zu betrachten, aus dem sich die einfacheren Formen der übrigen Cyprinoiden durch Verschmelzung der einzelnen Wülste entwickelten. Die bei einigen Species regelmässig gestellten Höcker auf der Oberfläche der Kauplatte stellen ein deutliches Uebergangsstadium vor. Untersucht man ganz junge Cyprinoiden (etwa 2—3 cm. lang) durch Anfertigung von Querschnitten auf den Bau des Kauapparats, so findet man, dass derselbe nach demselben

Schema, wie bei geschlechtsreifen Thieren, aber viel einfacher gebaut ist. Fig. 2 Taf. XXVII giebt die halbschematische Darstellung eines solchen Querschnitts etwa 40 mal vergrössert. Zunächst fällt in die Augen, dass die aus den zwei bekannten, schon deutlich differenzierten Schichten bestehende Kauplatte statt auf einem Knochen vielmehr auf einem elastisch-muskulösem Polster ruht, zwischen dem und dem Schädel die Arteria subvertebralis hinzieht. Die Muskelfasern dieses Polsters laufen in seiner Mittellinie in eine Naht zusammen, während jederseits nach aussen zu ein Theil von ihnen umbiegend theils den ganzen Schlundraum wie eine Ringmuskulatur umzieht, theils an den Schlundknochen an der Basis der Zähne sich inserirt. Zweitens sehen wir, dass der Falz der Kauplatte aus einer einzigen grossen, dem Rande der letztern sich aufliegenden Schleimhautpapille besteht, und dass von den zahlreich verästelten Papillen des Falzes bei geschlechtsreifen Thieren nur eine Andeutung in Form einer sehr kleinen, im Boden der Falzrinne sich erhebenden Papille gegeben ist. Die Lage der Zähne gegen die Kauplatte tritt sehr deutlich hervor; man sieht zu gleicher Zeit, dass dieselbe morphologisch Nichts sind, als verkalkte Schleimhautpapillen. Die vom Boden der Kauhöhle sich erhebenden zwei grossen Papillen sind die Vertreter von den hier viel zahlreicher entwickelten grossen Papillen bei geschlechtsreifen Thieren. Das Fehlen von Geschmacksbechern in der Falzrinne und ihr Vorkommen an allen übrigen Stellen der Schleimhaut ist in der Zeichnung schematisch angedeutet.

Als für das Verständniss des Kauactes der Cyprinoiden wichtig muss noch der Umstand angeführt werden, dass die Mucosa der Schlunddecke am Eingang in die Kauhöhle ein stark-muskulöses Polster bildet, welches höchst wahrscheinlich einen vollständigen Abschluss der letzteren nach dem Kiemenapparat zu herbeiführen kann.

Die Zähne nach Bau und Entwicklung.

I. Bau.

Es kann nicht meine Absicht sein eine Beschreibung der mannigfaltigen Formen zu geben, unter denen uns die Zähne der Cyprinoiden entgegneten. Es ist dies eine specielle und wichtige Aufgabe des Systematikers. Wie zuerst HECKEL und KNER¹⁶ gezeigt haben, ist die Form der Schlundknochen und Zähne, sowie die Zahl der letzteren eines der constantesten Arterriterien bei den Cyprinoiden; die genannten Forscher und nach ihnen v. SIEBOLD¹⁷ haben deshalb die ausführlichsten Beschreibungen über die verschiedenen Zahnformen gegeben. Hier ist deshalb nur der Ort das allen Formen Gemeinsame kurz hervorzuheben.

Man kann an jedem Cyprinoidenzahn Krone, Hals und Wurzel unterscheiden. Die erstere, fast immer mit einer wenn auch noch so geringen Andeutung von Kaufläche versehen, umfasst den obersten, durch sein milchweisses, schmelzähnliches Aussehen vom übrigen Zahn deutlich zu unterscheidenden Theil. Die Pulpa des Zahns reicht nur bis in den alleruntersten Theil der Krone; durch ihre Solidität und die, wie wir unten sehen werden, sehr regelmässige Anordnung der Zahnkanälchen in ihr, wird ihr eigenthümliches Aussehen, das viele Forscher veranlasste sie als Schmelz aufzufassen, hervorgerufen. Der Hals ist der dünnste Theil des Zahns; die in seinem grossen Hohlraum enthaltene röthliche Pulpamasse giebt in Folge ihres Durchschimmerns dem Halse ein ganz anderes Aussehen wie der Krone; auch die Anordnung der Zahnkanälchen ist eine andere. Die Wurzel des Zahns ist wieder dicker, als der Hals und geht mit ihrer Masse allmählig in die des Schlundknochens über. Die mannigfaltigen Zahnformen entstehen nun fast nur durch verschiedene Ausbildung der Krone; dazu kommt noch die wechselnde Länge und Dicke des Halses.

Einen Schmelzbeleg besitzen die Cyprinoidenzähne im vollkommen ausgebildeten Zustande nicht. Ueber das Vorhandensein eines solchen an noch im Zahnsäckchen befindlichen Zähnen wird weiter unten bei der Entwicklung der Zähne gehandelt werden.

Den feinem Bau der Zähne und des sie tragenden Schlundknochens habe ich in Fig. 3 und 4 Taf. XXVII bildlich darzustellen versucht. Fig. 3 ist die Ansicht eines Querschnittes durch einen in Chromsäurelösung entkalkten Schlundknochen mit aufsitzendem Zahn, welcher letzterer ziemlich in der Längsachse durchschnitten ist. Fig. 4 stellt einen Querschnitt durch den Hals des Zahnes etwa in der Gegend $\alpha\alpha$ der Fig. 3 dar. Beide Präparate sind von *Leuciscus rutilus*. Der obere Theil des Zahns in Fig. 3 ist etwas schematisch gehalten.

Im Allgemeinen erscheint nun der Verlauf der Zahnkanälchen an Längsschnitten des Zahns folgendermassen. An der Verwachsungsstelle mit dem Knochen, also in der Wurzel, nehmen die Zahnkanälchen von der Pulpa aus einen sehr unregelmässigen Verlauf; sie biegen und schlängeln sich wirt durcheinander ohne jede Spur von Parallelität, gehen dabei weit von einander entfernt aus der Pulpa heraus, während sie nach aussen zu in die Ausläufer von Knochenkörperchen übergehen, die sich ziemlich zahlreich in den äussern Partien der Wurzel vorfinden und dieselben einer Cementlage sehr ähnlich machen. Es ist interessant diesen Uebergang der Zahnkanälchen in die Knochenkörperchen genauer zu verfolgen. Man sieht da, wie die ersten oft sofort nach ihrem Abgang von der Pulpa sich vielfach theilen

und anastomosiren und zwar in den verschiedensten Richtungen. Dadurch wird, indem zugleich die Zweige allmähig dieselbe Stärke, wie der Stamm, erlangen, ein Netzwerk von Kanälen erzeugt, welches an einzelnen seiner Knotenpunkte erweitert dem Knochenkörperchensystem sich nähert und endlich vollkommen in dasselbe übergeht. Je weiter man nach oben, von der Wurzel in den Hals des Zahnes, hinaufsteigt, um so regelmässiger wird der Verlauf der Kanälchen und nimmt schliesslich einen ganz bestimmten Character an. Die Kanälchen verlaufen von der Pulpa aus einander parallel und in mässigen Intervallen bis etwas über die halbe Dicke des Zahns senkrecht zur Oberfläche desselben, um dann fast plötzlich mit scharfer Knickung nach oben und etwas nach aussen emporzusteigen. Sind sie so eine Strecke in die Höhe gelaufen, biegen sie ebenso plötzlich in eine ihrer frühern parallelen Verlaufsrichtung ein, verästeln sich jedoch bald nach dem Eintritt in dieselbe so bedeutend und werden allmähig so fein und durcheinandergewebt, dass sie der äussersten Schicht des Zahnbeins ein mehr mattkörniges, als streifiges Aussehen geben. Die beiden Biegungen der Zahnkanälchen sind am schärfsten ausgeprägt ungefähr in der Mitte des Halses und nehmen von da nach unten und oben allmähig an Plötzlichkeit ab. Ersteres geschieht derartig, dass die Kanälchen, bevor sie nach oben biegen, erst einen Bogen nach unten machen, und dass sie weniger weit hinaufsteigen; sie beschreiben so eine Wellenlinie, an der Berg und Thal allmähig flacher und ungleichmässiger werden, so dass schliesslich ein ganz unregelmässiger Verlauf der Kanälchen resultirt. Nach oben zu zeigen die letztern dagegen die Neigung schon gleich bei ihrem Austritt aus der Pulpa in einem nach oben immer flacher werdenden Bogen empor zu steigen und ebenso bei der zweiten Biegung einen flachern Bogen zu beschreiben. So kommt es, dass in der Krone schliesslich alle Zahnkanälchen unter mässiger Divergenz und mit nur sehr unbedeutenden, feinen, zu Anastomosen dienenden Abzweigungen fast ganz gerade zur Oberfläche des Zahnes verlaufen. In der alleräussersten Zone verästeln sie sich noch bedeutend; aus dem so entstehenden feinen Netzwerk von Kanälen entspringen nach aussen senkrecht zur Oberfläche des Zahns und einander parallel verlaufende, kurze und sehr feine Kanälchen.

Querschnitte durch verschiedene Regionen des Zahns zeigen uns noch mehrere auf Längsschnitten gar nicht oder undeutlich hervortretende Nüancen des Verlaufs der Zahnkanälchen. Ein Querschnitt durch die Wurzel zeigt ausser nicht seltenen Durchschnitten von Zahnkanälchen, dem unregelmässigen Verlauf und dem Uebergang derselben in Knochenkörperchen weiter Nichts bemerkenswerthes. Fig. 4, ein Querschnitt durch den

Hals des Zahnes in der Gegend, wo die Zahnkanälchen zuerst merklich ihr plötzliches Aufsteigen bekommen, lehrt uns, dass die Zahnkanälchen ausser in der Ebene des Längsschnitts auch in der des Querschnitts regelmässige Biegungen machen. Dieselben bestehen in, wenn auch flachen, doch deutlich ausgeprägten Wellenlinien, die bei allen in derselben Querschnittsebene gelegenen Zahnkanälchen parallel zu verlaufen scheinen. Sie verlieren sich etwas über die Mitte der Zahndicke hinaus; hier beginnt eine schmale Zone reich verästelter Kanälchen, zwischen denen die Querschnitte der aufsteigenden Theile tiefer liegender Kanäle angetroffen werden, welche, somit auf eine bestimmte Zone des Querschnitts beschränkt, demselben ein sehr charakteristisches Aussehen verleihen. Auf diese Zone folgt endlich als äusserste Schicht des Zahnbeins die schon oben beschriebene matt-körnig aussehende Lage. Auf immer zahlreichere Durchschnitte von Zahnkanälchen trifft man, je weiter man mit der Anfertigung von Querschnitten nach oben geht; schliesslich erhält man fast Nichts weiter. Am längsten noch sieht man dabei an den äussern Partien des Schnittes grössere Strecken von Kanälen, die nach dem Rand zu sich verästelnd ein dichtes Netzwerk bilden, aus dem, die alleräusserste, sehr dünne Zahnbeinschicht bildend, die schon oben beschriebenen feinen, parallel und senkrecht zur Zahnoberfläche verlaufenden Kanäle entspringen. Aus der obigen Darstellung des Verlaufs der Kanälchen im Zahn der Cyprinoiden, die im Allgemeinen für alle von mir untersuchten Species gültig ist, möchte ich noch zwei Punkte besonders hervorheben. Zuerst geht daraus, dass wir die Kanälchen sowohl auf Längs- als Querschnitten durch den Zahn regelmässige Biegungen machen sehen, hervor, dass dieselben einen sehr gebogenen Verlauf in verschiedenen Ebenen im Zahn innehalten. Was aber das Hohlraumssystem im Zahn noch viel complicirter macht, als es schon hierdurch ist, das ist der Umstand, dass die Zahnkanälchen in verschiedenen parallelen Längs- oder Querschnittsebenen nach verschiedenen Richtungen verlaufen. Dadurch entsteht vorzüglich auf Querschnitten durch Hals und Krone, sowie auf Längsschnitten durch die letztere eine durch die Kreuzung in übereinanderliegenden Ebenen eine verschiedene Richtung einschlagender Kanälchen hervorgerufene, aus kleinen rhombischen Maschen zusammengesetzte Zeichnung (s. Fig. 4). Der zweite beachtenswerthe Punkt ist der, dass die alleräusserste Lage von Dentin stets von äusserst feinen, parallelen und zur Oberfläche des Zahns senkrecht verlaufenden Kanälchen durchzogen ist. Diese Eigenschaft der Cyprinoidenzähne finden wir bei allen Fischzähnen und zwar meistens viel ausgebildeter, wie hier, wieder. Die durch die Verlaufsweise ihrer Kanälchen von der unterliegenden,

wegen der zahlreichen Verästelung und Anastomosirung der Kanälchen körnig und wenig durchsichtiger erscheinenden Lage oft sehr scharf abstechende Randschicht der Zähne zeichnet sich, wo sie vornehmlich ausgebildet ist, wie z. B. beim Hecht, durch ihre scheinbare Homogenität und ihr starkes Lichtbrechungsvermögen so sehr aus, dass sie von vielen Autoren für Schmelz erklärt wurde. Als später dieser Irrthum aufgedeckt ward (besonders durch OWEN und LEYDIG), erklärte man, den wahren Schmelz der Fische überschend, die Zähne derselben für schmelzlos. — Die Andeutung der dünnen Randschicht, die in Fig. 3 an der Krone des Zahns gegeben ist, giebt übrigens beiläufig eine nicht ganz richtige Vorstellung von der Dicke derselben. Diese ist in Wirklichkeit relativ noch viel geringer und an Cyprinoidenzähnen überhaupt nur an günstigen Schnitten und bei starken, 4–500fachen Vergrößerungen sichtbar.

Die matt-körnige Aussenschicht des Zahns hat an verschiedenen Puncten eine sehr verschiedene Dicke. Abgesehen davon, dass sie im Hals und noch mehr in der Wurzel, wo sie in die oben als Cement bezeichnete Zahnmasse direct übergeht, eine grössere Ausdehnung als in der Krone besitzt, zeigt sie auch an verschiedenen Stellen des Zahnquerschnittes eine sehr wechselnde Mächtigkeit. Fig. 4 lehrt uns, dass sowohl Partien von stärkern, weniger verästelten Kanälchen in sie hinein oft nahe bis an die Oberfläche des Zahns ragen, als auch sie selbst sich hier und da tiefer in die Dentinmasse einsenkt. Manchmal erscheinen sogar Theile der körnigen Masse in tiefer liegende Regionen des Dentins völlig eingeschlossen. Diese Inseln scheinen in Zusammenhang zu stehen und durch Uebergänge verbunden zu sein mit einer eigenthümlichen Art von im echten Dentin eingestreuten Bildungen von den verschiedensten Umrissen und Grössen. Dieselben erscheinen einerseits als spindelförmige, bei durchfallendem Licht hellglänzende Massen (Fig. 4a), die von einzelnen Zahnkanälchen theils umzogen, theils in geraden oder bogenförmigen Linien durchsetzt werden und in den meisten Fällen einen grössern Hohlraum umschliessen. Andererseits treten solche Bildungen nicht selten in Form eines lateinischen U mit lang und fein ausgezogenen Schenkeln auf. Diese U förmigen Bildungen (s. Fig. 3a) erweisen sich deutlich als Erweiterungen von Zahnkanälchen insofern, als die fein ausgezogenen Schenkel aus einer Zusammenmündung meist mehrerer Zahnkanälchen entstehen und gleichen, da sie einen mit körniger Masse erfüllten Hohlraum, der durch einen deutlich doppelt contourirten stark lichtbrechenden Saum von der übrigen Dentinmasse getrennt wird, vorstellen, aufs Täuschendste den kleinen im Knochen so häufig vorkommenden Markhöhlen (siehe Fig. 3). In der Wurzel

gehen auch in der That solche Uförmige Bildungen, und ebenso die oben beschriebenen spindelförmigen, unter Umgestaltung ihrer Umrisse in die meist länglich ovalen Markhöhlen über. Ich werde später bei Behandlung anderer Fischzähne Gelegenheit finden, die eben besprochenen Bildungen noch einmal von vergleichenden Gesichtspuncten aus zu erwähnen.

Der Erwähnung verdient weiter noch das Vorkommen von Zahnkanälchen, die, nachdem sie eine Strecke parallel mit ihren Nachbarn in die Dentinmasse hineingelaufen sind, plötzlich in einem Bogen nach unten umbiegen. Ich vermüthe, dass wir es hier mit Schlingen von Zahnkanälchen zu thun haben; leider ist es mir nicht gelungen das umbiegende Kanälchen zu verfolgen. Knochenkörperchen, die in der Wurzel des Zahns massenhaft vorkommen, finden sich auch im Halse, ja mitten in der Krone, die von dem ausgeprägtesten, schönsten Dentin gebildet wird, was man sich denken kann. Hier sehen wir nicht gar selten, wie die zwei stark lichtbrechenden grünlichen Wände des Zahnkanälchens, an einer Stelle plötzlich auseinanderweichend und bald wieder zusammenneigend, eine kugelige Erweiterung des Zahnkanälchens begrenzen, die mit einem deutlichen Kern versehen völlig den Knochenkörperchen des Schlundknochens gleicht.

Verbindung des Zahns mit dem Knochen.

Auf Schnitten, wie Fig. 3 einen darstellt, und ähnlichen in andern Ebenen geführten scheint es, als ob der Zahn, nachdem er an der Wurzel seine grösste Dicke erreicht hat, sich nach unten wieder verschmälernd, derart in den Knochen sich einsenke, dass, während sein Pulparaum in continuirlicher Verbindung mit den grössern Markräumen des Knochens steht, seine äussere, allmählig dünner werdende und fast ganz aus reinem Knochen bestehende Lamelle von einer ringförmigen, lamellosen Fortsetzung des Schlundknochens umgeben werde. Der Zahn wäre somit gewissermassen der Wand einer flachen Alveole des Schlundknochens angewachsen. Die Fläche der letztern ist jedoch nicht eben, wie die einer Schale, sondern es greifen, wie die Vergleichung mehrerer Schnitte lehrt, mannigfaltige Fortsätze des Alveolenbodens zwischen Zapfen der Zahnwurzel ein, wodurch eine sehr feste Verbindung erzielt wird.

Zahn und Knochen sind zwar stets fest mit einander verwachsen, in den meisten Fällen ist dabei jedoch die dem Zahn angehörige Masse von der zum Knochen gehörenden deutlich durch eine Nath geschieden, welche die Form einer sehr zierlichen Wellenlinie hat. Fig. 3 giebt eine anschauliche Vorstellung von der durch diese Linie herbeigeführten

Scheidung von Zahn- und Knochensubstanz, die, was ihr histologisches Verhalten betrifft, in der Nähe der Grenzlinie aus ganz demselben echten Knochengewebe bestehen.

Bau des Schlundknochens.

Der Bau des Schlundknochens ist, was das gegenseitige Verhältniss von Markräumen und Knochenmasse anbetrifft, ein wesentlich anderer in der mittleren zahntragenden Partie, als an den beiden Enden. Während hier die Markkanäle gegenüber den sie trennenden Knochenmassen von geringem Durchmesser sind, erreichen sie dort oft eine solche Ausdehnung, dass ihr weicher, sehr viel Fett bergender Inhalt die bei weitem grösste Masse bildet, und die Knochentheile dann nur wie dünne, seitlich durch schwache Querbalken verbundene Pallisaden erscheinen. Die Richtung, in der die Markkanäle verlaufen, ist gleichfalls in der Mitte des Knochens eine andere, als von den Enden. Hier verlaufen sie meist in der verschiedensten Neigung gegen die Oberfläche des Knochens, überhaupt unregelmässig; dort ziehen sie stets der Achse des aufsitzenden Zahns mehr oder weniger parallel (s. Fig. 3). Sie münden dabei nach aussen, nämlich an der nach vorn gekehrten Fläche der Spina (cf. oben) einzeln oder mit einem grossen, sie alle aufnehmenden Hohlraum gemeinsam. Diese in ihrer ganzen Ausdehnung an der vordern Fläche der Spina sich öffnenden Räume sind meist zu dreien oder viere in im mittleren Theil des Schlundknochens vorhanden; ihre Markmasse enthält sehr viel Fett, welches an in Chromsäurelösung entkalkten Präparaten eine eigenthümliche Schrumpfung seiner verschiedenen grossen Zellen erfährt (s. Fig. 3).

Nach innen zu gegen die Zähne münden die Markkanäle in die Pulpahöhle des Zahns, die man einem grossen Markraum vergleichen kann, ein; häufig erstrecken sich die grossen Markräume der äussern Seite nur wenig verengt durch die ganze Dicke des Schlundknochens und hängen direct mit dem unten erweiterten Pulparaum des Zahns zusammen. Alle Gefässe und Nerven, die an die Zahnpulpa abgegeben werden, dringen durch die Markkanäle des Schlundknochens, auf dem einzig möglichen Wege, ein. Der mikroskopische Bau der knöchernen Theile des Schlundknochens bietet manches Interessante. Zunächst überrascht es, dass wir nirgends eine Spur des jedem Visceralbogen zu Grunde liegenden Knorpels im Schlundknochen entdecken, selbst nicht bei c. 2—3 cm. langen, jungen Cyprinoiden. Der Primordialeknorpel muss also schon in sehr früher Jugend des Fisches vollkommen verschwinden oder es findet hier Knochenbildung ohne präformirten Knorpel statt. Beachtenswerth ist ferner der Umstand, dass ganz

gleiche Linien, wie die, welche Zahn- und Knochenmasse trennt, auch in dem Knochen selbst zahlreich vorkommen. Sie grenzen nämlich das jedem Markkanal zukommende System concentrischer Schichten von Knochensubstanz gegen die übrige Knochenmasse wenn auch nicht in allen, doch in den meisten Fällen ab (s. Fig. 3). Ein System concentrischer Lamellen ist im Schlundknochen um jeden haversischen Kanal vorhanden, und es kommt auch nicht selten vor, dass mehrere haversische Kanäle, jeder mit seinem besondern Lamellensystem, von einem gemeinsamen System umfasst werden. Nur selten tritt jedoch der Fall ein, dass zwei zu benachbarten Markkanälen gehörende Lamellensysteme sich unmittelbar berühren, meistens liegt zwischen ihnen eine, keine Spur von Schichtung zeigende, verworren körnig erscheinende Knochenmasse. Das eigenthümliche Aussehen derselben scheint herzuführen von der grossen Unregelmässigkeit, welche die Grösse, Form und Lage der in ihr enthaltenen Knochenhöhlen beherrscht. Diese Knochenmasse ist oft so ausgedehnt, dass sie die bei weitem grösste Masse eines zwischen zwei haversischen Kanälen befindlichen Knochenbalkens bildet und die Lamellensysteme selbst eine sehr geringe Breite haben; diese sind gegen die körnige Knochenmasse zu meist von der erwähnten bogenförmigen Linie begrenzt. Das Vorkommen dieser Linie an dieser Stelle und der Umstand, dass dieselbe Linie die ursprünglich getrennten Massen des Zahns und des Knochens nach ihrer Verwachsung abgrenzt, legt die Vermuthung nahe, dass diese Linie auch im Schlundknochen andeutet, dass die von ihr geschiedenen Knochenpartien ursprünglich durch weiche Markmasse getrennt waren. Danach hat sich wahrscheinlich, während die Lamellensysteme sich im Umkreis eines Systems von Blutgefässen bildeten, die körnige Knochensubstanz zwischen den Lamellensystemen von einem bestimmten Ossificationspunct aus gebildet und traf dann nach allen Seiten sich ausdehnend mit den Lamellensystemen zusammen.

Die Knochenkörperchen sind in den Lamellensystemen lang spindelförmig, mit ihrer grossen Achse in der Streifungsrichtung der Systeme gelagert. Eigenthümlich ist die Lage der Knochenkörperchen in der Nähe der bogigen Linien; hier liegt der Concavität des Bogens sich anschmiegend ein Knochenkörperchen in jedem Thalgrunde der wellenförmigen Linie (s. Fig. 3). Fast durchweg haben die Knochenkörperchen einen Kern.

Ueber die wenig hervortretenden Contourlinien im Dentin sowie über das Gewebe der Pulpa und der Markräume, über ihre Blutgefässe und Nerven habe ich keine nennenswerthe Untersuchungen angestellt. — Interglobularräume, durch halbkugelige Vorsprünge begrenzte

Höhlen im fertigen Zahnbein, habe ich in Cyprinoidenzähnen nicht gefunden.

II.

Entwicklung der Zähne.

Aus Mangel an geeigneten Fischembryonen habe ich bis jetzt nur die Entwicklung der Ersatzzähne einer Untersuchung unterwerfen können. Ich schnitt zum Zweck der Präparation den ganzen Schlundknochenapparat sorgfältig heraus und legte ihn ohne weitere Behandlung in c. 2% Chromsäurelösung, worin er unter mehrmaligem Wechsel der Lösung c. 4—8 Wochen belassen wurde. Nach dieser Zeit war ungefähr die Hälfte der eingelegten Objecte schnittfähig, die andere Hälfte dagegen oberflächlich durch die Einwirkung der starken Chromsäurelösung vollständig brüchig, während die Zähne im Innern kaum oder sehr unvollständig entkalkt waren. Die Versuche, die ich machte, den ganzen Schlundknochenapparat in verdünnter Salzsäure zu erweichen und nachher in Alkohol zu härten, misslangen sämmtlich; überhaupt scheint mir die Chromsäure bei umfangreichern zu entkalkenden Objecten vor der Salzsäure entschieden den Vorzug zu verdienen.

Die durchweg schnittfähigen Präparate wurden mit Alkohol extrahirt, mit Terpentinöl getränkt und entweder ganz oder bei zu bedeutender Grösse nur die eine Hälfte in eine Mischung von Paraffin und Rindstalg (das richtige Verhältniss beider muss erfahrungsmässig ermittelt werden) eingeschmolzen; dann mit dem Mikrotom nach verschiedenen Richtungen in möglichst dünne Schnitte zerlegt. Ein schwer zu beseitigender Uebelstand ist nun der, dass bei Auflösung des Paraffins durch Benzin und dem Einlegen des Präparates in Kanadabalsam die lose in der Schleimhaut liegenden Querscheiben der Zahnkeime nicht in ihrer ursprünglichen Lage zu erhalten sind. Aus demselben Grunde wird ein nachträgliches Färben ganzer Querschnitte unmöglich gemacht.

Die Keime der Ersatzzähne liegen unter und hinter den alten Zähnen und zwar unmittelbar unter der hier mit zahlreichen, mächtigen, zum Theil zwischen die alten Zähne hineinragenden Papillen besetzten Oberfläche der Schleimhaut. Fig. 2 giebt eine sehr gute Vorstellung von diesem Verhältniss bei einem noch ganz jungen Cyprinoiden. v. Siebold (l. c. p. 82) lässt den Nachwuchs von Ersatzzähnen »dicht vor den alten Zähnen«, wie man sich sehr leicht überzeugen kann, irrthümlicherweise, vor sich gehen. Denn betrachtet man den ganzen Schlundknochenapparat von unten, wie in Fig. 4A, so sieht man die Keime der Ersatzzähne unterhalb der alten Zähne durch

die Schleimhaut hindurchschimmern. Sie liegen somit ausserhalb der Kauhöhle, durch die Phalanx der alten Zähne wie durch einen Zaun vor den Insulten geschützt, denen sie bei einer etwaigen Lage vor den alten Zähnen beim Kauacte im höchsten Grade ausgesetzt sein würden. Durch diese Lage der Ersatzzahnkeime wird »das grosse Wunder des Zahnwechsels der Cyprinoiden«, wie OWEN sagt, schon um vieles natürlicher aussehen. Der Process des Zahnwechsels soll nach v. SIEBOLD auf die Zeit des Laichens, also die Monate Januar bis Juni, beschränkt sein, wo die vorher sich gemästet habenden Fische nicht zu fressen pflegten, und also die Möglichkeit eines ungestörten Zahnwechsels vorhanden sei. Ich kann dieser Ansicht nicht beistimmen; denn ich habe das ganze Jahr hindurch Zahnkeime auf den verschiedensten Entwicklungsstadien bei allen möglichen Cyprinoiden angetroffen.

Die jetzt folgenden Beschreibungen sind hauptsächlich nach Präparaten von *Leuciscus rutilus* und *Tinca vulgaris* entworfen. Zahlreiche andere Species, an denen ich diese oder jene Einzelheit zu sehen Gelegenheit hatte, haben mir Nichts gezeigt, was den bei jenen beiden Species zu constatirenden Thatsachen widerspräche.

Die erste Anlage des Ersatzzahns wird, wie beim Menschen und den Säugethieren, eingeleitet durch die Wucherung eines Zapfens der untersten Schichten des in der Nähe des alten Zahnes befindlichen Schleimhautepithels in das unterliegende Bindegewebe. Dieser Zapfen bleibt jedoch nicht gerade, sondern bohrt sich theils durch eignes inneres Wachstum, theils wohl auch durch Wachstum des Bindegewebes förmlich korkzieherartig in das letztere ein (s. Fig. 5 Taf. XXVII). An diesem Zapfen lassen sich nun schon sehr früh zwei verschiedene Zellformen unterscheiden; die äussersten, dem Bindegewebe unmittelbar anliegenden haben eine cylindrische oder doch spindelförmige Gestalt und gleichen völlig den untersten Zellen des Schleimhautepithels, in die sie auch continuirlich übergehen; die innern Zellen des Zapfens sind um die Hälfte kleiner und einfach rund. Das untere Ende des Zapfens erscheint bald kolbenförmig verdickt, und in dieses hinein drängt sich von einer Seite eine sich Anfangs nur sehr flach, allmählig aber immer spitzer erhebende Papille des unterliegenden Bindegewebes so, dass sie schliesslich von der eingestülpten Epithelzellenmasse wie von einer Kappe umfasst wird, welche die Anlage eines echten Schmelzorgans ist. Zugleich nun wächst das im Umkreis der Papille befindliche Bindegewebe gegen die Verbindung der Schmelzorgananlage mit dem Schleimhautepithel (Verbindungsstrang) in papillösen Erhebungen vor, und schliesslich wird durch eine derartige Wucherung das Schmelzorgan völlig vom Bindegewebe umschlossen und seine Verbindung mit dem Schleimhaut-

epithel aufgehoben. Aus dem primitiven Epithelzapfen (Schmelzkeim), ist so einerseits das Schmelzorgan des Zahnkeims, andererseits eine Anzahl von kleinen, secundären, noch mit dem Rachenschleimhautepithel in Verbindung stehenden oder auch von ihm getrennten Zapfchen von Zellen entstanden, die ich den sog. »Epithelsprossen« bei menschlichen Schmelzkeimen homologisiren möchte (cf. darüber KOLLMANN¹⁸ u. A.). Fig. 6 Taf. XXVII giebt den Längsschnitt durch einen schon ziemlich weit entwickelten Keim, dessen Schmelzorgan an seinem Grunde nach der Schleimhautoberfläche zu mit zahlreichen Epithelsprossen in Verbindung steht, deren Zusammenhang mit dem Schleimhautepithel entweder schon völlig zerstört ist oder in eine andere Schnittebene fällt.

Nach den beschriebenen Vorgängen beginnt nun zugleich mit oder noch vor der Bildung des ersten Dentinscherbchens auf der Oberfläche der Bindegewebspapille im Innern des Epithelzellenkämpchens eine wesentliche Umgestaltung Platz zu greifen, deren Endresultat die Bildung eines sehr specifisch gebauten Schmelzorganes ist.

Schmelzorgan.

Die Zellen des die Bindegewebspapille, den Dentinkeim, überdeckenden Kämpchens sondern sich in zwei ganz verschiedene, nur an den untern Rändern des Kämpchens in einander übergehende Schichten. Die innerste derselben, die der Oberfläche der Papille dicht anzuliegen pflegt, besteht stets nur aus einer Lage cylindrischer Zellen; ich will sie mit demselben Namen, den sie bei Säugethieren führt, »Schmelzmembran« nennen; die sie zusammensetzenden Zellen haben sich aus den äussersten Zellen des untern Theils der kolbenförmigen Anschwellung des Epithelzapfens hervorgebildet; sie entsprechen der untersten Zellreihe des Schleimhautepithels. Die zweite äussere, an das umgrenzende Bindegewebe stossende Zellschicht ist in der Regel aus mehreren Zelllagen zusammengesetzt; ihre Zellen haben sich theils aus den weiter oben am kolbigen Ende des Epithelzapfens befindlichen äussersten Zellen desselben, theils aus den kleinern, rundlichen, innern Zellen des Zapfens hervorgebildet. Diese Schicht bezeichne ich als »äusseres Epithel« im Gegensatz zur Schmelzmembran als dem »innern Epithel«.

Während nun die Zellen des äussern Epithels ihre Gestalt nicht wesentlich verändern, erhalten die Zellen der Schmelzmembran allmählig eine immer mehr characteristisch cylindrische Form und wachsen schliesslich bis auf mehr als das 10fache der Länge aus, die sie Anfangs als äussere Zellen des Epithelzapfens besaßen. Im höchsten Stadium

ihrer Ausbildung sind sie vom äussern Epithel durch eine scharfe Linie getrennt und bilden ein so eigenthümlich, so schön und mächtig ausgebildetes Cylinderepithel, wie man es wohl selten, selbst nicht im Schmelzorgan höherer Thiere wiederfinden dürfte.

Schmelzmembran.

Fig. 5, 6, 7, 8a und 40 (Taf. XXVII) geben verschiedene Entwicklungsstufen sowohl des ganzen Schmelzorgans, als der Schmelzmembran insbesondere. Fig. 7 und 8a zeigen Theile des Schmelzorgans c. 320 mal vergrössert.

Die Form der in ganzer Masse fein granulirten Schmelzzellen ist lang cylindrisch; wo sie ihre grösste Länge erreichen, beinahe fadenförmig, indem ihr Längendurchmesser den Querdurchmesser um mehr als das 20fache überragen kann. Im letztern Falle zeigen sie meistens noch eine charakteristische bogenförmige Krümmung nach einer bestimmten Richtung (s. Fig. 8a). Im Mittel finde ich bei einem ziemlich ansehnlichen Individuum von *Tinca vulgaris* (alle hierhergehörigen Abbildungen sind mit Ausnahme von Fig. 5, welche von *Leuciscus rutilus*, von dieser Species) die Dicke des ganzen ausgebildeten Schmelzorgans = 0. 1 Millm. Davon kommen auf das äussere Epithel 0. 024 und auf die Schmelzmembran 0. 076 Millm. Die Breite der Schmelzzellen beträgt kaum 0. 005 Millm. Die Kerne der Zellen sind schön elliptisch; mit ihrer grossen Achse in der Längsrichtung der Zelle liegend berühren sie mit den Enden der kleinern die Seitenwände der Zelle. Sie zeigen eine deutlich hervortretende, lichte, grünliche Begrenzungscontour und nehmen vorzugsweise den Grund der Zellen ein, kommen jedoch auch sehr häufig weiter hinauf, ja selbst im obern Drittel der Zelle vor. Ihr Inhalt ist grobkörnig ohne Kernkörperchen. Die einzelnen Zellen schliessen dicht aneinander durch homogene, glänzende, durch die Einwirkung der Chromsäure hellgrünlich gefärbte Scheidewände (Membranen der Schmelzzellen) deutlich geschieden. Bei stärkeren Vergrösserungen (bis 600fach) und genauer Verfolgung der hellglänzenden Scheidewände der Zelle, sieht man, dass der Querdurchmesser der Zelle nicht überall der gleiche ist, indem dieselbe an der einen Stelle, meist da, wo der Kern liegt, etwas breiter, an der andern etwas verschmälert ist. Dabei hat meist von zwei benachbarten Zellen die eine ihre engere Partie in derselben Höhe, wo die weitere der andern liegt, so dass die Zellen trotz ihrer Unregelmässigkeit fest aneinander schliessen. An ihrer freien dem Zahn zugekehrten Fläche haben die Schmelzzellen ebenfalls eine Membran von derselben Beschaffenheit wie die der Seitenwände. Die Anwesenheit derselben wird nicht nur durch den homogenen, grün-

lichen Saum bekundet, der die freien Flächen der Schmelzzellen auf grössere Strecken scharf begrenzt, sondern man kann sich auch durch die Verfolgung des directen Uebergangs der Seitenmembranen der Zelle in die »Deckelmembran« unzweifelhaft von ihr überzeugen. Am deutlichsten ist die Deckelmembran (und zwar oft mit doppelter Contour sichtbar) an den kleinern Zellen der untern Partie der Schmelzmembran, wo dieselben allmählig in die Zellen des äussern Epithels übergehen. Ueber die »Deckelmembranen« der Schmelzzellen beim Schmelzorgan des Menschen vergleiche KOLLMANN (l. c), der ihre Existenz behauptet und WALDEYER (l. c), der sie leugnet.

Die Schmelzzellen sind am grössten an der Spitze und den obern Seitentheilen des Zahnkeims (s. Fig. 40) und zeigen hier zugleich die schon oben erwähnte schwach bogenförmige Krümmung und zwar partiellweise nach derselben Richtung. Die Richtung der Zellen gegen die Oberfläche des Dentinkeims wird besonders bei Zähnen mit gezackter Krone, wo das Schmelzorgan alle Unebenheiten der letztern ausfüllt, oft sehr plötzlich geändert, und zwar derart, dass dabei die entweder nach der Schmelzseite oder nach dem äussern Epithel zugekehrten Enden mehrerer Zellen keilförmig zugespitzt werden und die Grenze der Schmelzmembran nicht mehr erreichen. An den platten Seitenflächen des Zahnkeims unterhalb der Zähnelung der Krone wird die Richtung der Schmelzzellen allmählig constant nach innen und oben gegen die Krone hin. Diese Neigung wird nach dem Grunde des Zahnsäckchens zu immer stärker, wobei die Zellen in demselben Verhältniss kürzer werdend schliesslich wie Dachziegel übereinanderliegen. Ganz unten verlieren sie endlich ihren Character als Cylinderzellen und sind dann am Ausgehenden des Schmelzorgans (Fig. 40) von den Zellen der äussern Schicht derselben nicht mehr zu unterscheiden.

Aeussere Schicht des Schmelzorgans. Aeusseres Epithel.

Dieses einfach geschichtete Epithelium ist in frühern Stadien, wo die Schmelzzellen noch sehr klein sind, ebenso mächtig, ja oft mächtiger als die Schmelzmembran; erscheint jedoch, wenn diese ihre definitive Dicke erreicht hat, relativ sehr unbedeutend (cf. oben), ja auch wirklich reducirt, indem sie oft nur aus einer einzigen Zellenlage besteht (s. Fig. 8a). Diese besteht dann aus kurzcyllindrischen Zellen mit gleichfalls kernkörperchenlosen, granulirten Kernen; die Zellen sind jedoch weder so regelmässig gestellt, noch besitzen sie eine so regelmässige Lage ihrer Kerne, wie die Schmelzzellen. Das äussere Epithel ist von der Schmelzmembran abgegrenzt durch eine unebene homogene, hellgrünliche Linie, die völlig mit der Membran der Zellen beider

Schichten des Schmelzorgans übereinstimmt. Von einer Verbindung der Zellen des innern und äussern Epithels (durch Zellfortsätze) habe ich mich nicht überzeugen können, obwohl man eine solche nach den am Schmelzorgan der Säugethiere gemachten Erfahrungen (cf. KOLLMANN l. c.) fast voraussetzen kann, wenigstens annehmen muss, dass die Zahl der Schmelzzellen, wenn beim Wachsthum der ganzen Zahnanlage auch das des Schmelzorgans nöthig wird, sich durch Nachschub von der unterliegenden Zellenmasse aus vergrössert. Von dem Vorhandensein von unten her eingekeilter Schmelzzellen habe ich mich allerdings mit Ausnahme an den schon erwähnten starken Biegungen der Schmelzmembran ebenfalls nicht überzeugen können, doch scheint für die ausgesprochene Ansicht der Umstand zu sprechen, dass das äussere Epithel, wenn die Schmelzmembran ihre völlige Ausbildung erreicht hat, gegen früher reducirt erscheint, also auf die Abnahme irgend einer Function desselben, hier also wahrscheinlich für die jetzt nicht mehr stattfindende Vermehrung der Schmelzzellen zu sorgen, geschlossen werden kann. Wäre unsere Ansicht begründet, so würde somit das äussere Epithel die Function des Stratum intermedium der Säugethiere haben; ein Homologon der Schmelzpulpa fehlt den Cyprinoiden. LEYDIG, der letztere auch bei Schlangenzähnen vermisst, meint (l. c. p. 33), dass ihr Vorkommen im nächsten Zusammenhang mit der Entwicklung eines nur bei Säugethieren vorkommenden echten Schmelzes stehe. Da wir, wie weiter unten ersichtlich werden wird, Fische kennen, welche einen ebenso eigenthümlich gebauten, echten Schmelz, wie Säugethiere besitzen, wo jedoch in der Entwicklung des Zahnes nie eine Schmelzpulpa auftritt, so erweist sich diese Anschauung als irrtümlich. Aber auch die Anschauung, welche Beziehungen zwischen der Schmelzpulpa und der Implantation der Zähne in die Kiefer sieht, steht auf schwachen Füßen, wenn wir hören, dass nach РАТНКЕ, wie LEYDIG anführt, auch dem Schmelzorgan des Krokodils, das sich hinsichtlich der Implantation der Zähne in die Kiefer den Säugethieren am meisten nähert, eine Schmelzpulpa fehlt. Die Function der Schmelzpulpa bleibt somit einstweilen noch räthselhaft.

Die im Vorstehenden enthaltene Beschreibung des Schmelzorgans der Cyprinoiden ist nach Chromsäurepräparaten gegeben. Meine Versuche, die Zellen dieses unendlich zarten Gebildes zu isoliren, sind leider bis jetzt missglückt. Erneute Bemühungen in dieser Richtung können jedenfalls noch manche interessante und für die Entscheidung der Frage, wie entsteht der Schmelz? sehr wichtige Thatsachen erschliessen.

Bildung des Schmelzes. Der den Cyprinoidenzähnen, wie

wohl allen Fischzähnen zukommende echte Schmelz ist gewissermassen rudimentär, d. h. er wird zwar innerhalb des Zahnsäckchens vom Schmelzorgan gebildet, erlangt aber niemals eine bedeutende Härte und Festigkeit, so dass er bald nach dem Durchbruch des Zahnes fast vollkommen von dem viel härteren Dentin abgerieben wird und nur sehr spärliche Spuren seiner einstigen Existenz hinterlässt.

Behandelt man einen mit dem Knochen bereits verwachsenen Cyprinoidenzahn mit c. 30% Salzsäurelösung und betrachtet ihn bei schwachen Vergrösserungen, so sieht man, wie aus dem Dentin hervorgehende Kohlensäurebläschen ein helles, etwas gelblich erscheinendes, homogenes Häutchen aufreiben, bei stärkerem Andränge endlich zerreißen und in einzelnen Fetzen ablösen. Dieses Häutchen löst sich nur von der Krone und dem obern Theil des Halses, weiter nach unten, wo der Zahn vom Zahnfleisch umgeben wird, bemerkt man Nichts davon. Es ist mir nie gelungen es in toto zu isoliren; bei äusserster, unmessbarer Dünne erscheint es selbst bei den stärksten Vergrösserungen homogen; nur einmal fand ich es aus deutlichen, sich sechseckig begrenzenden Feldern zusammengesetzt.

Ausser diesem selbst an Zähnen, die schon in der Resorption begriffen, noch darstellbaren Häutchen bemerkt man an jüngern, erst kürzlich mit dem Knochen verwachsenen Zähnen zuweilen Stückchen einer gelblichbraunen Belegmasse auf dem weissen Dentin. Manchmal bedeckt sie in etwas grösserer Ausdehnung eine der Spitzen der Krone. Diese braune Masse ist leicht abschabbar und sehr geneigt, bei geringem Druck in Grus zu zerfallen; ihre feinere Structur ist nicht mit Bestimmtheit zu erkennen, meistens schien sie mir homogen zu sein. BORN l. c. erwähnt sie ebenfalls und führt eine Untersuchung in GILBERT'S Annalen an, nach der dieser Beleg Braunsteinoxyd enthalten soll.

Dass nun diese braunen Stückchen auf dem Dentin die Ueberreste einer ursprünglich über die ganze Krone sich erstreckenden braunen Schmelzbedeckung sind, während das oben beschriebene Häutchen als die resistenter unterste Lage dieser Schmelzschicht aufgefasst werden muss, das wird durch die Untersuchung von Zähnen bewiesen, die eben im Begriff sind das Zahnsäckchen zu durchbrechen. Präparirt man solche Zähne aus ihrem Säckchen heraus, so findet man die ganze Krone mit einer nicht sehr dicken Schicht von nicht sehr harter, bräunlicher Masse bedeckt. Behandelt man einen solchen Zahn nun mit c. 45% Salzsäurelösung und betrachtet seine Oberfläche, so sieht man, wie dieselbe in lauter reihenweis gelagerte, unregelmässig viereckige Stücke zerreisst, die bei längerer Einwirkung der Säure immer kleiner und kleiner werden, indem sie an den Rändern wegschmelzen. Schliess-

lich löst sich so, in der 15% Lösung freilich sehr langsam, in concentrirter Salzsäure dagegen schnell die ganze bräunliche Masse bis auf einen geringen häutigen, körnigen Rückstand völlig auf. Betrachtet man den Zahn im optischen Längsschnitt, so sieht man zunächst, wie die bräunliche Belegmasse durch eine scharfe Linie vom Dentin getrennt ist. Bei Behandlung mit Salzsäure löst sich nun zunächst von der Oberfläche der braunen Masse ein homogenes Häutchen (Schmelzoberhäutchen) ab. Dann sieht man, wie die Schmelzmasse unter Aufquellen in parallele, unregelmässig gestaltete, senkrecht zur Dentinoberfläche stehende Prismen zerfällt. Die Breite derselben ist jedoch viel grösser als die Breite der Schmelzzellen. Von letzteren konnte ich an Zähnen, welche den Schmelzbeleg in der beschriebenen Form zeigten, keine deutliche Spur mehr wahrnehmen; auf frühern Stadien der Entwicklung ist es ein Leichtes, das ganze Schmelzorgan aus dem Zahnsäckchen als ein feines Häutchen herauszupräpariren. An Querschnitten oder Längsschnitten durch Zahnkeime, die im Begriff standen mit dem Knochen zu verwachsen, und wo der Schmelz durch die Wirkung der Säure weggeschmolzen war, fand ich gleichfalls das Schmelzorgan nur noch im rudimentärsten Zustande.

Das Vorkommen eines im Zahnsäckchen gebildeten, aber beim Durchbruch des Zahnes bald der Zerstörung anheimfallenden Schmelzes ist nicht allein auf die Cyprinoiden beschränkt. RETZIUS (l. c. p. 534) findet, dass die Zähne von Anarrhichas, so lange sie noch im Zahnsäckchen sich befinden, eine ganz kleine Portion von Schmelz an ihrer Spitze tragen, die an den durchgebrochenen Zähnen vermisst wird.

Ich komme jetzt zur Besprechung der Beziehungen, welche zwischen den Schmelzzellen und ihrem Product, dem Schmelze, herrschen. Da es mir bis jetzt noch nicht gelungen ist den feinem Bau des so ungemeyn leicht zerbröckelnden Schmelzes zu erforschen, so ist es mir natürlich auch nicht geglückt, über die Bildungsweise desselben zu entscheidenden Resultaten zu gelangen. Um einzelnen interessanten Beobachtungen gleich ihre richtige Stellung anzuweisen, will ich sie den, von den Anhängern einer directen Umwandlung der Schmelzzellen in Prismen (WALDEYER l. c.) oder einer abscheidenden Thätigkeit der Schmelzzellen (KOLLMANN l. c.) zu Gunsten ihrer Anschauungsweise vorgeführten Beobachtungen direct anreihen. WALDEYER führt als That-sachen, die die directe Verkalkung der Schmelzzellen beweisen sollen, folgende an:

1) Die Schmelzzellen haben an ihrem nach dem Schmelz zugekehrten Ende keine Membran, sondern freies Protoplasma.

Eine innige Verbindung der Schmelzzellen mit kleinen Bruchstücken von Schmelzprismen wird öfter beobachtet.

2) Die Versteinerungsgrenze ist keine lineare.

3) Bei Behandlung mit Säuren quellen die Schmelzprismen etwas auf und nehmen ganz und gar wieder die Form der frühern Cylinderzellen an; auch deutliche, membranöse Begrenzungen an den Längsseiten treten auf.

4) Die Schmelzmembran wird bei der Bildung des Schmelzes völlig aufgebraucht, und man kann bei eben im Durchbruch begriffenen Zähnen nur eine bald mehr-, bald einschichtige Lage ganz abgeplatteter Epithelzellen, die offenbar das äussere Epithel mit einem grössern oder geringern Rest des Stratum intermedium darstellen, vom Schmelz abziehen. (Die unterste Lage dieser abgeplatteten Zellen des äussern Epithels bildet nach WALDEYER durch Verhornung das sog. Schmelzoberhäutchen.)

5) KOLLMANN, der hauptsächlichste Vertreter der andern Anschauung leugnet zunächst das Fehlen einer sog. Deckelmembran der Schmelzzellen. Er bildet dieselbe (l. c.) deutlich ab und behauptet, dass, wenn man auch Stückchen von Schmelz häufig in Verbindung mit Schmelzzellen fände, die Deckelmembran doch stets eine scharfe Scheidung beider hervorrufe, dass also auch die Versteinerungsgrenze stets eine lineare sei. Zweitens sieht KOLLMANN in dem Häutchen sowohl, das man durch verdünnte Säuren von der Oberfläche des sich bildenden Schmelzes jederzeit abheben kann, als auch in dem Schmelzoberhäutchen des ausgebildeten Zahnes Nichts, als die zusammenhängenden, von den Schmelzzellen abgerissenen und dem Schmelz eng anhaftenden Deckelmembranen, die am ausgebildeten Zahn verkalken sollen.

Meine für oder wider das Angeführte sprechenden, freilich an Fischen und nicht an Säugethieren gemachten, also immerhin für die Ableitung eines allgemeinen Satzes mit einer gewissen Vorsicht aufzunehmenden Beobachtungen sind folgende:

Ad 1, 2 und 5.

An in Chromsäure gehärteten Schnittpräparaten, wo der Schmelz in Folge der 4—8 wöchentlichen Einwirkung der Säure vollständig aufgelöst wurde, erscheint die Oberfläche der mit deutlicher Deckelmembran (cf. oben) versehenen Schmelzzellen besetzt von verschiedenen, fadenartigen, wie abgerissen aussehenden Fortsätzen von demselben, stark lichtbrechendem, hellgrünlichem Aussehen, wie die Membranen der Zellen. S. Fig. 8a. Sie scheinen mir fast durchgehends Fortsetzungen der Seitenmembranen zu sein.

Diese eigenthümlichen Fortsätze nun kann ich nicht für abgewandene, an den Schmelzzellen hängengebliebene Stückchen Schmelz halten; erstens, weil es unbegreiflich wäre, wenn nach so langer Einwirkung von Säurelösung noch verkalkte Theilchen erhalten wären, dann weil ihr ganzes Aussehen und ihr continuirlicher Uebergang in die Seitenmembranen der Schmelzzellen dafür sprechen, dass ihre Substanz mit der dieser Membranen identisch sei. Aber gesetzt diese Gründe gegen die Schmelznatur dieser Fäden seien nicht stichhaltig, so würde gerade die Annahme, sie seien Schmelzüeberreste, sehr gegen eine directe Verkalkung in der Weise, wie sie WALDEYER sich denkt, sprechen. Derselbe schliesst nämlich aus dem durchlöcherten Aussehen, welches das von der Oberfläche des sich bildenden Schmelzes bei Säugethieren abhebbare Häutchen besitzt, darauf, dass die Schmelzzellen zuerst in ihrer Mantelzone verkalken, der axile Theil dagegen weich bleibend nach Ablösung jener jüngsten Schmelzlage, für welche er das bewusste Häutchen erklärt, als sog. TOMES'sche Fortsätze, über den übrigen weichen Zellkörper hervorragend. Wären nun wirklich die von mir beschriebenen Fortsätze die ihrer unvollkommenen Verkalkung wegen erhaltenen, jüngst gebildeten Schmelztheile, so müsste man doch zwischen ihnen weiche Protoplasmatheile finden, was durchaus nirgends der Fall ist. Am wenigsten aber verträgt sich mit jener Hypothese der Umstand, dass die Zellen, von denen die bewussten Fäden entspringen, sehr scharf gezeichnete Deckel-Membranen haben. Mit der Annahme einer zuerst in der Achse beginnenden und von da nach der Peripherie fortschreitenden Verkalkung der Zelle liesse sich das Vorkommen dieser Fäden schon eher vereinigen. Allein eine zweite Beobachtung macht mich geneigt, wenigstens, was speciell die Cyprinoiden betrifft, auf die Seite der Vertreter der Ausscheidungstheorie zu treten. Schon oben habe ich bemerkt, dass der im Zahnsäckchen befindliche braune Schmelzbeleg in Säuren sich nicht vollkommen auflöst, sondern dass ein feiner, körnighäutiger Rückstand bleibt. Denselben müssen wir nun natürlich auch an Präparaten erwarten, die in Chromsäure gehärtet und dann in feine Schnitte zerlegt sind. Und wir finden ihn hier in der That und sind im Stande seine feinere Structur zu erforschen. Er liegt meistens frei zwischen Zahnoberfläche und Schmelzmembran und besteht bei stärkern Vergrößerungen auf den ersten Blick aus einem Netzwerk sechseckiger oder runder, mehr unregelmässiger, wie es scheint, stets eng aneinanderliegenden Maschen; die Fäden des Netzwerkes gleichen vollkommen den Membranen der Schmelzzellen. Hebt oder senkt man jedoch den Tubus, so bemerkt man sogleich, dass man es in diesem Schmelzrückstande nicht mit einer dünnen Membran, son-

dem mit einem ziemlich dicken, aus nebeneinanderliegenden, sechs-
eckig oder unregelmässig sich begrenzenden Röhren bestehendem Fach-
werk zu thun hat. Der Querschnitt dieser Röhren ist von verschiedener
Grösse, entspricht aber, wenn man ein Stückchen eines Schmelzorgans
von der Fläche betrachtet, dem ebenfalls wechselnden Querschnitt der
Schmelzzellen. Bekommt man ein Stückchen des Schmelzrückstandes
so zu Gesicht, dass man die es zusammensetzenden Röhren in ihrer
Längsausdehnung sieht, so gleicht dasselbe täuschend einem in der
Seitenansicht gesehenen Schmelzorgantheilchen.

Dieses Röhrenwerk hängt nun an Präparaten, welche augenschein-
lich heftige mechanische Insulte erfahren haben (bei der Schnittführung),
nach dem Schmelzorgan zu mit einer Membran zusammen, welche an einer
andern Stelle in die Deckelmembranen der Schmelzzellen, die an dieser
Stelle den zerrissenen Zellen fehlen, übergeht. Fig. 8 b giebt ein sehr stark
vergrössertes Bild des Schmelzrückstandes von der Fläche aus gesehen,
die er der Fläche der Schmelzmembran zukehrt. Man sieht mehrere
übereinanderliegende optische Querschnitte der Röhren, die glänzenden
Puncte sind einzelne optische Querschnitte kleiner Streifen der Röhren-
wandung.

Es sei mir erlaubt, auf Grund der eben geschilderten Beobach-
tungen folgende Entstehungsweise des Schmelzes fürs Erste nur zu
vermuthen.

Der Schmelz ist eine Abscheidung der Schmelzzellen. Dabei wird
oberhalb des weichen Inhalts der cylindrischen Zelle durch die Deckel-
membran hindurch eine direct verkalkende, wenig organische Theile
enthaltende Substanz, die eigentliche, harte Schmelzmasse, abgeschie-
den. In der Fortsetzung der Seitenmembranen der Zellen dagegen wird
eine Substanz abgeschieden, die derjenigen, aus welcher jene Seiten-
membranen bestehen, vollkommen gleicht und nicht verkalkt. Diese
Hypothese wäre genau genommen dieselbe, die, wie wir oben ange-
deutet, schon REZTIUS ausgesprochen hat, nämlich, dass jedes Schmelz-
prisma von einer organischen Hülle umgeben sei. Entkalkt man ein so
gebautes Schmelzstückchen, so muss ein Rückstand, wie der oben
beschriebene bleiben; behandelt man einen noch im Zahnsäckchen be-
findlichen Zahn, wo schon gebildeter Schmelz noch mit den Schmelz-
zellen zusammenhängt, mit Säure, so ist es leicht erklärlich, wie sich
von der Oberfläche des Schmelzes, von welcher die Schmelzzellen ab-
gerissen sind, ein Häutchen loszulösen vermag. Entweder ist es mög-
lich, dass die mit dem abgeschiedenen Schmelz verklebten und durch
die unverkalkten in den Schmelz hinein ragenden Fortsätze mit dem
letzteren noch enger verbundenen Deckelmembranen, wie KOLLMANN

will, von den Schmelzzellen abreissend am Schmelz hängen bleiben und sich isoliren lassen, oder es kann der Fall eintreten, dass die Deckmembranen an den Schmelzzellen verbleiben, ja dass einzelne Theile der organischen Umbüllungen der Schmelzprismen an ihnen hängen bleiben (Fig. 8a). Aber auch in diesem letztern Falle steht der Isolirung eines Häutchens Nichts im Wege, wenn wir bedenken, dass durch das Schmelzen der verkalkten Theile in der Säure Strömungen verursacht werden können, die so feine Fädchen, wie die organischen Theile des Schmelzes, leicht zerreißen können. Es kann daher kommen, dass, nachdem die äusserste Schicht des Schmelzes entkalkt ist, die zurückgebliebenen in Zusammenhang stehenden organischen Theile, mechanisch von dem noch unentkalkten Schmelz losgerissen, als feines Häutchen sich darstellen.

Ich bin weit davon entfernt, die eben ausgesprochene Vermuthung über die Bildungsweise des Schmelzes auch nur zu einer Hypothese zu erheben, da ich wohl weiss, dass sich Manches dagegen einwenden lässt.

Ad 3 und 4.

Das Aufquellen der Schmelzlage bei Behandlung mit Säuren habe ich, wie schon oben angedeutet, auch bei Cyprinoidenzähnen gefunden. Jedoch ist es mir nicht gelungen, auf diese Weise prismatische Theile des Schmelzes deutlich als verkalkte Schmelzzellen zu erkennen. Dass bei völliger Ausbildung des Schmelzes das Schmelzorgan ganz reducirt ist und, wie es scheint, nur noch aus einer oder zwei Lagen rundlicher Zellen besteht, spricht auf den ersten Blick für die Hypothese einer directen Verkalkung, beweist jedoch dieselbe durchaus nicht. Von einer Verhornung der Zellen des äussern Epithels zur Bildung des Schmelzoberhäutchens habe ich nicht das Geringste wahrgenommen.

Zahnpapille. Entwicklung des Dentins.

Die junge, Anfangs sehr flache Papille, welche den in die Tiefe wachsenden Epithelzapfen einstülpt, erhebt sich aus einem in weiterer Erstreckung jung zu nennenden Bindegewebe. Dasselbe unterscheidet sich von dem gewöhnlichen hier auftretenden Bindegewebe, in welches es allmählig übergeht, dadurch, dass, während dort zwischen den Fasern befindliche Maschenräume gross und deutlich hervortreten, und die Bindegewebszellen sehr klein, homogen und stark glänzend erscheinen, hier die Hohlräume im Gewebe fehlen, die Zellen aber durch ihre bedeutendere Grösse, runde Form und enges Aneinanderliegen sich auszeichnen. In ihnen treten auch deutlich scharf umschriebene Kerne von ovaler oder fast runder Form auf. Eine Verbindung der einzelnen

jungen Bindegewebszellen durch Protoplasmafortsätze sehe ich nicht, stelle ihr Vorhandensein jedoch keineswegs in Abrede, da an den später zu besprechenden cylindrischen Odontoblasten stets ein unterer Pulpa-fortsatz vorhanden ist, und die Continuität der ausgebildeten Zahnkanälchen eine Verbindung der zahnbeinbildenden Zellen verlangt. Die Conservirung der jedenfalls äusserst zarten Verbindungsstränge kann auch bei der angewandten Präparationsmethode nicht erwartet werden. Isolirungsversuche der oberflächlichen Zellen der Pulpa sind mir nur an alten Zähnen und auch hier sehr unvollkommen gelungen.

Auf einem etwas fortgeschrittenen Stadium erscheint nun, schon ehe noch das erste Dentinscherbchen gebildet ist, die ganze Papille von einem dichten Netzwerk homogener, grünlicher, stark lichtbrechender Balken durchsetzt, in deren Maschenräumen, die von sehr verschiedener Grösse und Form sind, die Zellen der Pulpa eingebettet sind. An manchen Stellen scheint es, als ob eine Masche, nur eine Zelle mit Kern einschliessend, die Membran dieser Zelle vorstellte. Obschon nun die homogenen, grünlichen Balken physikalisch völlig den oben beschriebenen Schmelzzellenmembranen, den Cuticularmembranen der plattenförmigen Epithelzellen, sowie der Becherzellen der Schleimhaut gleichen, müssen wir dennoch, so lange die Frage über die Zellmembranen ihrer Lösung noch nicht näher gekommen, wie jetzt, auf einer Deutung jener Balken als Zellmembranen verzichten. Jedenfalls haben wir es hier mit dem ersten Abscheidungs- oder Umwandlungsproduct der jungen Bindegewebszellen zu thun. Wir sehen auch deutlich, dass die Balken des Netzes am Grunde der Papille oder weiterhin, wo das junge Bindegewebe in gewöhnliches übergeht, in die Fasern des letzteren continuirlich übergehen. Durch einfaches Freipräpariren des jungen Zahnkeims aus dem Säckchen und Anwendung von Druck auf die herausgenommene Pulpa erfahren wir, dass die letztere in hohem Grade elastisch ist. Die Ursache dieser Erscheinung kann nur die sein, dass das feine Balkenwerk, in welches die weichen Zellen eingelagert sind, aus elastischer Substanz besteht. Dieser Umstand hat, ausser dass er uns später für die Beurtheilung der Structur des ausgebildeten Zahnes interessant werden wird, auch in so fern Beachtenswerthes, als er uns in dem Begreifen des »grossen Wunders des Zahnwechsels bei den Cyprinoiden« wiederum einen Schritt weiter bringt. Eine elastische Papille kann viel stärkeren Insulten Widerstand leisten, als eine ganz weiche.

Bevor ich einige Stadien der Dentinentwicklung näher beschreibe, will ich gleich zu Anfang LEYDIG gegenüber eine Thatsache scharf betonen. Niemals habe ich bei Cyprinoiden ein Stadium der Papille ange-

troffen, wo vor Bildung des ersten Dentinscherbchens unterhalb der Schmelzmembran und von dieser durch eine Spalte geschieden, ein Epithel die Oberfläche der Papille bedeckte, das irgendwie der Schmelzmembran oder überhaupt Epithelzellen, wie sie in den untersten Schichten der Schleimbaut vorzukommen pflegen, verglichen werden könnte. Ebensowenig unterscheiden sich die obersten Zellen der Papille in irgend einem Stadium derselben, welches vor der Bildung des ersten Dentins liegt, von den übrigen Zellen derselben auch nur durch die geringsten Eigenthümlichkeiten. Vielmehr tritt bei der Entwicklung der Cyprinoidenzähne der mit der Ansicht von LEYDIG über die Zahnentwicklung durchaus unverträgliche Umstand ein, dass zu einer Zeit, wo die Schmelzzellen schon längst ihre charakteristische Form erlangt haben, und schon ein bedeutender Theil von Dentin gebildet ist, die das letztere bildenden Zellen weder eine Spur von länglicher Form noch regelmässiger Anordnung erkennen lassen. Beides finden wir bei unsern Fischen erst in einer viel spätern Periode der Zahnentwicklung. Von einem Uebergang der Schmelzzellen in die oberste Zellschicht der Papille am Grunde des Zahnkeims habe ich gleichfalls nicht das Geringste wahrzunehmen vermocht.

Lage und Form der dentinbildenden Zellen sind, wie uns weiter unten noch klarer werden wird, die Momente, welche den Verlauf der Zahnkanälchen im ausgebildeten Zahn vollkommen bestimmen. So lange die Odontoblasten eine unregelmässige Gestalt und Lage haben, wird ein Zahnbein gebildet, wie es uns in der matt-körnigen Aussenschicht der Cyprinoidenzähne vorliegt; sowie dieselben dagegen eine lang-spindelförmige Gestalt annehmen und parallel neben einander liegend ihre Richtung gegen die innere Fläche des schon gebildeten Dentins ändern, so laufen auch die Zahnkanälchen in dem nun neu entstehenden Zahnbein parallel neben einander in derselben Richtung, in der die Odontoblasten mit ihrer Längsachse liegen. Es wird ein Dentin gebildet, wie es uns in der mittleren Zahnbeinschicht des Halses und in der untern der Krone vorliegt, und in welchem die parallel verlaufenden, schräg aufsteigenden Zahnkanälchen plötzlich dieselbe Aenderung ihrer Richtung erfahren, die vor ihnen die sie gebildet habenden Odontoblasten erfuhren.

Die bei Cyprinoidenzähnen so deutliche Abhängigkeit des Verlaufs der Zahnkanälchen von der Lage und Form der präformirten Odontoblasten habe ich auch in der Entwicklung anderer Zähne constatiren können. Sie tritt auch deutlich an der Abbildung hervor, die LEYDIG (l. c. Fig. 40) von einem Schlangenzahnkeim giebt. Die Kanäle in der Spitze des Schlangenzahns verlaufen nämlich von vornherein regel-

mässig von der Pulpa ausstrahlend durch das Dentin, ohne dass Seitenzweige desselben etwa dieselbe Stärke, wie der Stamm, erreichten. Ein solcher Verlauf findet sich bei den meisten mit einfacher Pulpahöhle versehenen spitzen Zähnen, und es kann uns also nicht Wunder nehmen, dass in der Entwicklung solcher Zähne die Odontoblasten von vorn herein eine Form besitzen, welche der der Schmelzzellen täuschend ähnlich und von derjenigen der unterliegenden Pulpazellen sehr verschieden sein kann. Da ich nun vor Bildung des ersten Dentinscherbchens die Schmelzzellen auch bei Cyprinoiden der von einer sog. Membrana propria umgebenen Papille sehr eng anliegend finde, so wird man aus alledem die Möglichkeit eines Irrthums von Seiten LEYDIG's wohl nicht leugnen können.

Die erste Andeutung des Dentins auf der Papille ist die sog. Membrana propria pulpae der Autoren selbst, durch welche hindurch man früher die auf ihrer Aussenseite schichtenweis verkalkende Zahnbildungs- masse ausgeschwitzt werden liess. Die Bildung derselben veranschaulicht Fig. 9, welche ein Stück vom Rande einer sehr jungen Papille, stark vergrössert, vorstellt. In dem Maschenwerk homogener, grünlicher Balken liegen die jungen, runden, kernhaltigen Pulpazellen. Die homogenen, starkglänzenden Balken nun, welche die Zellen der obersten Reihe von einander trennen, scheinen nach aussen zu wie gespalten, und der Spalt ist ausgefüllt mit einer homogenen, das Licht weniger stark brechenden Substanz, die auch die ganze Masse der Membrana propria zusammensetzt und in dieselbe continuirlich übergeht. Eine solche Spaltung der starkglänzenden Balken findet sich auch stellenweise weiter unten in der Pulpa; dabei ist aber stets die nächste Begrenzung der Zellen stark lichtbrechend. Die Membrana propria pulpae ist, wie überhaupt alles Dentin (s. unten), zuerst weich, und es ist, so lange sie dieses bleibt, die Möglichkeit gegeben, dass der auf ihrer Oberfläche sich bildende erste Schmelz, so lange derselbe ebenfalls noch weich ist, fest mit ihr verkittet, und so die feste Vereinigung von Schmelz und Dentin durch nachträgliche Verkalkung bewirkt wird.

Die Verdickung der Membrana propria nun zum Dentinhütchen geht zuerst auf der Spitze der Papille vor sich; wenn hier schon eine bedeutendere Dentinmasse gebildet ist, finden wir unten an der Basis der Papille nur erst die Membrana propria, die unten in die die Wand des Zahnsäckchens bildenden Bindegewebsfasern umbiegt. Zur deutlichen Veranschaulichung des Vorgangs der Dentinbildung gebe ich die ausführlichere Beschreibung des Längsschnittes durch einen Zahnkeim von *Cyprinus Tinca* mit schon deutlich erkennbarem Dentinkäppchen

auf der Spitze. Bei starken, 4—600fachen Vergrösserungen sieht man hier ungefähr Folgendes:

Gegen das anliegende Schmelzorgan ist die Oberfläche des Dentinscherbchens durch einen stark glänzenden, grünlichen Saum getrennt, gegen die Pulpa zu, von der sich das Scherbchen durch dunklere Chromsäurefärbung absetzt, ist dagegen die Grenze desselben unregelmässig mit kleinern und grössern Ausbiegungen in die Pulpamasse. Besonders letztere, die oft sehr bedeutend sind, zeigen deutlich, dass die Dentinbildung nicht auf allen Radien gleichmässig vorschreitet. Die homogene oder etwas feinkörnige Grundsubstanz des Scherbchens ist durchzogen von Gebilden, die zweifelsohne Zahnkanälchen entsprechen, deren Lumen jedoch so fein sein muss, dass es selbst bei starken Vergrösserungen nicht zu erkennen ist. Ich will dieselben daher »Fasern« nennen. Dieselben zeigen nur in der alleräussersten Schicht des Dentins einen parallelen Verlauf; sonst schlängeln und biegen sie sich nach den verschiedensten Richtungen; beim Heben und Senken des Tubus zeigt es sich, dass die in verschiedenen Ebenen laufenden ebenfalls die verschiedensten Richtungen einschlagen. Die Fasern sind homogen und gleichen den Balken des Fasernetzes der Pulpa, in die sie deutlich übergehen, vollkommen.

Je mehr man nach unten sich der Erhebungsstelle der Papille aus dem Bindegewebe nähert, um so schmaler wird allmähig das Dentinscherbchen. Dabei wird die innere Grenze desselben allmähig undeutlich und verschwindet schliesslich ganz; man nimmt dann über den obersten Zellen der Pulpa Nichts weiter wahr, als ähnlich, wie oben, verlaufende, nach aussen gerichtete Fortsätze des Fasernetzes der Papille. Dieselben scheinen theils Zuspitzungen einer ganzen Zelle mit ihrer Fasermasche zu sein, theils blosser Verlängerungen eines homogenen, stark lichtbrechenden Balkens des Fasernetzes der Pulpa. Zwischen diesen Fortsätzen, die nach unten immer kürzer werden, scheint theilweise eine homogene Substanz ausgeschieden zu sein. Am Rande der Papille gehen die Fortsätze deutlich in die homogene Membrana propria über, der noch weiter nach unten schliesslich die Bindegewebszellen mit ihrem Balkenwerk, unmittelbar, wie in Fig. 9, anliegen. Die obersten Zellen der Pulpa liegen auch jetzt noch, wie vor der Bildung des ersten Dentins, durchaus unregelmässig und zeigen keine Andeutung einer cylindrischen Gestalt. Das beschriebene Bild bleibt nun durch längere Zeit der Zahnentwicklung dasselbe, nur mit dem Unterschied, dass die Grenze zwischen Dentin und Pulpa schärfer wird, und die ersten Lumina in den Zahnkanälchen sichtbar werden. Allmähig zeigen

auch die oberflächlichen Pulpazellen, die Odontoblasten, eine Neigung eine cylindrische Gestalt anzunehmen.

In noch spätern Stadien der Dentinentwicklung nehmen nun in der That, wie schon oben erwähnt, die Odontoblasten eine characteristisch langgestreckte Form an und sind dann gleichzeitig mit ihrer Längsachse meist von unten und innen nach oben und aussen gegen die innere Oberfläche des Dentins gerichtet. Da sämmtliche von ihnen gebildete Zahnkanälchen in gleicher Richtung verlaufen, und sowohl die Grenze der, einem Cylinderepithel täuschend ähnlich sehenden, Odontoblastenschicht gegen die übrige Pulpa, als auch gegen das jüngstgebildete Dentin eine scharf ausgesprochene ist, so erhält der Zahnkeim auf dem Längsschnitt ein äusserst regelmässiges Aussehen. Fig. 40 giebt eine Vorstellung davon. Der sonst nirgends eine Spur von cylindrischen Zellen zeigenden, aus einem sehr dichten Fasergewebe bestehenden Papille, liegt eine von der Chromsäure ziemlich stark grün gefärbte Schicht von Zellen auf, welche auf den ersten Blick den Schmelzzellen, besonders wenn dieselben etwas hogenförmig gekrümmt sind, sehr gleichen. Sie haben dieselbe fadenförmige Gestalt, dieselben mit ihrer grossen Achse in der Längsrichtung der Zelle liegenden, ovalen, glänzend contourirten, grobkörnigen Kerne; die Protoplasmamasse erscheint etwas feiner granulirt. Allein bei genauerer Betrachtung sieht man doch, dass die dentinbildenden Zellen bei weitem nicht so regelmässig gestaltet und gelagert sind, als die, welche den Schmelz erzeugen. Ihre starkglänzenden, grünlichen Begrenzungssäume, welche in die Balken des Fasernetzes der Papille continuirlich übergehen, begrenzen nicht so scharf jede einzelne Zelle, wie es dort der Fall ist; die Unterscheidung der einzelnen Zellen ist deshalb oft sehr schwierig; ferner zeigen die Odontoblasten viel bedeutendere Schwankungen in der Dicke, indem sie bald eine ausgezeichnete Breite besitzen, bald kaum erkennbar sind. Endlich tritt es bei genauerer Betrachtung klar hervor, dass die Form der Odontoblasten keine eigentlich cylindrische, sondern eine spindelförmige ist, und dass die Zellen in die Zwischenräume anderer eingekleilt sind (cf. die Abbildung WALDEYER's von den Odontoblasten menschlicher Zähne l. c. p. 347, F. 402). Sehr bemerkenswerth ist noch, dass die an manchen Stellen fast lineare Abgrenzung der Odontoblastenschicht an andern Stellen ganz unregelmässig in die Zellenmasse der Pulpa vorspringt. Dadurch wird die Aehnlichkeit mit einem Cylinderepithel noch mehr abgeschwächt.

Auf die Odontoblastenschicht folgt nach aussen die Schicht des zuletzt gebildeten Dentins. Sie zeichnet sich von dem ältern Dentin aus durch die Helle ihrer Zwischensubstanz und das scharfe Hervortreten

der Lumina der Zahnkanälchen. Die letzteren werden stets von der hellen Zwischensubstanz abgegrenzt durch starkglänzende, homogene, grünliche Wände, die in ihrem Aussehen den Balken des Fasernetzes in der Papille und den Scheidewänden der Odontoblasten vollkommen gleichen.

Ueber den Antheil der Odontoblasten an der Bildung des Zahnbins bin ich trotz sehr genauer und sorgfältiger Untersuchungen zu keiner bestimmten Anschauung gelangt. Es lag dies zum grössten Theil an der Unvollkommenheit der Präparationsmethoden. Ich begnüge mich deshalb im Hinblick auf das Vorige eine mir aufgefallene Thatsache noch etwas mehr hervorzuheben.

Bei der Bildung der Membrana propria (Fig. 9), sagte ich, scheinen sich die die obersten Pulpazellen trennenden, vielfach erwähnten Balken zu spalten; in der Spalte erscheint eine Substanz, welche sich von derjenigen, welche die Balken bildet, durch mehr körniges Aussehen und geringeres Lichtbrechungsvermögen auszeichnet und die Masse der Membrana propria bildet. Eine solche Spaltung der homogenen Balken und Zwischendrängung einer matteren Substanz zwischen beide Spaltungsblätter habe ich auch sonst noch in der Papille beobachtet. Wo auf diese Weise zwischen zwei von Zellen erfüllten Hohlräumen eine dickere Zwischensubstanz sich befand, da war doch immer die nächste Umgebung der Hohlräume von den starkglänzenden, grünlichen Säumen umgeben. Dieselben Säume nun finden wir in Verbindung mit den Balken des Fasernetzes in der Papille als Begrenzung der einzelnen Zellen der Odontoblastenschicht wieder, wir begegnen ihnen ferner auch in den gleichfalls stark glänzenden, grünlichen Wänden der Zahnkanälchen sowohl des jungen, als des alten Dentins eines ausgebildeten Zahnes. Aus diesen Erscheinungen liesse sich nun vielleicht auf folgende Entstehungsweise des Dentins schliessen. Die jungen rundlichen oder länglich spindelförmigen Bindegewebszellen der Zahnpapille differenziren sich zunächst zum Theil in (oder scheiden aus) ein Maschenwerk homogener, durch starkes Lichtbrechungsvermögen ausgezeichnete Intercellularsubstanz, welche da, wo das junge Bindegewebe in das alte übergeht, mit der als Bindegewebsfasern bezeichneten Intercellularsubstanz des gewöhnlichen Bindegewebes identisch ist. In der Masse der einzelnen Fäden dieses Netzwerkes lagert sich nun in der Mitte derselben eine weniger stark lichtbrechende und mehr körnige Substanz ab, die immer mehr zunehmend die beiden Hälften des gespaltenen Fadens immer mehr auseinanderdrängt. Indem dieser Vorgang gleichzeitig an allen Puncten eines grösseren Gebietes stattfindet, werden die Maschenräume des Netzwerkes, welches die protoplasmati-

schen Bestandtheile enthält, allmählig zu ganz enger Spalten, zu Zahnkanälchen, reducirt. Dabei behält zu jeder Zeit die nächste Umgebung derselben dieselbe homogene, stark lichtbrechende Beschaffenheit, wie sie die Balken des Fasernetzes in der Papille besitzen; diese Wände der Zahnkanälchen sind von der körnigen, matten Zwischensubstanz aber auch chemisch verschieden; sie stellen nichts anderes vor, als die Zahnscheiden NEUMANN's¹⁹. Dieselben lassen sich an Cyprinoidenzähnen nach der Vorschrift NEUMANN's ebenso gut isoliren, als an menschlichen Zähnen. Der Ueberrest des in die Maschenräume des Fasernetzes eingeschlossenen Protoplasmas ist die Zahnfaser, die man an Quer- oder Längsschnitten alter Cyprinoidenzähne nicht selten als blasse, homogene, starre Faser aus dem Lumen der Zahnkanälchen hervorragen sieht. Da die sog. Zahnscheiden »wahrscheinlich in die Kategorie der elastischen Begrenzungsmembranen gehören, die sich um die Hohlräume der Bindsustanzen auszubilden pflegen« (WALDEYER l. c. p. 335), so ist es nicht uninteressant zu beobachten, dass bei den Cyprinoiden die Balken des Fasernetzes der Papille, aus denen sich die Zahnscheiden hervorzubilden scheinen, entschieden elastischer Natur sind. — Es erübrigt jetzt noch über die Verkalkung der Papille zu sprechen. Das Dentin ist seiner Structur nach längst fertig gebildet, ehe es auch nur eine Spur von Kalksalzen aufzuweisen vermag. Statt des spätern harten Zahnbeins haben wir eins, welches sog. durch Entkalkung durch Salzsäure hergestelltem Zahnknorpel in Structur und Consistenz völlig gleicht. Dieses vollkommen ausgebildete, aber noch weiche Dentin nimmt nun die Kalksalze ohne jede weitere Störung seines innern Baues auf. Die Ablagerung derselben beginnt, soviel ich an Cyprinoidenzähnen sehe, immer an irgend einem Punkte, wahrscheinlich gleichzeitig auf einer grössern Strecke, in der Mitte des Dentins und schreitet von da nach aussen und innen fort. Zuerst wird von der fortschreitenden Verkalkung die äussere Grenze des Dentins erreicht. Fig. 10 giebt eine deutliche Vorstellung von dem Fortschreiten dieses Verkalkungsprocesses. Die Grenze, bis zu welcher der letztere vorgedrungen, wird an Chromsäurepräparaten überall von einem breiten, stark grün gefärbtem Bande bezeichnet, dessen Contouren nach dem unverkalkten, hellem Dentin zu eigenthümlich gestaltet sind. Sie bestehen aus lauter halbkugeligen Vorsprüngen in die unverkalkte Masse; dabei kommt es vor, dass einzelne, so halbkugelig gestaltete Hervorragungen der verkalkten Substanz wie abgeschnürt von der übrigen erhärteten Masse erscheinen, ja dass einzelne Kugeln verkalkter Masse (Zahnbeinkugeln) ganz isolirt in der weichen Schicht liegen. Die Zahnkanälchen passiren die Grenze der verkalkten und unverkalkten Masse vollkommen ungestörten Verlaufs.

Wie Fig. 10 anschaulich macht, entsteht durch diesen eigenthümlichen Verkalkungsprocess eine Masse von verkalktem Dentin, welche in frühern Perioden noch ganz, in spätern theilweise von unverkalkter Substanz umhüllt wird. Nehmen wir die Möglichkeit an, dass die weiche Dentinmasse innerlich wachsen und dadurch eine Veränderung ihrer äusseren Formen herbeiführen kann, so liegt es auf der Hand, dass bei der beschriebenen Lage des erhärteten Dentins die äussern Umrisse des ganzen Zahns während seiner Entwicklung Veränderungen erfahren können; ein Umstand, der vielleicht in Hinsicht auf die mannigfaltigen mechanischen Insulte, denen der Zahn während seiner Entwicklung auch trotz seiner geschützten Lage noch immerhin ausgesetzt ist, wohl beachtet zu werden verdient. Denken wir uns, dass der Verkalkungsprocess in seinem Vorschreiten nach innen oder aussen plötzlich aus irgend welcher Ursache einzelne Stellen oder eine ganze schmale Zone überspringt, so müssen, da die Grenze der verkalkten Masse gegen die unverkalkte stets die halbkugelförmigen Vorsprünge zeigt, Räume entstehen, welche allseitig von halbkugelförmigen Vorsprüngen verkalkter Masse begrenzt, mit unverkalkter, von Zahnkanälchen durchzogener Substanz erfüllt sind, d. h. Interglobularräume. Nehmen dieselben eine ganze Zone im Zahnbein ein, so können, wenn sie sehr minutiös sind, den äussern Contouren des Zahns theilweise parallele Linien entstehen. Im Zahnbein der Cyprinoiden habe ich dieselben, wie schon oben erwähnt, nicht gefunden.

Zahnsäckchen. Dasselbe wird gebildet durch eine Lage den Umrissen des Schmelzorgans parallel verlaufender, ziemlich starker Bindegewebsfasern, die theilweise in die untern Partien der Zahnpapille umbiegen und sich vollkommen der sog. äussern Haarbalgscheide an die Seite stellen lassen. Das auf das Zahnsäckchen nach aussen folgende Bindegewebe ist sehr locker mit unregelmässigem Verlauf der Fasern und grossen Maschenräumen zwischen denselben (cf. Fig. 5).

Verwachsen des Zahns mit dem Knochen.

Nachdem der Schmelz, soweit das Schmelzorgan herabreichte, auf das Dentin abgelagert ist, beginnt die Dentin bildende Thätigkeit des Bindegewebes auch allmählig am Grunde des Zahnkeimes ausserhalb des Zahnsäckchens aufzutreten. Man bemerkt nun bald auf Längsschnitten, wie von der Basis des im Säckchen gebildeten Dentins aus als Fortsetzung desselben gegen den unterliegenden Knochen zu ein schmaler Streifen von Zahnbein läuft, der in der Nähe des Knochens ganz allmählig dem Auge entschwindet. Während aber das im Zahnsäckchen gebildete Dentin nur von einer Seite her, nämlich von der Odontoblasten-

schicht aus, eine Verdickung erfuhr, liegen diesem Streifen sowohl an der Pulpaseite Zahnbein bildende Zellen und zwar, als directe Fortsetzung der Odontoblastenschichte, von mehr cylindrischer Form an als auch an der äussern, gewöhnlichem Bindegewebe zugekehrten Seite, nur dass sie hier nicht mehr Odontoblasten, sondern Osteoblasten genannt werden müssen. Während nämlich von jeher Seite aus noch Dentin mit freilich unregelmässig verlaufenden Zahnkanälchen erzeugt wird, entsteht auf dieser echter Knochen; beider Hohlräume gehen continuirlich in einander über; wir erhalten, auf diese Weise gebildet, die Wurzel des Zahns, deren Bau wir bereits oben (s. Fig. 3) kennen gelernt. Auf einem weitem Stadium des Herabrückens des Zahns verlieren endlich auch die dentinbildenden Zellen der innern Seite ihre längliche Form, und jetzt wird nur noch Knochen gebildet.

Ob der Schlundknochen dem Zahn entgegenwächst, kann ich nicht mit Bestimmtheit sagen; es ist mir jedoch sehr wahrscheinlich. Die specielleren Vorgänge bei der Bildung der oben beschriebenen nathähnlichen Linie habe ich nicht beobachten können.

Resorption der Zähne.

Meine Beobachtungen über dieselbe sind sehr unvollkommen, so dass ich auf eine Darstellung derselben verzichte. Ich mache nur auf zwei Punkte aufmerksam. Zunächst erscheinen auch hier, und zwar in ausgezeichneter Entwicklung die sog. Howsür'schen Lacunen. KÖLLIKER²⁰ hat kürzlich auf die grosse Verbreitung derselben und der in ihnen vorkommenden, die eigentliche Resorption des Gewebes herbeiführenden, sog. Osteoklasten auch bei Fischen hingewiesen; ich bin somit im Stande, die Beobachtungen dieses Forschers zu bestätigen. Der zweite Punkt ist der, dass das junge Bindegewebe, aus dem sich die Papille des Zahnkeims hebt, stets in unmittelbarer Verbindung mit dem Gewebe des Resorptionsherdes steht, dass sich gewissermassen von dem letztern bis zur jungen Papille eine aus in sehr lebhafter Erregung befindlichem Bindegewebe bestehende Strasse hinzieht, auf welcher die dort aufgelösten Intercellularsubstanzen transportirt werden, um hier aufs neue abgelagert zu werden. Noch deutlicher, wie hier, tritt die grosse Nähe von Resorptionsherden und Bildungsstätten des Zahnbeins, dann hervor, wenn der junge Zahn an Umfang zugenommen hat und anfängt mit dem Knochen in der Nähe eines noch nicht ganz resorbirten Zahnes zu verwachsen. Von dicht aneinanderliegenden Zellen resorbiren die auf der einen Seite liegenden; die der andern bauen auf.

II.

Die Zähne von *Esox lucius*.

I. Bau, Befestigung und Schmelzbekleidung.

Der gemeine Hecht hat Zähne auf den Ossa mandibularia, intermaxillaria, palatina, dem Vomer, der Zunge, den Kiemenbögen und den oberen und untern Schlundknochen. Die Form und feinere Structur der Zähne ist schon von RETZIUS (l. c. 525 ff.) so ausführlich und vortrefflich beschrieben worden, dass ich wohl von einer ausführlicheren Schilderung derselben Abstand nehmen kann, indem ich zur Vergleichung auf die citirte Stelle verweise. Nur, was die Befestigung der Zähne und ihre Schmelzbekleidung betrifft, muss ich Einiges hervorheben.

Sämmtliche Zähne des Hechtes sind mit Ausnahme derjenigen des Unterkiefers und der obersten Zähne der Kiemenbögen, die zuletzt fest mit dem unterliegenden Knochen verwachsen, auf eine interessante Art auf Fortsätzen von Hautknochen der Mucosa beweglich befestigt. Streicht man beispielsweise am Vomer von vorne nach hinten über die Masse der feinen, dichtstehenden Zähnchen hin, so fühlt man, wie sie dem Drucke des Fingers nachgebend sich platt nach hinten niederlegen, um, wenn der Druck aufgehoben, elastisch in ihre alte Lage zurückzuspringen. Streicht man dagegen von hinten nach vorn, so fühlt man, wie die etwas nach hinten gerichteten Zähne ihre Stellung fest behauptend ihre feinen harten Spitzchen in die Haut einbohren; ganz wie wenn man mit dem Finger über eine feine Säge in der Richtung, die jener der Zähnchen entgegengesetzt ist, hinfährt. Dieselbe Erscheinung tritt noch evidenter an den grösseren Zähnen des Gaumenbeins hervor, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Zähne, die nach innen und hinten gerichtet, in dieser selben Richtung niederdrückbar sind. Sonst springen auch sie beim Nachlassen des Druckes in ihre gewöhnliche Lage zurück; nach jeder andern Richtung, als der angegebenen, sind sie vollkommen unbeweglich.

Diese eigenthümliche Einrichtung im Zahnapparat des Hechtes hat OWEN auch bei *Lophius piscatorius* beschrieben. Es bedarf wohl keiner weitern Auseinandersetzung, um die Ueberzeugung zu gewinnen, dass wir es hier mit einer Einrichtung zu thun haben, welche in directer Beziehung zum Fang der Beute steht.

Fragen wir, auf welche Weise diese eigenthümliche Befestigung der Zähne zu Stande kommt, so giebt uns eine genauere Untersuchung folgende Antwort:

Sämmtliche Zähne des Hechtes sind nicht unmittelbar auf dem

Skelettknochen befestigt, sondern auf besonders hervorragenden Theilen von Hautknochen, die entweder in gar keiner festen Verbindung mit dem Skelettknochen stehen oder in eine flache Vertiefung desselben eingesenkt und fest mit ihm verwachsen sind. Der Bau dieser Hautknochen ist spongiös, und finden sich in den in Dicke und Länge wechselnden Balken desselben, ebenso wie im Skelettknochen des Hechtes, keine Knochenkörperchen, sondern nur, oft sehr spärlich vertheilte, zahnkanälchen-artige Hohlräume (über die Verbreitung von derartig gebauten Knochen bei Fischen vergl. KÖLLIKER²¹).

Diese Hautknochen nun bilden ringförmige Erhebungen, deren Umfang dem des unteren Endes des Zahnes entspricht. Sie sind auf der Seite, nach welcher hin der Zahn niederdrückbar ist, flacher, als auf der entgegengesetzten. Auf einer solchen ringförmigen Erhebung ist nun der Zahn folgendermassen befestigt. Sein unterer Rand ist vollkommen frei und nur auf der einen Seite, nach welcher der Zahn niederdrückbar ist, entspringen aus der verkalkten Substanz des Zahnes breite, sehr zähe, fein längsgestreifte Fasern, die nach unten ziehend in die Substanz des Hautknochens continuirlich übergehen. Von der untern Fläche der schwammigen Knochenmasse aus, die das Innere des Hechtzahns erfüllt und in Aussehen und Structur ganz dem Hautknochen gleicht, entspringen dagegen zahlreiche, glashelle und starre elastische Fasern, ebenfalls unmittelbar aus der Substanz des Knochens, um nach unten ziehend an dem Boden der in der Mitte etwas ausgehöhlten ringförmigen Erhebung des Hautknochens continuirlich in die Substanz des letzteren überzugehen. Diese im Innern des Zahns befindliche elastische Masse erhält für gewöhnlich den freien Rand des Zahnes in enger Anlagerung an den Hautknochen, so dass sich derselbe, bei jedem Druck, den er von der entgegengesetzten Seite erleidet, auf den letzteren stützt und, da ausserdem die in diesem Falle fest angespannten Fasern der andern Seite einer Verrückung des Zahns energischen Widerstand leisten, vollkommen unbeweglich bleibt. Sobald er jedoch auf der Seite, wo er der Befestigung an dem Hautknochen ermangelt, einen entsprechenden Druck erleidet, so vermögen die elastischen Fasern ihn nicht mehr in seiner Lage zu erhalten; er giebt nach, die Fasern der andern Seite biegen und falten sich, und der Zahn legt sich, da auf dieser Seite die Erhebung des Hautknochens niedriger ist, soweit nieder, als es die letztere gestattet. Hört der Druck auf, so zieht sich die ausgedehnte elastische Masse wieder zusammen und der gewöhnliche Zustand wird wieder hergestellt.

Alle Zähne des Hechtes haben wirklichen Schmelz. Derselbe ist von einer gelblich-braunen Farbe und bekleidet nur in sehr geringer

Masse die äusserste Spitze des Zahnes. Während der Schmelz an den Cyprinoidenzähnen nie eine bedeutende Härte erlangt und nach dem Durchbruch des Zahnes bald von der Oberfläche desselben abgerieben wird, erreicht dagegen der Schmelz der Hechtzähne eine bedeutende Härte und erhält sich das ganze Leben des Zahnes hindurch. Seine äusserste Schicht setzt sich als feines structurloses Häutchen noch eine Strecke von der Spitze aus auf den Zahn fort, und so kommt es, dass, obwohl das Dentin des Hechtzahns eine verhältnissmässig sehr weiche Beschaffenheit hat, dennoch die obersten Partien des Zahns wegen ihrer Bekleidung mit harter Schmelzmasse eine bedeutende Resistenzkraft erlangen. Dieser Umstand fiel schon RETZIUS (l. c. p. 525) auf, und er vermuthete, dass der Zahn von einer äusserst dünnen Schmelzhaut überzogen wäre; er vermochte jedoch trotz eifrigen Nachsuchens mit dem Mikroskop nicht die geringste Schmelzbedeckung nachzuweisen. Und in der That ist dies, wenn man nicht chemische Agentien zu Hülfe nimmt, bei rein mikroskopischer Untersuchung ein sehr schwieriges Stück. Denn erstens ist die Schmelzspitze weder scharf vom Zahn abgegrenzt, noch bei ihrer homogenen oder etwas körnigen Structur von dem ähnlich aussehenden Zahnbein der Spitze wesentlich unterschieden, und zweitens scheint es bei rein mikroskopischer Betrachtung ganz evident zu sein, dass die letzten Ausläufer der Zahnkanälchen fast bis in die äusserste Spitze des Zahns vordringen.

Die richtige Anwendung chemischer Reagentien belehrt uns jedoch bald, dass die Hechtzähne wahren Schmelz besitzen. Ich sage, die richtige Anwendung; denn eine falsche, welche darin besteht, dass man zu schwache Säurelösungen anwendet, kann uns trotzdem dahin bringen, das Vorhandensein des Schmelzes vollkommen zu übersehen. So muss es WALDEYER ergangen sein, der (l. c. p. 340) den Schmelz der Hechtzähne läugnet und ihnen nur eine, die Oberfläche des Zahns überziehende, sog. Cuticula zuschreibt. Sein Irrthum erklärt sich daraus, dass bei Anwendung schwacher Säurelösungen in der That von dem die Hechtzähne an der Spitze bekleidenden Schmelz nur die äusserste, feine dünne Lage und ihre Fortsetzung auf die unteren Theile des Zahns in Form eines zarten, structurlosen Häutchens sich abhebt. Wendet man dagegen stärkere Salzsäurelösungen und gar concentrirte Salzsäure an, so schmilzt ein grosser Theil der Spitze unter gleichzeitigem Verschwinden der gelben Färbung derselben vollkommen weg, und wir sehen schliesslich als Rest derselben einen ziemlich spitzen, kegelförmigen Aufsatz der übrigen Dentinmasse vor uns. Jetzt wird es auch klar, dass alle Zahnkanälchen, die bei Betrachtung des intacten Zahns in die gelbe Spitze

eindringen, auf diesen kegelförmigen, aus Dentin gebildeten Kern derselben sich beschränken.

Ueber die Befestigungsweise der mit dem unterliegenden Hautknochen verwachsenen Hechtzähne, über die Anordnung der Zähne auf den Kiemenbögen, sowie über weitere beachtenswerthe Eigenthümlichkeiten des Schmelzes werde ich theils in der jetzt zu behandelnden Entwicklung der Hechtzähne, theils bei Gelegenheit der Abhandlung über die Zähne der übrigen Teleostier sprechen.

II. Entwicklung der Hechtzähne.

Aus dem Vorkommen eines Schmelzes bei allen Hechtzähnen lässt sich a priori annehmen, dass die Entwicklung derselben in derselben Weise beginne, wie bei den Cyprinoiden. Und so ist es in der That.

Auf ihre Entwicklung habe ich vom Hecht die Zähne des Os palatinum, des Vomer und der Kiemenbögen theils in frischem Zustande durch einfaches Herauspräparieren der Zahnkeime, theils auf Schnitten durch erhärtete zahntragende Theile untersucht. Auf ersterem Wege kann man die Existenz eines aus dichteren Bindegewebsfasern gebildeten Zahnsäckchens und nach Zereissen desselben das Vorhandensein eines isolirbaren Schmelzorgans als eines feinen, aus langen cylindrischen Zellen bestehenden Häutchens constatiren. Das letztere hat, wie oben bemerkt, auch schon BORN an den Zahnkeimen mehrerer Fische dargestellt. Eine Isolirung der einzelnen Zellen des Schmelzorgans ist mir nicht gelungen.

Bei der Anfertigung und Untersuchung von Schnitten durch die in Chromsäurelösung entkalkten und gehärteten Knochentheile tritt derselbe Uebelstand, wie bei der Untersuchung der Cyprinoidenzähne ein, nämlich die Unmöglichkeit die einzelnen Schnitte ohne Störung des natürlichen Zusammenhangs nachträglich zu färben; so müssen, da die grüne Färbung der Chromsäure die des Karmins nur unvollkommen ersetzt, manche feinere Strukturverhältnisse dunkel bleiben. Das erste Auftreten der Zähne an ganz jungen Embryonen habe ich leider nicht studieren können. Ich behandle hier nur die Entwicklung der Ersatzzähne des Os palatinum und des Vomer; die der Kiemenbogenzähne, welche sich durch den Mangel eines geschlossenen Zahnsäckchens auszeichnet, werde ich an einem andern Orte kurz darstellen.

Die Bildung des Schmelzorgans geht, wenigstens am Os palatinum, beim Hecht interessanter Weise sowohl frei vom Schleimhautepithel aus, als auch kann dasselbe eine Abzweigung des untern Endes des Schmelzorgans eines noch im Zahnsäckchen befindlichen Zahnes sein. Was die freie Entstehung vom Mundhöhlenepithel betrifft, so zeigt Fig. 11 das

jüngste Stadium, was ich beobachten konnte. Genau oberhalb der Stelle, wo ein ausgefallener Zahn am Hautknochen befestigt war, senkt sich vom Schleimhautepithel aus, das an diesem Ort eine besonders dicke Schicht und noch mehrere kleine Einsenkungen in das unterliegende Bindegewebe bildet, ein schräg nach unten gerichteter Zapfen von Zellen in das Bindegewebe ein, mit seinem untern Ende fast die Stelle erreichend, wo das Gewebe am Resorptionsheerd des alten Zahnes sich gewissermassen noch in einem alterirten Zustande befindet. Ob die Figuration, wie vorliegende Abbildung sie zeigt, allein durch das Wachstum des Epithelzapfens oder zugleich des Bindegewebes hervorgerufen wird, kann ich nicht mit Bestimmtheit entscheiden; ich glaube jedoch, dass beide Gewebe hier thätig sind (cf. Fig. 42 und Fig. 43). Die den Epithelzapfen zunächst umgebende Bindesubstanz ist ein festeres, aus parallel verlaufenden Fasern zusammengesetztes Gewebe und dadurch von dem übrigen, aus vielfach sich kreuzenden Faserbündeln bestehendem verschieden. Uebrigens hat überall das unmittelbar unter dem Epithel liegende Bindegewebe dieses Gefüge.

Die Zellen des Epithelzapfens haben auf diesem Stadium so ziemlich alle dasselbe Aussehen. Nur die zunächst dem Bindegewebe aufliegenden Zellen haben auch hier, wie überall, eine etwas längliche Form.

Von einer Zahnpapille ist auf diesem Stadium noch keine Spur zu sehen; ich habe aber Präparate, wo der Epithelzapfen lange nicht bis zu solcher Tiefe, wie im obigen Falle, vor dem Auftreten der Papille sich einsenkt; es finden sich junge Papillen von verschiedener Grösse in verschieden gestalteten und verschieden tiefen Gruben des Bindegewebes. Manchmal entsteht die Papille schon, ehe überhaupt eine nennenswerthe Einsenkung des Epithels stattgefunden hat, und erst im weitern Verlauf der Entwicklung wird die tiefe Versenkung der Zahnanlage vollzogen und dieselbe vom Bindegewebe umwachsen (s. Fig. 42). Dieses Umwachsen des Keims durch das Bindegewebe scheint jedoch nie zur Bildung eines völlig geschlossenen Zahnsäckchens zu führen, wenigstens beobachtet man selbst an schon weit entwickelten Zahnkeimen, dass das Schmelzorgan derselben an seinem untern Ende noch durch einen sehr mannigfaltige Umrisse zeigenden und oftmals sehr dicken Strang von Epithelzellen mit der untern Masse des Schleimhautepithels zusammenhängt. Fig. 43 giebt eine Vorstellung, wie eigenthümlich die Art der Umwachsung des Zahnkeimes bei Hechtzähnen sein kann. Das schräg Schraffierte bedeutet in der Figur das Epithel, das quer Schraffierte das Bindegewebe.

In den meisten Fällen erhebt sich die junge Papille in der Nähe

eines Resorptionsherdes (cf. oben das über die Cyprinoidenzähne Gesagte). Sie wächst aus dem oberflächlichen, oben als fest beschriebenen Bindegewebe zuerst als eine flache Erhebung hervor, nimmt aber bald eine spitz-ovale Form an (Fig. 14). Sie stülpt den Epithelzapfen von unten her ein, so dass die Zellen desselben sie kappenförmig umgeben (Fig. 14). In der Masse der letztern macht sich darauf die Differenzirung in Schmelzzellen und gewöhnliche, runde Zellen geltend, die sich bald zu vollenden scheint; wenigstens finde ich die cylindrische Gestalt der Schmelzzellen schon an Keimen ausgeprägt, wo auf der Oberfläche der Papille kaum die erste Lage von Dentin sichtbar ist (Fig. 14). Wie bei den Cyprinoiden besteht das ausgebildete Schmelzorgan aus zwei Zelllagen; die innerste der Papille zugekehrte besteht aus einer einzigen Schicht langer cylindrischer Zellen, Schmelzzellen; die äusserste, dem begrenzenden Bindegewebe zugekehrte aus gewöhnlichen Epithelzellen: äusseres Epithel.

Schmelzzellen. Die Schmelzzellen haben auf der Höhe ihrer Entwicklung dieselbe charakteristische, fadenförmige Gestalt, wie bei den Cyprinoiden. Sie erreichen dieselbe jedoch nur im Säckchen der grössern Zähne; bei den kleinen Zähnen des Vomer werden sie oft nur halb so lang, wie an denen des Os palatinum, wo ich ihre grösste Länge zu 0.0429 Mm. bei einer Dicke des ganzen Schmelzorgans von 0.05 Mm. fand. Ihre Breite beträgt hier c. 0.002 Mm. also c. den 24. Theil ihrer Länge; bei Vomerzähnen etwa den 14. Theil derselben.

Bei dem ausserordentlich geringen Durchmesser der Schmelzzellen der Gaumenzähne ist es sehr schwer, ihre Formen recht genau zu erkennen. Dazu kommt als erschwerender Umstand, dass die faserartigen Zellen in benachbarten Ebenen verschiedene Richtungen gegen die Oberfläche des Dentins haben. Dadurch erhält man auf Quer- und Längsschnitten durch den Zahnkeim vom Schmelzorgan oft eine Ansicht, als wäre es aus lauter sehr kleinen rhombischen Maschen zusammengesetzt, was eben von der Kreuzung der Zellen herrührt. Die Richtungsdivergenz derselben kann so gross sein, dass man auf einem Längsschnitt die Zellen gegen das Dentin schräg von oben nach unten, auf einem andern in einer andern Ebene geführten von unten nach oben gerichtet findet. Eine solche Kreuzung der Schmelzzellen habe ich nur beim Hecht gefunden. Obwohl ich so etwas nicht beweisen kann, lässt es sich doch wohl a priori annehmen, dass durch die Kreuzung der Schmelzzellen eine Kreuzung der fertigen Schmelzfasern bedingt wird; wie KOLLMANN (l. c.) vermuthet, ist die Kreuzung der Schmelzprismen menschlicher Zähne sehr wahrscheinlich durch eine ähnliche Structur der Schmelzmembran bedingt.

Dass die Schmelzzellen beim Hecht übrigens doch auch im Einzelnen

dieselben Eigenschaften haben, wie bei den Cyprinoiden, tritt deutlich an den kleinern Zellen der Ersatzzahnkeime des Vomer hervor. Nur in diesen habe ich, freilich nur hier und da, Kerne gefunden. Ebenso kann ich von der Anwesenheit der stark glänzenden, grünlichen Scheidewände und der Deckelmembranen nur hier mich aufs Untrüglichste überzeugen. Die Scheidewände traten auch ziemlich deutlich verfolgbar auf jüngern Stadien bei Gaumenzähnen hervor; die Deckelmembranen konnte ich bei den letzteren dagegen nicht nachweisen, wenn auch vielfach ein scharf gezeichneter, ununterbrochener Saum die innere Grenze der Schmelzmembran bildete. An manchen Schnitten bot die Schmelzmembran einen eigenthümlichen Anblick. Sie schien zusammengesetzt aus neben einander stehenden grünlich umrandeten Prismen (Zellen?), getrennt durch Streifen heller, körniger Substanz, wie wenn die Scheidewände der Zellen sich gespalten hätten, und eine helle Zwischensubstanz sich zwischen die beiden Blätter der gespaltenen Membran gedrängt hätte. Eine Krümmung in einem flachen Bogen haben die längsten Schmelzzellen gleichfalls mit denen der Cyprinoiden gemeinsam.

Äusseres Epithel. Dasselbe ist durch eine scharfe, aber nicht ebene Grenze von der Schmelzmembran getrennt. Die Schmelzzellen gehen am Ausgehenden des Schmelzorgans nach Verlust ihrer charakteristischen Form in die Zellen desselben über. Das äussere Epithel zeigt im Allgemeinen mehr Variationen, als bei den Cyprinoiden. Im Anfang an Mächtigkeit die Schmelzmembran überwiegend, steht es später sehr hinter demselben zurück und besteht nur aus wenigen, oft (Vomerzähne) nur einer einzigen Schicht von Zellen, die von der Fläche gesehen sich gegenseitig sechseckig abplatten.

Was wir aber am Schmelzorgan der Cyprinoiden nicht beobachteten, das äussere Epithel kann im Laufe der Entwicklung des Zahnes zu einer intensiven Thätigkeit erweckt und zur Zellvermehrung angeregt werden. Es geht nämlich von ihm allein, ohne Betheiligung der Schmelzmembran, und zwar von seinem untersten Ende nach voraufgegangener, bedeutender Verdickung desselben die Bildung eines Zellzapfens aus, der in das Bindegewebe hineingetrieben und von einer Papille eingestülpt zur Anlage eines neuen Schmelzorgans wird, und dieses stellt dann, sammt der einstülpenden Papille allmähig in ein besonderes Zahnsäckchen eingeschlossen, den Keim eines Ersatzzahnes vor. Fig. 13 und 14 illustriren diese Vorgänge.

Ausserdem zeigt das äussere Epithel noch die Eigenthümlichkeit, dass seine Zellen gegen Ende oder nach Vollendung der Schmelzbildung eine platte, langgestreckte Gestalt annehmen und sich, wie verhornte Zellen der Säugethierepidermis, in faserartige Züge lagern.

Bildung des Schmelzes. Ueber die eigentliche Bildungsweise des Schmelzes bin ich beim Hecht noch weniger ins Klare gekommen, als bei den Cyprinoiden. Während dort eigentlich Nichts für eine directe Verkalkung der Schmelzzellen sprach, tritt uns hier in ausgebildeten Zahnsäckchen eine Erscheinung entgegen, die, wenn sie eine solche auch nicht absolut beweist, doch leicht in diesem Sinne gedeutet werden könnte. An von Chromsäurepräparaten gewonnenen Schnitten sieht man die Spitze des in einem entwickelten Zahnsäckchen liegenden Dentins häufig durch eine Kreislinie vom übrigen Zahn als kegelförmigen Aufsatz desselben abgegrenzt; aus oben gemachten Angaben schliessen wir richtig, dass hier schon gebildeter Schmelz aufgelöst worden ist. Zwischen diesem kegelförmigen Aufsatz nun und der Schmelzzellenschicht befindet sich ein Raum, der wenn wir ihn mit Schmelz erfüllt dächten, den Zahn zu der Form vervollständigen würde, welche er im völlig intakten Zustande besitzt. Die diesen Raum umgrenzenden Schmelzzellen sind nun merkwürdigerweise kleiner, als die unterhalb des kegelförmigen Aufsatzes gelegenen, ja sie können an der Spitze gänzlich reducirt sein, so dass hier das jetzt aus abgeplatteten Zellen bestehende äussere Epithel den Abschluss der Begrenzung des Hohlraums übernimmt. Es scheint somit, als ob ein Abschnitt der Schmelzzellen verkalkt und dann aufgelöst wäre. Gleichwohl ist es unzweifelhaft, dass sich diese Erscheinung auch vom Standpunct der Ausscheidungstheorie ebenso gut erklären lässt, wie etwa die beim Durchbruch des Zahnes eingetretene Reduction des Schmelzorgans. Dazu kommt, dass die Differenz in der Grösse der unterhalb des kegelförmigen Aufsatzes liegenden Schmelzzellen und der um denselben herumliegenden sehr verschieden, oft fast unmerklich befunden wird und durchaus nicht immer der Dicke des abgeschiedenen Schmelzes gleich zu sein scheint, sowie, dass auch schon in Zahnsäckchen, wo die Schmelzbildung offenbar noch nicht begonnen hat, die Schmelzzellen an der Spitze öfter etwas kleiner sind, als an der Seite. Sehr entschieden für die Ausscheidungstheorie zu sprechen scheint mir aber der Umstand, dass die Schmelzmembran an den Stellen, wo man eine directe Verkalkung eines Zellabschnittes annehmen könnte, doch stets durch eine sehr scharfe Contour gegen den von ihr umschlossenen, früher mit Schmelz erfüllten Hohlraum abgegrenzt ist.

Ueberall, wo Schmelz gebildet war und durch die Einwirkung der Säure aufgelöst wurde, liegt zwischen Schmelzmembran und Dentin und zwar unmittelbar an der erstern, eine feine körnige Masse, die wir für Schmelzrückstand ansehen müssen, an der sich aber selbst bei den stärksten Vergrösserungen keine regelmässige Structur erkennen lässt.

Zerstrent in ihr treten eine grosse Menge sehr stark lichtbrechender Punkte auf. An einigen Präparaten, an denen noch ein Theil des Schmelzes und zwar die äusserste Partie mit der sog. Cuticula erhalten ist, liegt die letztere stark grünlich glänzend in ungeschrunpftem Zustande ziemlich eng den Schmelzzellen an, jedoch so, dass eine feine Spalte zwischen ihr und der etwas unebenen Oberfläche der letztern sichtbar ist; wo die Cuticula geschrumpft ist und in der Mitte des Hohlraums liegt, zeigt die Schmelzmembran ihre helle Grenzcontour noch vollkommen scharf. Es sind dies Thatsachen, die der oben angeführten, gefälligen Hypothese KOLLMANN'S über den Ursprung der Cuticula theils günstig, theils widersprechend sind. An einem Präparat, an welchem das Schmelzorgan gänzlich losgerissen ist, scheint es, als ob die helle, grünliche Membran (Cuticula) wirklich an den meisten Stellen von der Oberfläche der Schmelzzellen abgerissen sei, während sie an einer Strecke noch deutlich als Summe der Deckelmembranen derselben zu erkennen ist.

Dass übrigens die Cuticula hier ebensowenig, wie bei den Cyprioiden das verhornte äussere Epithel ist, geht erstens daraus hervor, dass die vom ausgebildeten und unausgebildeten Zahn ablösbaren Häutchen einander vollkommen gleichen, dann dass man nie Bilder findet, in denen das äussere Epithel etwa vor dem Durchbruch oder während des Durchbruchs des Zahns der Oberfläche desselben unmittelbar anläge, geschweige denn aus einer Zellschicht von so minutiöser Dünne bestände, wie sie die Cuticula besitzt.

Die Schmelzbildung wird beim Hecht jedenfalls schon sehr früh vollendet. Nur die Spitze trägt eine bedeutendere Schmelzmasse, und diese erreicht, wie man sich leicht überzeugen kann, schon sehr früh ihre definitive Grösse; die längste Zeit in der Entwicklung eines Zahns wird auf die Bildung seiner untern Partie und ihrer Befestigung mit dem Knochen verwendet. Noch sehr lange nach Vollendung der Spitze findet man Reste des Schmelzorgans und zwar nicht blos des äussern Epithels; auch stark geschrumpfte Schmelzzellen ohne verfolgbare Grenzmembranen, offenbar in Zerfall begriffen, trifft man häufig an.

Zahnsäckchen.

Von der Existenz eines wirklichen Zahnsäckchens, d. h. einer differenzirten, bindegewebigen Umhüllung des Zahnkeimes überzeugt man sich am besten durch Herstellung horizontaler Längsschnitte durch die Zahnmasse des Vomer. Hier sieht man zahlreiche Zahnkeime quer oder schräg durchschnitten in kreisförmigen Hohlräumen liegen, die in Mitten des sehr lockern Bindegewebes der Mucosa, von stärkeren Faserzügen umlaufen, neben einander liegen. Diese stärkern Faser-

züge gleichen völlig denen, die beim Hecht überall unmittelbar unter dem Epithelium hinziehen und sind ja auch ihrer Entwicklung nach nur Fortsetzungen der letzteren.

Entwicklung des Dentins.

Bevor wir über die beim Hecht im höchsten Grade interessante Umwandlung der jungen, die Schmelzorgananlage einstülpende Papille sprechen, sei es erlaubt zum Verständniss des Folgenden die Structur des Bindegewebes der Mucosa einer Betrachtung zu würdigen.

Das Bindegewebe der Mucosa beim Hecht zeichnet sich aus durch die ungemein starken, homogenen, deutlich aus feinen Primitivfibrillen zusammengesetzten und nach den verschiedensten Richtungen Aeste abgebenden und Anastomosen bildenden Faserbündel (Fig. 44 u. Fig. 42 Taf. XXVIII). In diesen stark glänzenden Faserbündeln selbst finden sich keine Andeutungen zelliger Elemente. Zwischen ihnen befinden sich zahlreiche, grössere oder kleinere Maschenräume, welche wieder von zahlreichen aber feinen Faserbündelchen durchzogen werden, und nur in ihnen sehen wir zellige Gebilde in grosser Zahl angehäuft.

Dieses so eigenthümliche Bindegewebe gleicht auf den ersten Blick der innern schwammigen Masse des Zahnbeins beim Hecht vollkommen; die Balken des Knochengerüsts, ebenfalls homogen und mit feiner fibrillärer Streifung versehen, scheinen den dicken Faserbündel des Bindegewebes zu entsprechen; ebenso gleichen die mit weicher Masse und zahlreichen Zellen erfüllten Maschenräume des Zahns denen des Bindegewebes vollkommen. Und in der That ist dies nicht blos eine äussere Aehnlichkeit. Die Zähne des Hechtes bestehen wirklich aus Nichts Andern, als aus verkalkten Bindegewebsbündeln, wobei die Zahnkanälchen die Lücken zwischen den einzelnen Bindegewebsbündeln vorstellen. Die Entwicklungsgeschichte beweist diese auf den ersten Blick paradox erscheinende Behauptung vollkommen.

Die junge Papille ist ursprünglich eine einfache, flache Vorwölbung des oberflächlichen Bindegewebes und entspricht einem Maschenraum der Mucosa, der mit jungen, in starker Vermehrung begriffenen, mit stark glänzendem Kern versehenen Bindegewebszellen erfüllt und von einer homogenen, dünnen, stark lichtbrechenden, am Ursprung der Papille in eine Bindegewebsfaser continüirlich übergehenden Membrana propria überzogen ist. Die Homogenität der letztern besteht jedoch nur in den allerjüngsten Stadien. Sehr bald bemerkt man an Stelle der structurlosen Membran eine dickere, die deutlich aus gewöhnlichen, sehr eng an einander liegenden, aber eigenthümlich angeordneten Bindegewebsfasern besteht. Die zu äusserst an der Peripherie der Papille, parallel ihrer Längsachse,

als directe Fortsetzungen gewöhnlicher Fasern des unterliegenden Bindegewebes aufsteigen, endigen auf einer bestimmten Höhe der Papille plötzlich. Unter dieser äussersten Faserschicht, die beim Betrachten der Papille von der Oberfläche und der Seite das Bild einer aus wellig gebogenen, parallel verlaufenden Fasern zusammengesetzten Membran gewährt, verläuft eine zweite Schicht, deren Fasern erst in etwas bedeutenderer Höhe, als die der äussersten Schicht enden. Auf diese zweite Schicht folgen noch mehrere von aussen nach innen aufeinander, wobei immer die Fasern der folgenden etwas weiter hinauflaufen, als die der vorhergehenden. Nie finde ich, dass diese Fasern die ganze Wölbung der Papille umspannten. Die äussere, seitliche, in Fasern differenzierte Masse der Papille besteht sonach aus in einander geschachtelten, unregelmässigen Cylindern von Bindegewebsfasern, von denen immer der mehr nach innen liegende den ihm nach aussen benachbarten um etwas überragt.

So entsteht ein abgestumpft kegelförmiger Mantel um den weichen Inhalt der Papille, der oben, wo er offen ist, gleichfalls durch die übrigen sich anschliessenden, aber kürzeren Fasern zu einem Gewölbe geschlossen wird. Während nämlich die die seitliche Wand zusammensetzenden Fibrillen bis in das unterliegende Bindegewebe reichen und hier in gewöhnliche Bindegewebsfasern übergehen, setzen sich die das Gewölbe der Papille bildenden Fasern nicht nach unten fort, sondern scheinen direct von dem weichen Inhalt der jungen Papille auszustrahlen.

Die eben beschriebenen Fasern bilden das erste Käppchen von Dentin auf der Papille. Die Zahnkanälchen desselben steigen, den Lücken zwischen den einzelnen Fasern entsprechend, an der Seite schräg nach aussen empor, an der Spitze geradenwegs mit geringer Divergenz in die Höhe.

Jetzt treten auch schon die ersten Andeutungen elastischer Fasern auf, während man bis dahin im Innern der Papille nur homogene, glänzende Kerne in Mitten einer körnigen Protoplasmamasse fand. Zunächst erscheint ein aus äusserst feinen, homogenen Bälkchen zusammengesetztes Netzwerk, ganz dem gleichend, das ich in der Papille von Cyprioidenzähnen beschrieben habe; aus ihm differenzieren sich zuerst in der Mitte, senkrecht in der Achse der Papille bis zu dem faserigen Dentin der Spitze verlaufend und continuirlich in dieses übergehend, dickere elastische Fasern, durch feinere Fädchen unter sehr spitzen Winkeln mit einander verbunden. Sie sehen wie dünne Glasfäden aus.

Allmählig schreitet nun die Zahnanlage nach unten gegen den Knochen herab, von dem sie bis dahin durch gewöhnliches, meist sehr lockeres Bindegewebe getrennt war. Letzteres wird von der energischen

Thätigkeit im Gewebe der Papille gewissermassen angesteckt und nimmt daran Theil, bis schliesslich Alles bis zur Oberfläche des Knochens mit Bildungsgewebe erfüllt ist. Dasselbe bildet wahrscheinlich auch neue Hautknochenmasse. Die die seitlichen Theile des Dentinkäppchens bildenden, schon verkalkten und dabei theilweise zu mächtigen Bündeln mit deutlich erkennbarer Längsstreifung zusammengeschweissten Fasern weichen nach dem Knochen stellenweise auseinander, so dass in ihren Zwischenräumen grössere Mengen von Saftgewebe Platz finden; in einer bestimmten Tiefe hören sie dann auf zu verkalken (die Verkalkungsgrenze an Chromsäurepräparaten wie bei den Cyprinoiden durch breite grüne Bänder, aber ohne die halbkugeligen Vorsprünge, bezeichnet) und gehen endlich, nachdem sie eine Strecke als weiche Faserbündel zurückgelegt haben, direct in die ebenfalls aus verkalkten Faserbündeln bestehenden Hautknochen über, so dass jetzt die an ihrer ganzen Oberfläche erhärtete Papille durch continuirlich in sie und den unterliegenden Knochen sich fortsetzende, unverkalkte, zähe Fasern beweglich befestigt ist. Zu gleicher Zeit werden die oben und seitlich ebenfalls ohne jede sichtbare Grenze in die Fasermasse des Dentins übergelenden elastischen Fasern stärker und befestigen sich unten am Knochen in derselben Weise, wie oben am Zahn.

Das Innere des Zahns, bei den beweglichen Zähnen nur die obere Partie, bildet sich schliesslich in eine spongiöse Knochenmasse um, indem sich von den die Seitenwände zusammensetzenden Faserbündeln, ähnlich wie im Bindegewebe der Mucosa, grössere oder kleinere Bündel abzweigen, ein Netzwerk bilden und von aussen nach innen verkalken. Dabei kann man sehr oft die ursprüngliche Zusammensetzung der Balken der Knochenmasse aus aneinanderliegenden, oft wellig gebogenen Fasern wahrnehmen.

Die Loslösung des einen, später völlig freien Zahnrandes an den Gaumenzähnen des Hechtes, der Anfangs ebenfalls durch die beschriebenen zähen Fasern am Knochen befestigt ist, geschieht dadurch, dass die weichen Verbindungsfasern förmlich in einzelne, mehr oder weniger kubische Stücke zerfallen, die dann wahrscheinlich resorbirt werden. Ueber die specielleren Vorgänge hierbei habe ich mich genauer noch nicht unterrichten können. Ist die Loslösung des einen Randes des Zahns vollendet, so können die elastischen Fasern ihr Amt antreten: Der Zahn ist fertig. Soll der alte Zahn nachher ausfallen, so erleiden auch die weichen Fasern des mit dem Knochen verbundenen Zahnrandes eine Zerstörung; dabei lösen, wie es scheint, die elastischen Fasern zunächst immer nur ihre Verbindung mit dem Zahn, so dass schliesslich aus der etwas ausgehöhlten Mitte der ringförmigen Erhe-

bung des Hautknochens, von der der alte Zahn sich bereits abgelöst hat, wie ein Besen ein Bündel starrer, scharf gezeichneter elastischer Fasern hervorrägt. Noch später fallen auch diese und ein Theil des Knochens der Resorption anheim.

Die feste Verwachsung der Anfangs, wie alle übrigen Zähne, rings durch die beschriebene Fasermasse mit dem unterliegenden Knochen verbundenen Unterkieferzähne wird einfach durch eine Verkalkung jener Fasern ohne Aenderung ihrer Structur herbeigeführt.

Das Innere des Unterkieferzahns verwandelt sich völlig in spongiöse Knochenmasse, welche in die gleiche Substanz des Hautknochens direct übergeht. Ob sich auf irgend einem Stadium der Entwicklung hier elastische Fasern bilden, habe ich nicht untersucht.

Mit dem Gedanken, dass die Zahnkanälchen wirklich nur die Lücken zwischen den verkalkten Fasern sind, werden wir eher vertraut werden, wenn wir der gewiss irrigen Vorstellung entsagen, als ob z. B. zwischen längsverlaufenden Fasern nur längsverlaufende Lücken vorhanden wären, und wenn wir ferner uns klar zu machen suchen, dass durch theilweise Verschmelzung zweier neben einander verlaufender Faserbündel zahlreich verzweigte und nach verschiedenen Richtungen hin ausstrahlende, kanalartige Lücken sehr leicht entstehen können. In dieser Hinsicht scheint mir gerade der Verlauf der Zahnkanälchen beim Hecht sehr zu Gunsten der eben besprochenen Auffassung des Hechtzahns zu sprechen, zu der uns in gleicher Weise die Entwicklungsgeschichte, die Art der Verbindung zwischen Zahn und Knochen und die schon auf den ersten Blick hervortretende Aehnlichkeit der spongiösen Masse des Zahninnern und der Hautknochen mit dem Bindegewebe der Mucosa hindrängen. Ich beschränke mich darauf aufmerksam zu machen, dass wir beim Hecht nie jene Regelmässigkeit der Anordnung der Zahnkanälchen finden, wie im Dentin ohne sichtbar faserigen Bau; wie vor allen (auf Querschnitten besonders durch Vomerzähne) die sich vielfach kreuzenden, anastomosirenden Kanälchen oft auf das deutlichste Querscheiben verkalkter Faserbündel von einander trennen.

Uebrigens ist das Vorkommen von verkalktem Bindegewebe (sog. Faserknochen), von Zügen verkalkter Bündel von Bindegewebsfasern in echtem Knochen (sog. SCHARPEY'sche durchbohrende Fasern) und ähnlicher Bildungen schon von verschiedenen Seiten, vor Allen von KÖLLIKER²² nachgewiesen, auch von demselben die grosse Bedeutung dieser Bildungen für unsere Erkenntniss des Knochengewebes betont worden. Das Bild, welches uns der Hechtzahn bietet, zeigt uns zunächst die SCHARPEY'schen Fasern in einem neuen interessanten Lichte,

ferner den continuirlichen Uebergang von elastischen Fasern in verkalkte Faserbündel und den ebenso deutlichen Uebergang von Faserknochen in ein eigenthümliches Dentin. Endlich eröffnet es uns die Aussicht, bei einem genauern, sich auf möglichst viele verwandte Bildungen erstreckenden Studium, vielleicht die Entwicklung des im erhärteten Zustande auftretenden Bindegewebes von der einfachsten Form an, in der es bei den Wirbelthieren auftritt, bis zu seiner eigenthümlichen Ausbildung als Knochen- und Zahngewebe bei höhern Wirbelthieren durch alle Klassen derselben hindurch zu verfolgen und zugleich den physiologischen Momenten, die bei der so äusserst mannigfaltigen Anordnung der verkalkten Theile im thierischen Körper wirksam sind, auf die Spur zu kommen. Zum Schluss bemerke ich noch, dass ich auf der Oberfläche der jungen Papille beim Hecht so wenig, wie bei den Cyprinoiden, jemals eine Zellschicht in Zusammenhang mit der Schmelzmembran, noch eine solche gefunden habe, welche von den übrigen Pulpazellen im Geringsten verschieden gewesen wäre. Eine Schicht wohl differenzirter Odontoblasten kann ich überhaupt während der ganzen Entwicklung nicht finden. Uebrigens scheinen mir schon der ganze Bau und die Entwicklung des Hechtzahns, so wie beide sich mir darstellen, in jeder Hinsicht die Hypothese LÉYDIG'S zu widerlegen.

III.

Zähne anderer Teleostier.

Von den Teleostiern habe ich ausser den Cyprinoiden und Esociden folgende Familien und Arten auf die Structur ihrer Zähne untersucht.

Sclerodermi (*Balistes* sp. ?); *Muraenidae* (*Anguilla vulgaris*); *Scomberesocidae* (*Belone vulgaris*); *Salmonidae* (*Salmo trutta*); *Siluridae* (*Arius papillosus*; *Hypostomus etentaculata* und eine andere Species); *Pleuronectidae* (*Platessa flesus*); *Labridae* (mehrere Genera und Species); *Percidae* (*Perca fluviatilis*; *Acerina vulgaris*; *Labrax chilensis*; *Serranus scriba*; *Apogon rex Mullorum*); *Sparidae* (*Sargus Rondeletii*; *Chrysophrys*); *Squamipennes* (*Ephippus faber* und mehrere andere Arten); *Triglidae* (*Cottus gobio*; *Cottus scorpius*); *Trachinidae* (*Uranoscopus scaber*; *Trachinus draco*); *Gadidae* (*Lota vulgaris*); *Blenniidae* (*Blennius gattorugine*); *Scomberidae* (*Echeneis Naucrates*); *Gobiidae* (*Gobius niger*); *Taenioidae* (*Cepola rubescens*). Die Resultate dieser Untersuchungen stelle ich, so weit sie uns hier interessiren, im Folgenden zusammen.

I. Schmelz.

a. Verbreitung des Schmelzes.

An sämtlichen von mir untersuchten Fischzähnen habe ich echten Schmelz gefunden; wo er im ausgebildeten Zustand des Zahnes fehlt z. B. bei den Molarzähnen von *Sargus* und den Pharyngealzähnen von *Labrus*, ist er wenigstens, wie bei den Cyprinoiden, stets im Zahnsäckchen zu finden.

Der Schmelz hat fast stets eine bräunliche Färbung. Meistens ist derselbe, da die Mehrzahl der Fischzähne eine spitze, kegelförmige Gestalt hat, auf die äusserste Spitze des Dentins, welche fast stets, wie beim Hecht, als konischer Aufsatz der übrigen Dentinmasse erscheint, beschränkt, und erscheint seine Masse auf den ersten Blick sehr geringfügig. Verglichen mit dem Massenverhältniss zwischen Schmelz und Dentin bei den Säugethieren ist dagegen die Schmelzbekleidung der Fischzähne eine durchschnittlich sehr mächtige zu nennen. Bei einigen Fischzähnen, z. B. den Schneidezähnen von *Sargus* und den Pharyngealzähnen derselben Gattung überdeckt der Schmelz eine grössere Partie Zahnbein und ist von einer ganz eminenten Ausdehnung. Auch bei den Zähnen in den Kiefern der Panzerwelse, der Chaetodonten und von *Echeneis Naucrates* hat der Schmelz eine sehr bedeutende Entwicklung erreicht. Nur bei den letzterwähnten Zähnen und den Kieferzähnen von *Crenilabrus pavo* habe ich gefunden, dass sich von der Spitze eine dickere Lage bräunlichen Schmelzes auf die untern Partien des Zahns fortsetzte; sonst findet man durchgängig nur die äusserste dünne, unlösliche und deshalb als Cuticula isolirbare Schmelzlage auf den Zahn sich fortsetzen, bis sie in einer gewissen Tiefe sich unmerklich verliert. An Zähnen, welche eine rundlich abgestumpfte Spitze haben, z. B. den Kieferzähnen von *Gunnellus vulgaris* (s. Fig. 23) und den kleinen Kiemenbogenzähnen von *Apogon rex Mullorum* ist, wie natürlich, die Verbreitung des Schmelzes eine gleichmässigere. Eigenthümlich ist die Lage des Schmelzes an einigen auf den ersten Blick völlig gleichmässig homogen erscheinenden Kiemenbogenzähnen z. B. von *Sargus Rondeletii*. Nach Behandlung des Zähnchens mit Säuren löst sich ein bedeutender oberer Abschnitt des kegelförmigen Zahnes völlig auf, so dass der entkalkte Zahn ganz gerade abgeschnitten erscheint. Die geschmolzene Spitze ist der Schmelz, der intact weder vom Dentin sichtbar abgegrenzt noch seiner Structur nach von ihm verschieden ist.

b. Farbe des Schmelzes.

Dieselbe ist heller oder dunkler braun oder bräunlich gelb. Bei den meisten Fischzähnen wird somit die Spitze eine bräunliche Färbung haben; einige (Kieferzähne von *Arius papillosus*, der *Chaetodonten*, von *Labrax chilensis*) sehen ganz und gar bräunlich aus, was theilweise von der überdeckenden *Cuticula* meistentheils aber von der gelblichen Färbung des *Dentins* selbst herrührt. Bei andern Fischen erscheint der Schmelz bei auffallendem Lichte glänzend weiss, z. B. an den Kieferzähnen von *Crenilabrus pavo*. Es scheint dies jedoch nur von einer Füllung der im Schmelz enthaltenen Poren (cf. unten) mit Luft herzurühren; in Wasser bei durchfallendem Licht ist stets die bräunliche Färbung vorhanden. Dass der Schmelz seinem ganzen Aussehen nach bei einigen Kiemenbogenzähnen dem in diesen Fällen immer glänzend weissen *Dentin* völlig gleicht, ist schon hervorgehoben. Es sei noch erlaubt darauf hinzuweisen, dass auch der Schmelz bei Säugethieren im unentwickelten Zustande eine bräunliche Färbung besitzt.

c. Erkennung des Schmelzes als solchen.

In sehr vielen Fällen sieht man schon äusserlich die bräunliche Spitze der Zähne durch eine oft sehr scharf hervortretende, kreisförmige Contour vom übrigen Zahn getrennt. Diese Contour entspricht der Basis des schon beschriebenen kegelförmigen Aufsatzes der *Dentin*masse, auf dem der Schmelz wie ein Hütchen ruht. Oft fehlt aber auch diese Contour oder tritt sehr wenig hervor, so dass es dann, zumal wenn entweder der ganze Zahn äusserlich eine gelbe Färbung hat, oder die Farbe des Schmelzes sehr hell ist, und dabei die Zahnkanälchen bis in die äusserste Spitze vorzudringen scheinen, es nur durch Anwendung chemischer Reagentien möglich ist, die Schmelzbedeckung des Zahns zu erkennen (cf. das über den Schmelz des Hechtzahns Gesagte). Besonders bei etwas abgeplatteten Zähnen (Kieferzähne von *Ehippus* Faber s. Fig. 45A und Schneidezähne von *Sargus*) sieht man dagegen die Schmelzkappe auf den ersten Blick sehr deutlich durch eine scharfe Contour vom *Dentin* abgesetzt.

Durch Anfertigung von feinen Zahnschliffen und Entfernung des Schmelzes durch Säuren erlangt man nun völlige Einsicht in die Lagerungsverhältnisse des letzteren und zugleich die Ueberzeugung, dass man es wirklich mit einer dem Säugethierschmelz homologen Bildung und nicht mit einer Art von *Dentin* zu thun hat.

Erstens überzeugt man sich, dass nie Zahnkanälchen vom *Dentin* aus in den Schmelz eindringen, wie es bei der Betrachtung der meisten

intacten Zähne der Fall zu sein scheint. Die Kanälchen gehören stets dem konischen Dentinfortsatz an. Derselbe ist in vielen Fällen sehr lang und spitz, und die Schmelzbedeckung dann an der Spitze manchmal von geringerer Dicke als an den Seiten desselben. Auch eine fein ausgezogene Fortsetzung der Pulpahöhle dringt oft bis in die Spitze des konischen Aufsatzes ein, ja sie kann denselben durchbohren, so dass der Schmelz an der Spitze unmittelbar auf der weichen Pulpamasse ruht. So ist es der Fall bei den eigenthümlich geformten Zähnen auf den Kiefern der Panzerwelse. Etwas Eigenthümliches bieten auch die Zähne von *Cottus scorpius* (Fig. 46 B). Hier bildet die untere Dentinmasse durch Erhebung ihrer Ränder über die Basalebene des kegelförmigen Aufsatzes eine diesen rings umgebende Rinne, die von Schmelz ausgefüllt wird. Geringer entwickelt findet sich diese Rinne noch bei andern Fischen.

d. Structur des Schmelzes.

Der Schmelz ist entweder für die stärksten Vergrößerungen noch völlig homogen (kleine Kiemenbogenzähne), oder erscheint durchzogen von Fasern, welche die verschiedensten Grade der Feinheit zeigen und in ihrem Verlauf und ihrer mannigfaltigen Verzweigung oft Zahnkanälchen täuschend gleichen. Am Schmelz mancher Zähne ist diese Structur schon bei Betrachtung des intacten Zahnes in durchfallendem Lichte deutlich zu erkennen, so an den Kieferzähnen von *Crenilabrus pavo* und in ausgezeichneter Klarheit an den Kieferzähnen der Chaetodonten; auch bei den Schneidezähnen von *Sargus*. An andern Zähnen sieht man die feine Faserung des Schmelzes jedoch nur, wenn man sehr dünne Zahnschliffe mit starken Vergrößerungen betrachtet. Die Anfertigung solcher Schliffe, die zum genauen Erkennen der feinern Verhältnisse durchaus nothwendig ist, von meist so ungeheuer kleinen Zähnen ist aber ein äusserst schwieriges Ding, und ist es mir deshalb bis jetzt noch nicht gelungen, vollkommene Klarheit in unsere Kenntniss von der Structur des Schmelzes zu bringen. Nur soviel lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass die Fasern des Schmelzes der Fischzähne, die OWEN als kalkhaltige Röhren auffasste und den Prismen des Säugethierschmelzes verglich, Nichts sind, als von organischer Substanz erfüllte, auch wohl nach Zerstörung derselben leere Spalten zwischen den harten Theilen des Schmelzes. So wurden die Fasern, wie oben auseinandergesetzt, auch von RETZIUS aufgefasst, und die eigenthümliche Structur des Schmelzrückstandes bei den Cyprinoiden spricht sehr zu Gunsten dieser Annahme; ebenso die Beobachtung von RETZIUS, dass auch im Säugethierschmelz gelegentlich zwischen den

Schmelzprismen Spalten vorkommen, ja dass solche durch Anwendung von Kalilauge hervorgerufen werden können. Denken wir uns die Fasern des Schmelzes an gewissen Puncten, vielleicht nach Zerstörung der Cuticula, an die Oberfläche treten, die sie bildende organische Substanz zerstört werden, vielleicht auch einen Theil des Schmelzes der Vernichtung anheimfallend, so würde uns erklärlich, wie es kommt, dass sehr viele Fischzähne im Schmelz eine Menge entweder nur durch das Eindringen von Luft oder schon durch ihre Grösse erkennbarer, in den verschiedensten Richtungen verlaufender Poren besitzen. Letzteres, die Grösse der Poren, ist mir besonders an dem sehr mächtig entwickelten Schmelz der Pharyngealzähne von *Sargus* aufgefallen.

e. Das Verhalten des Schmelzes gegen Säuren.

Bei allen von mir untersuchten Fischzähnen zeigt die äussere Schicht des Schmelzes, die ich in den meisten Fällen, ebenso wie beim Hecht, auf die untere Zahnpartie sich fortsetzen sah, insofern ein vom übrigen Schmelz verschiedenes Verhalten, als sie selbst in concentrirten Säuren völlig unlöslich ist: Cuticula. Sie isolirt sich übrigens schon bei Anwendung ganz schwacher Säuren. An den Schlundzähnen von *Arius papillosus* gelang es mir durch Einwirkung von e. 30% Salzsäurelösung unter möglichster Vermeidung aller mechanischen Insulte den Schmelz unter der Cuticula so aufzulösen, dass die letztere vollständig die frühern Umrisse der Schmelzkappe bewahrte. Meistens schrumpft indess die Cuticula zu einem vielfach gefalteten, zarten Häutchen (s. Fig. 45B) zusammen, das nicht immer homogen, sondern sehr häufig feinkörnig erscheint, oft mit einzelnen hellen, grünlichen Puncten besät; an den Schlundzähnen des eben genannten Fisches erschienen in der sonst homogenen oder hier und da körnigen Membran einige grünlich glänzende Streifen. Auch eine sehr feine Streifung senkrecht zur Oberfläche (Andeutung von Porenkanälen? cf. SIRENA, der Aehnliches an der Cuticula der Zähne von *Lacerta agilis* beobachtete) ward hier beobachtet.

Der Modus der Entkalkung des vollkommen ausgebildeten Zahnes und der Auflösung des Schmelzes ist im Allgemeinen folgender:

Welche Säure und in welcher Verdünnung man dieselbe auch immer anwenden mag, stets trifft die Entziehung der Metallsalze zunächst die eigentliche Dentinsubstanz, was man an der eintretenden Aenderung des Lichtbrechungsvermögens erkennt. Der Schmelz wird stets erst später angegriffen, oft erst nachdem sämtliches Dentin entkalkt ist; schwache Säurelösungen, die das letztere in ein paar Minuten entkalken, wirken auf ihn erst nach Verlauf mehrerer Stunden auf-

lösend ein. Bei der Entkalkung des Dentins bilden sich Kohlensäurebläschen, welche die die Seitenflächen des Zahns überziehende Cuticula aufblähen und endlich zerreißen, so dass dieselbe hier stets nur in einzelnen Fetzen isolirbar ist. Gewöhnlich erscheint die mit Schmelz bedeckte Spitze, wenn die Säure sie noch nicht angegriffen hat, von dem noch unverkalkten, stärker lichtbrechendem Dentin wie durch einen Hals abgesetzt, so dass man dann deutlich ihre Ausdehnung erkennt. Die Auflösung des Schmelzes ist niemals von einer Gasbläschenbildung begleitet; in demselben befindet sich also jedenfalls keine erhebliche Menge kohlensauren Kalkes. Gegen verschiedene Säuren zeigt der Schmelz eine verschiedene Resistenzfähigkeit; so fand ich bei mehreren Zähnen, dass concentrirte Salzsäure den Schmelz sehr schnell, conc. Salpetersäure dagegen nur sehr langsam auflöst.

Der Auflösungsprocess des Schmelzes gleicht ganz dem eines Stückchen Zuckers in Wasser. Er nimmt ein löcheriges und schwammiges Aussehen an, indem manche wie aus einzelnen Schuppen bestehende vereinzelte Partien sich schneller auflösen, als andere, und verwandelt sich dann in ein Gerüst durchlöcherter Balken. Schliesslich zerfällt die ganze Masse in einzelne Kügelchen, die immer kleiner werdend allmählig ganz verschwinden. Nicht selten ist dieses Schmelzen mit einer zitternden Bewegung der kleinen Moleküle verbunden, die zumal bei Anwendung saurerer Lösungen so heftig werden kann, dass die Cuticula zerreißt und die kleinen schmelzenden Partikelchen in einzelnen Strömen heraustreten. Bei *Crenilabrus pavo* sah ich deutlich, wie die in senkrecht zur Oberfläche desselben geneigten Säulchen angeordneten Theilchen des Schmelzes auch ganz regelmässig in der Richtung derselben abschmolzen.

Meistens scheint sich der Schmelz bis auf die Cuticula völlig aufzulösen; in einigen Fällen konnte ich jedoch als Residuum desselben noch neben der Cuticula eine feine, häutig-körnige Masse entdecken, die aber, wie der beim Hecht beschriebene Rückstand, auch bei den stärksten Vergrößerungen keine weitere Structur erkennen liess.

Aus dem Zahnsäckchen genommene, noch unentwickelte Zähne zeigten bei Behandlung mit Säuren gleichfalls die beschriebenen Reactionen. Ich kann nicht sagen, ob bei allen unentwickelten Zähnen, die ich untersuchte, der Schmelz schon völlig ausgebildet war; ich bezweifle es jedoch, obwohl es überall, wie auch beim Hecht, Regel zu sein scheint, dass die Schmelzspitze zu allererst von allen Theilen des Zahns sich entwickelt und schon sehr früh völlig ausgebildet ist. Dass der Schmelz verhältnissmässig so schwer von Säuren angegriffen wird, mag

zum Theil darin seinen Grund haben, dass wegen der Unlöslichkeit der wahrscheinlich mit sehr feinen Poren versehenen Cuticula der Säure der Zutritt zum löslichen Schmelz schwerer gemacht ist, als zum Dentin. Denn, wenn auch dieses theilweise von einer Cuticula überzogen ist, so bietet doch die unterste unbedeckte Partie des Zahns und die ganze Oberfläche der Pulpa der Säure zahlreiche directe Angriffspunkte.

f. Das Schmelzorgan und die Entwicklung des Schmelzes.

Dass die Bildung des Schmelzes, von dessen allgemeiner Verbreitung auf den Zähnen der Knochenfische, wir uns, wie ich glaube, hinreichend überzeugt haben, auch von einer eigenthümlichen, von Schleimhautepithel abstammenden Zellschicht, der Schmelzmembran, ausgeht, davon überzeugen uns die Beobachtungen, die ich an mehreren Species unter den vorhin genannten durch Herstellung von Schnittpräparaten gemacht und nehmen uns den letzten Zweifel an der echten Schmelznatur der beschriebenen Substanz.

Bei *Sargus Rondeletii*, *Perca fluviatilis*, *Acerina vulgaris*, *Platessa flesus*, *Salmo fario* finde ich ein Schmelzorgan, das in Bau und Entwicklung vollkommen mit dem bei Cyprinoiden und *Esox* beschriebenen übereinstimmt. Die Fig. 17, 18, 19, 20 Taf. XXVIII zeigen dies auf den ersten Blick. Ich mache deshalb nur auf einige Punkte aufmerksam, welche erstens die verschiedene Ausbildung des Zahnsäckchens und zweitens die Abhängigkeit der gebildeten Schmelzmasse von der Grösse der erzeugenden Zellen betreffen. Vorher muss ich nur noch ein paar Worte über Membranen der Zellen und ihre Kerne sagen.

Seiten- und Deckelmembranen der Schmelzzellen oder besser scharfe Grenzcontouren zwischen den einzelnen Zellen, der Schmelzmembran und der Papille und zwischen ersterer und dem äussern Epithel lassen sich in den meisten Fällen auch bei den zartesten Zellen deutlich nachweisen, nur an den Zellen des Schmelzorgans von *Salmo fario* (Embryo) traten sie selbst bei starker Vergrösserung und scharfer Einstellung an vielen Stellen nur undeutlich hervor; stets deutlich ist jedoch die scharfe Abgrenzung des Schmelzorgans gegen die Papille. Kerne der Zellen lassen sich in den oft äusserst dünnen fadenförmigen Schmelzzellen nicht immer nachweisen. Sehr deutlich finde ich sowohl in den Zellen des äussern Epithels als auch der Schmelzmembran bei *Platessa flesus* (sehr junges Individuum) und *Salmo fario* grosse ovale oder rundliche, häufig doppelt contourirte Kerne mit kleinen Kernkörperchen. — Das äussere Epithel habe ich bei allen genannten Species stets einschichtig gefunden.

Ad I der oben genannten Punkte ist es begreiflich, dass dort, wo

auf den Skelettheilen die äussere weiche Umkleidung (Periost + Mucosa) sehr dünn ist, eine vollkommene Einbettung der Zahnanlage in das Bindegewebe nicht stattfindet. Doch ragt das Schmelzorgan auch hier fast stets noch als Zapfen in das unterliegende Bindegewebe hinein, und findet sich dann auch immer ein äusseres Epithel (Fig. 19 und 20). Diese unvollkommene Ausbildung des Zahnsäckchens findet sich auf Kiemenbögen vorzüglich an den Seiten derselben und bei Embryonen auch an Kiefertheilen etc. Uebrigens kommt es auch vor, dass bei bedeutender Dicke der Mucosa dennoch kein vollständig entwickeltes Zahnsäckchen sich findet. Hierzu geben die Kiemenbögen des Hechtes ein Beispiel. Fig. 17 giebt eine sehr hübsche Vorstellung von der Entwicklung der Ersatzzähne der beiden auf der Firste des Kiemenbogens gegeneinandergeneigten grossen Zähne. Auf der rechten Seite sehen wir die allererste Anlage des Schmelzorgans; auf der linken dasselbe weiter entwickelt und schon von der zelligen Papille eingestülpt.

Mit dieser einzigen Ausnahme ist es mir sonst sehr evident geworden, dass überall das Streben vorhanden ist, soweit es irgend möglich, die Zahnanlage vom Epithel abzuschliessen, wodurch die Zufuhr von Bildungstoffen erleichtert, und das überaus zarte Schmelzorgan möglichst geschützt wird. An den Kiefern von *Platessa flesus* scheint auf den ersten Blick der fast parallel zur Schleimhautoberfläche liegende Zahnkeim an einem grossen Theil seiner äussern Fläche in unmittelbarer Verbindung mit dem Epithel zu sein. Färbt man aber einen dünnen Schnitt mit Anilinblau, welches das Epithel grünlich, Bindegewebsfasern dagegen tief blau tingirt und wegen dieser Eigenschaft zur Erkennung der Grenzen dieser beiden Gewebe sehr erfolgreich angewandt werden kann, so sieht man Folgendes. Auch die äussere Fläche des Zahnkeims bis auf eine kleine untere Partie ist vollständig von einer sehr feinen, tiefblauen Grenze, offenbar Bindegewebe, umgeben. So bald an irgend einer Stelle der bindegewebige Theil der Mucosa an Dicke gewinnt, und die Schmelzzellen bedeutendere Dimensionen haben, tritt stets bis auf einen kleinen zelligen Verbindungsstrang eine völlige Umschliessung der Zahnanlage ein.

Ad Punkt II, so finde ich überall, dass, wo eine relativ grosse Schmelzmasse gebildet wird, die erzeugenden Zellen stets eine bedeutende Länge und sehr ausgeprägte cylindrische oder fadenförmige Gestalt besitzen. An den Kiemenbogenzähnen des Barsches und den kleinen Kieferzähnen des Forellenembryo, die ein sehr minutiöses Schmelzhütchen tragen, übertrifft die Grösse der Schmelzzellen die der Zellen des äussern Epithels nur um ein Geringes, oft um Nichts; dabei sind die Zellen mehr in der Breite entwickelt, oft cubisch. Ist dagegen das

Schmelzhütchen ein sehr grosses, wie an allen Zähnen von *Acerina vulgaris* und den Kieferzähnen von *Platessa*, da können die Schmelzzellen Dimensionen erreichen, die jene der Schmelzzellen bei Cyprinoiden relativ ganz bedeutend übertreffen. S. Fig. 20 und 24 a.

Da, wie erwähnt, der Schmelz durchschnittlich schon sehr früh seine definitive Ausbildung erreicht, so trifft man auf Längsschnitten Zahnkeime, wo Schmelz + Schmelzorgan in der grossen Achse desselben einen viel grössern Raum einnehmen, als die Papille mit ihrem Dentinbeleg. Ja die Dicke des Schmelzorgans kann so gross sein, dass sie der Höhe des Zahns mit fast ausgebildetem Schmelzhütchen vollkommen gleich. (Ich muss hier bemerken, dass man Kiemenbögen und die Kiefertheile kleinerer Fische oft völlig entkalken kann, ohne dass der Schmelz aufgelöst wird. Das Erstere ist der Fall bei den Kiemenbogenzähnen von *Acerina vulgaris* (Fig. 20); das Letztere bei den Kieferzähnen von *Platessa flesus*.)

g. Bildung des Schmelzes.

Ueber die Art der Betheiligung der Schmelzzellen am Aufbau des Schmelzes haben mich die an genannten Fischen gemachten Beobachtungen nicht völlig belehrt. Die Erscheinung, dass die Schmelzzellen, wenn der Schmelz schon theilweise gebildet war, in der Richtung der grössten Dimension des letztern, also an der Spitze verkürzt erscheinen, finde ich ganz wie beim Hecht auch an den meisten, aber keineswegs allen Zahnkeimen von *Platessa flesus*, bei einigen von *Salmo fario*; aber keine Spur davon beim Barsch und *Acerina*.

An mehreren Schnitten, wo der Schmelz aufgelöst ist, hat sich die sehr starke Cuticula erhalten und die Form der Schmelzspitze bewahrt. Die Schmelzzellen liegen ihr aber in diesem Falle nicht unmittelbar an, sondern es bleibt meist ein grösserer Raum zwischen ihnen und der Cuticula frei; sie haben dabei auch öfter eine selbständige, sehr scharf gezeichnete Begrenzung. Nach unten jedoch, wo die Schmelzzellen dem Zahn enger anliegen, vereinigt sich die Cuticula mit der äussern Begrenzung der Schmelzzellen zu einem einzigen Häutchen. Diese Erscheinung scheint mir darauf hinzudeuten, dass, wie ich schon bei den Cyprinoiden erwähnte, nicht Alles als Deckelmembranen der Schmelzzellen aufgefasst werden kann, was wir von der Oberfläche eines noch im Säckchen befindlichen Zahnes isoliren können.

An einem Zahnkeim des Zwischenkiefers von *Acerina*, wo ebenfalls der Schmelz aufgelöst ist, zeigte die Schmelzmembran an ihrer freien Fläche einen sehr dicken Cuticularsaum mit einer feinen senkrechten Streifung (Poren?).

II. Dentin.

a. Bau.

Ueber den das Schmelzhütchen tragenden kegelförmigen Aufsatz des Zahnes vergl. oben. Bei einigen Fischen, z. B. *Salmo fario*, ist der Zahn unterhalb desselben kolbig aufgetrieben.

Die meisten Zähne, die ich untersuchte, lassen hinsichtlich ihrer Structur sich zwar in die oben wiedergegebenen Kategorien OWEN'S einreihen; allein die eigenthümliche Structur und Entwicklung des Hechtzahns, sowie die ähnliche zahlreicher anderer, selbst solcher Zähne, die nur einen einzigen grossen Pulparaum besitzen, verbietet, wie wir sehen werden, eine solche einfache Einreihung, wenn auch unsere Kenntnisse über den Bau und die Entwicklung des Bindegewebes noch zu gering sind, um eine neue, werthvollere Eintheilung, wie aller verkalkten Formen des Bindegewebes, so auch der Zähne speciell zu geben.

Fast alle Zähne der von mir¹⁾ untersuchten Fischarten sind mehr oder minder beweglich auf dem unterliegenden Knochen; alle ohne Ausnahme auf jüngern Stadien völlig frei. Die Verbindung, die zugleich eine Beweglichkeit ermöglicht, wird, ähnlich wie beim Hecht, hergestellt durch Bindegewebsfasern, welche sowohl in die Substanz des Zahnes, als auch die des Knochens continuirlich übergehen. Die spätere Unbeweglichkeit des Zahns auf dem Knochen, die bei manchen Fischen eintritt, wird wohl meistens auf dieselbe Weise erzielt, wie bei *Esox*, durch einfaches Verkalken der Fasern. Elastische Elemente kommen bei manchen Zähnen ebenfalls im Innern derselben vor; nicht selten ist das untere Ende des auf einem cylindrischen, hohlen Knochenfortsatz befestigten Zahnes unten zugespitzt und in die Höhle des Knochenfortsatzes eingesenkt; es entsteht so ein echtes Gelenk zwischen Zahn und Knochen (cf. Fig. 31 Taf. XXIX).

Sämmtliche Zähne nun¹⁾, die diese Faserverbindung mit dem Knochen zu irgend einer Zeit ihres Lebens besitzen, zeigen in jüngern Stadien ihrer Entwicklung, wie der erste Blick auf einen aus seinem Säckchen genommenen Zahnkeim beweist, dieselbe Erscheinung, die wir beim Hecht beobachteten, nämlich eine directe Bethheiligung der Fortsetzungen dieser Bindegewebsfasern an dem Aufbau des Dentins, indem

1) Nur bei den Cyprinoiden scheint eine solche Faserverbindung zu keiner Zeit vorzukommen. Gleichwohl fehlen Andeutungen einer solchen nicht, wie die längsgestreifte Knochensubstanz der Wurzel auf der rechten Seite der Fig. 3 beweist.

ich durch innige Aneinanderlagerung derselben die Zahnmasse zusammensetzt. Dass der Zahn auf diese Weise gebildet worden, davon sieht man allerdings bei ausgebildeten Zähnen mancher Fische Nichts mehr; allein bei der grossen Mehrzahl der von mir untersuchten Fischzähne weist schon ein dem ausgebildeten Zahn eigenthümliches, ganz oberflächliches Structurverhältniss deutlich darauf hin. Die Oberfläche des Dentins zeigt nämlich eine verschiedengradig feine Cannelirung, die sich manchmal bis zur Spitze, meist nur bis zur Mitte des Zahns erstreckt und nach oben allmählig verschwindet. Dass es sich hier wirklich um eine Abwechslung parallel neben einander hinlaufender sehr feiner Riefen und Rillen handelt, und dass auch die den Zahn überkleidende Cuticula diesen Unebenheiten sich anschmiegt, lehrt uns die einfache Erscheinung, dass beim Einschluss des intacten Zahnes in dickes Glycerin die Luft sich ebenso wie in den Pulparäumen und den Poren des Schmelzes so auch in den feinen Rillen der Oberfläche des Zahns fängt, und die letztere bei auffallendem Lichte das Bild ziemlich parallel verlaufender, abwechselnd weisser und schwarzer Linien zeigt (s. Fig. 45 A). Die erhabenen Riefen dieser Cannelirung setzen sich nun stets continuirlich in die Verbindungsfasern fort, und sehr oft erscheint beim Uebergang der Fasern in den Knochen die Cannelirung an diesen wieder (Kieferzähne von *Cottus scorpius* Fig. 46 B). Die Rillen und Riefen sind übrigens durchaus nicht immer parallel; sie können sich öfter verästeln und wieder anastomosiren. Dass sie nicht etwa blos der Cuticula angehören, sondern wirklich dem Dentin, beweist ihre Persistenz am entkalkten Zahn. Während viele mit solcher Cannelirung versehenen Zähne einen faserigen Bau des Dentins nur in den oberflächlichen Schichten am entwickelten Zahn erkennen lassen, bestehen andere aus zu jeder Zeit isolirbaren und die ganze Dentinmasse zusammensetzenden Fasern. Sprengt man zum Beispiel von dem intacten Zahn eines Chaetodonten ein Stückchen ab, so sieht man sofort, dass der Zahn in seiner ganzen Masse aus feinen, dicht aneinanderliegenden, verkalkten, mehr oder weniger der Längsachse desselben parallel laufenden Fäserchen besteht. Entkalkt man einen solchen Zahn, so kann man vom Dentin eine nach der andern, aus mit der Nadel isolirbaren Fasern zusammengesetzte, Lage abtragen.

Sehr viele derjenigen Zähne, welche zu irgend einer Zeit ihrer Entwicklung mit dem Knochen durch Fasern verbunden waren, zeigen einen mehr oder minder grossen Theil ihrer Masse sehr dicht, nur von höchst feinen Zahnkanälchen durchzogen oder völlig homogen und glänzend (Vitrodentine Owen). Diese unterschiedene Masse befindet sich stets in den äussern Partien des Zahns und verliert allmählig nach innen

zu ihren specifischen Character, so dass dadurch, wie z. B. beim Hecht, die Erscheinung hervorgerufen wird, als bekleide den Zahn eine homogene oder feinstreifige, sehr stark lichtbrechende Schmelzlage. In der That ist das Vitrodentin auch von vielen Forschern als Schmelz beschrieben worden (cf. das oben über die äusserste dünne Dentinlage der Cyprinoidenzähne Gesagte). Bei kleinern Zähnen mit einfacher Pulpahöhle nimmt das Vitrodentin eine relativ weit grössere Ausdehnung an, so dass die Zähne oft bis auf einen Büschel Zahnkanälchen an der Spitze vollkommen homogen erscheinen. Jede Andeutung von Zahnkanälchen vermisse ich bei den kleinen Zähnchen auf den Kiemenbögen vieler Fische, die ich wegen der Befestigung durch Fasern ihrer Structur und Entwicklung nach den Zähnen des Hechtes und verwandten zurechne. An den im intacten Zustand völlig homogen erscheinenden Kiemenbogenzähnen von *Gunnellus vulgaris* bemerkt man nach der Eralkung derselben eine schwache, aus parallelen, abwechselnd hellen und dunklen Linien bestehende Längsstreifung; vielleicht deutet dies auf eine Zusammensetzung des Zahnes aus feinen Fasern hin.

Pulpahöhle; Zahnkanälchen; Contourlinien.

Hierüber habe ich keine ausgedehnteren Untersuchungen gemacht und muss mich mit der Anführung einiger interessanter und theilweise sehr beachtenswerther Einzelheiten begnügen.

Während in vielen Zähnen der Pulparaum durch ein Netzwerk von kleinen haversischen Kanälchen oder besser Maschenräumen des Bindegewebes vergleichbaren Hohlräumen gebildet wird (*Esox*, *Sphyaena*, *Labrax*), finden wir bei andern in der untern Partie des Zahns bereits eine grössere Pulpahöhle. Diese kann allmählig sich so ausdehnen, dass die Ueberreste des Kanalnetzwerkes nur noch als einzelne schlingenförmige oder blindgeschlossene enge Kanäle, von der Pulpa ausgehend, erscheinen. Wir erhalten so eine der interessantesten Formen der Pulpa, die bei Fischen vorkommt. Die Kieferzähne von *Ephippus faber* (Fig. 45) zeigen dieselbe sehr schön ausgebildet. Die Reduction dieser Pulpaausläufer kann aber noch weiter gehen, so dass schliesslich ausser einem von der Spitze der Pulpa in die Spitze des Zahns laufenden, engen Kanal nur noch allseitig blind geschlossene, mit der Pulpa in keiner Verbindung mehr stehende Hohlräume von der verschiedensten Form sich im Zahnbein vorfinden; sie unterscheiden sich im rudimentärsten Zustand durchaus nicht von den kleinen, im festesten Dentin vorkommenden Höhlungen, die ich bei Cyprinoidenzähnen beschrieben und als verschmolzene Zahnkanälchen oder Knochenkörperchen betrachtete. Dergleichen Höhlungen finde ich immer mit einer körnigen Masse erfüllt.

Der Verlauf der Zahnkanälchen, der nur in den Zähnen, die einzig aus echtem Dentin bestehen, eine in die Augen fallende Regelmässigkeit zeigt und jedenfalls stets in gesetzmässigem Zusammenhang mit der Stärke und der Richtung des Druckes steht, dem der Zahn und das ihn tragende Skeletstück ausgesetzt sind, ist bei den einzelnen Zähnen sehr verschieden. In seinen allgemeinen Zügen schliesst sich derselbe überall dem bei den Cyprinoidenzähnen beschriebenen an. An der Basis des Zahnes verlaufen die Kanälchen am unregelmässigsten, in den verschiedensten Abständen von einander und mit verschieden starken Biegungen und Schlängelungen; sehr oft, besonders bei kleinern Zähnen, die Peripherie des Zahnes nicht erreichend. Nach oben zu wird die Verlaufsrichtung mehr senkrecht gegen die Oberfläche des Zahns, das Verhalten aller Kanälchen mehr gleichartig, und an der Spitze finden wir stets die Kanälchen mit leichter Divergenz, zahlreihen, aber sehr feinen Schlängelungen und zarten Queranastomosen von dem Pulpaende büschelförmig ausstrahlen. Andeutungen von Schlingen der Zahnkanälchen in der Mitte des Zahns beobachtete ich an den Kieferzähnen von *Anguilla vulgaris*. Untrüglich überzeugt habe ich mich von dem Vorhandensein zierlicher Schlingen der Kanälchen an den Zähnen der oberen Schlundknochen von *Arius papillosus*. Im mittleren Theil des Zahns finden sich hier nur in unmittelbarer Umgebung der Pulpa Kanälchen; der grösste Theil des Dentins ist völlig ohne Hohlräume. Da die Kanälchen von der Pulpa in weiten Abständen und nach den verschiedensten Richtungen geschwungen abgehen, so gewähren sie einen überaus zierlichen Anblick. Einige der Kanälchen scheinen allmählig blind zu endigen; andere biegen deutlich in einem meist flachen Bogen um und münden an einer entferntern Stelle wieder in die Pulpa ein. Diese letztere Stelle kann von dem Ausgangspunct des Zahnkanälchens so weit entfernt sein, dass zwischen beiden mehrere andere Kanälchen ihren Ursprung nehmen. Die eine Schlinge kann über oder unter der andern verlaufen, wie ein halber Tonnenreif, der über einen andern kreuzweise hinübergespannt ist. Auch scheint es vorzukommen, dass eine Schlinge durch die andere hindurchgeht. Wahrscheinlich bilden auch die scheinbar blind endigenden Kanälchen Schlingen.

Hohlräume ganz anderer Art, wie die besprochenen, sind die sog. Interglobularräume. Die Natur derselben und die Art ihrer Entstehung habe ich schon in dem Abschnitt über den Kauapparat der Cyprinoiden besprochen. Die Erkennung derselben und ihre Unterscheidung von sonstigen kleinen Hohlräumen im Zahnbein der Fische ist sehr schwierig und oft geradezu unmöglich, weil die charakteristische Begrenzung durch halbkugelförmige Vorsprünge wegen der Kleinheit derselben

ganz unkenntlich wird. Für einen sehr grossen Interglobularraum halte ich einen oberhalb der Spitze der Pulpa im Dentin der Kieferzähne des Aals liegenden Hohlraum, der nach oben durch eine convexe, nach unten durch eine concave Linie begrenzt wird. Die in einem Büschel von der Pulpaspitze auslaufenden Zahnkanälchen scheinen ihn theilweise zu durchsetzen, an seiner obern Grenze gehen sie in ihrer alten Richtung bis zur Oberfläche des Dentins weiter. Der Raum ist mit einer körnigen Masse erfüllt. Für Interglobularräume halte ich ferner auch eigenthümlich regelmässige Linien im Zahnbein mancher Fische, insbesondere der Kieferzähne von *Cottus scorpius* (Fig. 46 Taf. XXVIII) und *Gunnellus vulgaris* (Fig. 23 Taf. XXIX), die dem Zahn ein sehr sonderbares Ansehn geben. Diese Zähne zeigen in Zusammenhang mit diesen Linien oder besser Streifen noch eine andere interessante Erscheinung. Die Pulpa derselben scheint nämlich aus zwei differenten Theilen zusammengesetzt, einem äussern fein körnigen (*a*) und einem von diesem bis unten hin umhüllten und in die Markhöhle des unterliegenden Knochens sich fortsetzenden, gelben, fetthaltigen Theil (*b*). Bei den Zähnen von *Cottus scorpius* verlängert sich der feinkörnige Theil bis weit in die Spitze des Zahns hinein, und von seinem äussersten Ende geht ein kleines Büschel feiner Zahnkanälchen aus. Das Dentin bei diesen Zähnen hat nun etwa folgenden Bau. Eine äussere Mantelschicht, die etwas unter der Basis des Schmelzhütchens ausläuft, erscheint ohne Zahnkanälchen, oben undeutlich, nach unten deutlicher in ganzer Masse aus Fasern, die in die weichen Verbindungsfasern übergehen, bestehend und mit feiner Längscannelirung auf der äussern Fläche; nach unten nimmt die Dicke dieses Mantels zu, der im Uebrigen durch sein starkes Lichtbrechungsvermögen dem Vitrodentin des Hechtzahns völlig gleicht. Die innere Masse des Dentins hat die Gestalt einer Düte, deren Spitze die Spitze des kegelförmigen Aufsatzes ist, die rings vom homogenen Dentinmantel umgeben, und deren Inneres mit den beiden verschiedenen Pulpatheilen erfüllt ist. Betrachtet man den Zahn nun im intacten Zustande bei durchfallendem Licht, so zeigt sich die im optischen Längsschnitt als Gabel erscheinende Düte wiederum zusammengesetzt gleichsam aus lauter einzelnen, homogenen, aus verkalkter Masse bestehenden und mit stark umgebogener Krempe versehenen Hüten, die übereinandergestülpt in der Mitte von der Pulpa durchbohrt sind. Diese Hüte, die somit im optischen Längsschnitt, in welcher Ebene derselbe auch geführt sein mag, stets das in Fig. 46 A wieder-gegebene Bild bieten, sind von einander getrennt durch die erwähnten, feinkörnigen Lagen, die in ihrer Structur der feinkörnigen Masse des obern Pulpatheils vollkommen gleichen und mit dieser in directer Ver-

bindung stehen. Die compacte Spitze der Dütte besteht aus undurchbohrten, in der Mitte sehr flachen Hüten, deren Grenzen aber allmählig verschwinden. Bei *Gunnellus vulgaris* sind die Verhältnisse im Allgemeinen ganz so wie bei *Cottus scorpius*, nur fehlt hier der äussere homogene Dentinmantel, und die ganze Masse des Zahns ist aus übereinandergestülpten, homogenen Hüten zusammengesetzt. Hier wird es jedoch deutlich, dass der sog. körnige Theil der Pulpa nicht dieser, sondern der Zahnmasse selbst angehört. Unten nämlich, wo derselbe endet, biegt er nach aussen um und setzt sich den übrigen körnigen Zwischenlagen fast parallel, schräg aufsteigend, bis zum Rande des Zahns fort. Dadurch wird die untere Zahnmasse, die deutlich aus Fasern zusammengesetzt ist, continuirlich in die weiche faserige Verbindungsmasse mit dem Knochen übergeht und eine weiche Consistenz zu besitzen scheint, von der übrigen Dentinmasse und diese von der Pulpa durch eine continuirliche Lage körniger Masse getrennt.

Vergleicht man die beschriebenen Bildungen im optischen Längsschnitt mit dem Fig. 40 von einem Zahnkeim von *Tinca vulgaris* dargestellten Verkalkungsband, so wird man, wenn man sich an das oben Gesagte erinnert, den Schluss gerechtfertigt finden, dass jene körnigen Massen höchst wahrscheinlich aus Interglobularsubstanz bestehen.

b. Entwicklung.

Die kleinen Zellen, die die Zahnpapille auf ihren jüngsten Stadien ausschliesslich zusammensetzen, zeigen nicht die geringste Aehnlichkeit mit den zu dieser Zeit schon deutlich cylindrischen und regelmässig geordneten Schmelzzellen (Fig. 17, 18, 19, 20), sie gleichen im Gegentheil, besonders was die Reaction gegen Färbemittel betrifft, den in der Nähe liegenden gewöhnlichen Bindegewebszellen vollständig. Bald nehmen sie jedoch andere Eigenschaften an. Zunächst concentriren sie sich zu einem gegen das unterliegende Bindegewebe meist durch eine nach unten convexe Bogenlinie (Fig. 18) scharf abgeschlossenen Häufchen, das sich vergrössernd, nach Bildung der ersten, zarten Dentinscherbe bei den Keimen der meist kleinen von mir untersuchten Zähne eine sehr regelmässige Anordnung seiner Zellen zeigt. Dieselben werden, während sie im obersten Theil der Papille einfach rund sind, nach unten zu länglich und laufen meistens von der Achse der Papille aus in der Richtung nach oben gegen die innere Fläche des Dentins radienartig auseinander (Fig. 20). Dabei kann in der Achse der Papille im untern Theil derselben ein meist von faserartigen Gebilden erfüllter Raum übrig bleiben. Sehr interessant zu beachten ist (sehr deutlich an den Zähnen des Forellenembryo), dass von dem homogenen Dentin aus zwischen die

schräg nach oben gerichteten und etwas bogenförmig gekrümmten Zellen feine homogene Fasern sich hinein erstrecken, die Begrenzung der einzelnen Zellen bildend, und dass eigentlich die ganze Masse des schon gebildeten Dentinkäppchens an den Seiten der Papille aus solchen zu einer homogenen Masse fest verkitteten Fasern zusammengesetzt ist.

Auf diesem Stadium der regelmässigen Anordnung der länglichen, oft cylindrisch fadenförmigen Pulpazellen gleichen dieselben oft im höchsten Grade den Schmelzzellen, besonders an den Präparaten, die ich mit Anilinblau gefärbt habe. Diese Tinktur färbt die Pulpazellen (Odontoblasten) ebenso grünlich, wie die Schmelz- und gewöhnlichen Epithelzellen. Dazu kommt häufig der Umstand, dass die Masse der Pulpazellen, wie schon erwähnt, durch eine ziemlich scharfe, nach unten convexe Grenze von gewöhnlichem Bindegewebe getrennt ist (Fig. 20), und dass diese Grenze in die Wand des Zahnsäckchens übergeht. In einem solchen Falle muss man auf den ersten Blick beinahe nothwendig dazu kommen, das halbvollendete Zähnchen, das unten ganz fein ausläuft, als in einer reinen Epithelzellenmasse gebildet aufzufassen. Bei näherem Studium sieht man jedoch das Irrthümliche dieser Auffassung bald ein. Vortreffliche Dienste leistet hier wieder das Anilinblau. Von ihm ist das Dentinscherbchen tief blau gefärbt, und man sieht bei scharfer Einstellung fast stets, wie eine feine, blau gefärbte, vom Ende des Dentinscherbchens als dessen continuirliche Fortsetzung ausgehende und in die innerste Contour des Zahnsäckchens umbiegende Linie Schmelz- und Epithelzellen in jedem Stadium der Zahnentwicklung von den bindegewebigen Elementen auf's Schärfste trennt.

Auf einem mehr fortgeschrittenen Stadium der Entwicklung des Dentins verschwindet die regelmässige Anordnung der Pulpazellen wieder; in der Spitze des Pulparaumes ist in den kleinern Zähnen meist nur noch eine körnige Masse zu erkennen, nach unten dagegen bis zum Hautknochen, der die Unterlage des Zahns bilden soll, bis in die Höhlung desselben hinein lagern sich die langausgezogenen Zellen in der Richtung, die später die Zahn und Knochen verbindenden Fasern einschlagen.

III.

Lage und Befestigung der Zähne.

Lage und Befestigung der Fischzähne sind von OWEN u. A. schon sehr genau und vortrefflich beschrieben worden; was letztere anbetrifft so habe ich das für unsere Zwecke Wichtigste, die Befestigung durch

Fasern, bereits im Vorhergehenden behandelt. Es erübrigt deshalb nur noch, einige Worte über Hautknochen, Stellung der kleinen Zähne auf den Kiemenbögen und das Verhältniss zu sprechen, in welchem besonders die kleinen Zähne zu den Papillen der Schleimhaut stehen.

Ich habe keinen Fischzahn vor Augen bekommen, der direct dem Skeletknochen angewachsen gewesen wäre; alle Zähne stehen zunächst in Verbindung mit intermembranös entstandenen Hautknochen und erst durch deren Vermittlung können sie einem Skeletknochen fest verbunden werden. Dieses Verhalten berechtigt uns zu dem Ausspruche, dass die Zähne der Fische morphologisch als an der Oberfläche der Schleimhaut meist frei zu Tage tretende und meist konisch geformte Theile von Hautknochen zu betrachten sind.

Die Anordnung der Zähne auf den Kiemenbögen der Fische ist deshalb von Interesse, weil dieselben hier in den meisten Fällen nicht mehr die Function von Zermahlen oder Festhalten der Beute haben, sondern dazu verwendet werden, beim Durchtritt des durch den Mund eingeschluckten Wassers durch die Kiemenpalten das Fortspülen fester Nahrungstoffe zu verhindern. Dieser Zweck wird im Allgemeinen durch folgende Finrichtungen erreicht.

Jeder Kiemenbogen trägt zu beiden Seiten des ihn durchziehenden Skeletknochens in bestimmten Entfernungen von einander stehende Hautknochenmassen. Dieselben haben mit Ausnahme des ersten Bogens an allen Stellen der Kiemenbögen einer Species die gleiche Form und Ausdehnung und sind an den beiden seitlichen Flächen eines und desselben Kiemenbogens so angeordnet, dass ein Hautknochen der einen Seite genau zwischen zweien der anderen Seite liegt. Dabei entsprechen sich in ihrer Lage stets sämtliche Hautknochen der äussern Seite aller Kiemenbögen und anderseits sämtliche der innern Seite aller Kiemenbögen. Werden nun die Kiemenbögen durch ihre Muskulatur aneinandergelegt, so fassen die einzelnen Hautknochen wie Zähne in einander. Nur die Hautknochen der äussern Seite des ersteren Kiemenbogens betheiligen sich natürlich hieran nicht; sie zeichnen sich bei allen Fischen vor den übrigen Hautknochen des Kiemenapparats durch ihre bedeutende Grösse und meist in die Länge gezogene Gestalt aus. Durch das Ineinandergreifen der Hautknochen wird nun aber die Kiemenpalte nicht völlig geschlossen; es bleiben zwischen den einzelnen Hautknochen noch grössere oder kleinere Lücken, und diese werden nun von den ausschliesslich auf jenen Hautknochen vorkommenden kleinen Zahnchen, die meist sehr regelmässige Anordnung zeigen, überlagert und zu äusserst feinen Sieben umgeschaffen. Die Hautknochen, die an den Kiemenbögen stets in der be-

schriebenen Anordnung, sonst aber in unendlich mannigfaltiger Form auftreten, finden wir auch beständig an den übrigen Bögen des Visceralapparats, jedoch meistens zu einer einzigen Hautknochenmasse verschmolzen. Diese kann wieder sehr innig mit dem Skeletknochen verwachsen; dass die Schlundknochen der Cyprinoiden als die mit den zahntragenden Hautknochen verschmolzenen Skeletknochen aufgefasst werden müssen, haben wir schon oben auseinandergesetzt.

An diesen kleinen Zähnen der Kiemenbögen insbesondere tritt es aufs Deutlichste hervor, dass die Zähne nur umgewandelte Papillen der Schleimhaut sind. Viele dieser kleinen Gebilde nämlich ragen mit ihrer Spitze gar nicht aus dem Epithel hervor oder doch nur sehr wenig und sind dann sowohl ihrer Stellung nach als in ihrem Verhältniss zum umgebenden Epithel vollkommen den weichen Bindegewebspapillen gleich. Wie die der Papille zunächst liegenden Epithelzellen von den übrigen durch längliche Form unterschieden sind, so auch die den Zahn begrenzenden Zellen (Fig. 17 und 18). Beim Barsch (Fig. 18) haben sowohl die den Zahn als die die Papillen begrenzenden Zellen an den Kiemenbögen eine sehr ausgesprochene cylindrische Form. Fig. 24, welche einen horizontalen Längsschnitt durch die Mucosa des Zwischenkiefers von *Acerina vulgaris* vorstellt, giebt uns ein anschauliches Bild der Lagerungsverhältnisse der kleinen Zähnchen. Die Papillen der Schleimhaut hängen hier, wie ihr Querschnitt zeigt, seitlich mit einander zusammen. In der Mitte ihrer von Epithel erfüllten Zwischenräume erheben sich die verknöcherten Papillen, die Zähne; die Zellen, sowohl die, welche dem Zahn anliegen, als die, welche an das weiche Bindegewebe grenzen, haben eine länglichere Form, als die in der Mitte zwischen Zahn und Papille gelegenen. Ganz unten (a) sehen wir noch den Querschnitt eines jungen Zahnes mit deutlichen Schmelzzellen und äusserm Epithel. Ein Vergleich desselben mit den Querschnitten der ausgebildeten Zähne ist sehr lehrreich. Wir sehen nämlich an ihm von den zahlreichen Zellen, die zwischen der Oberfläche eines ausgebildeten Zahnes und einer weichen Bindegewebspapille liegen, nur die beiden, der verkalkten und der weichen Papille unmittelbar anlagernden und aus durch ihre längliche Form ausgezeichneten Zellen zusammengesetzten Lagen. Dieser Unterschied ist ganz derselbe, welcher uns entgegnetritt, wenn wir eine weiche Bindegewebspapille und eine erhärtete auf den ersten Stadien ihrer Erhebung aus der Fläche des übrigen Bindegewebes vergleichen. Im Anfang sind beide einander völlig gleich; während aber die kleine Erhebung, die zu einer weichen Papille werden soll, von den übrigen gewöhnlichen Bindegewebspapillen stets durch eine Zellmasse getrennt ist, die aus zwei besondern dem Bindegewebe

unmittelbar anliegenden Lagen länglicher und dazwischen aus runden Zellen besteht, tritt in der Umgebung derjenigen kleinen Erhebung, die den Dentinkeim vorstellt, ein Streben ein, die übrigen Papillen des Bindegewebes diesem jungen Keim zu nähern und die mittlere Masse rundlicher Zellen zu verdrängen, um auf ihre Kosten den jetzt nur noch übrigen zwei Zellschichten eine ganz exquisite Entwicklung zu geben und zwar zum Zweck der Erzeugung des Schmelzes. Ist dieser Zweck erreicht, so tritt gerade das Entgegengesetzte ein; das Bindegewebe wird wieder vom Zahn abgedrängt und, während derselbe das überliegende Epithel durchbohrt, drängen sich jetzt zwischen Schmelzmembran und äusseres Epithel wieder rundliche Zellen ein, die Elemente jener beiden Schichten verlieren ihre charakteristische Ausbildung zum Theil, der ursprüngliche Zustand ist wieder hergestellt. Die Zellen, welche dann den im Epithel steckenden Zahn begrenzen, sind an den untern Partien desselben Nichts als reducirt Schmelzzellen.

IV.

Die Entwicklung der Tritonenzähne.

Untersucht habe ich die Zähne im intacten Zustande von lebenden und in Spiritus conservirten, ausgewachsenen Exemplaren von Triton taeniatus, von Larven derselben Species und des Triton cristatus. Die Entwicklung der Zähne studirte ich an Schnitten durch die Kiefer und den Vomer von Larven und ausgewachsenen Thieren von Triton taeniatus.

A. Ausgebildete Zähne.

Wie LEYDIG¹⁰ richtig von Salamandra maculosa abbildet, sitzt auch bei Triton, wenn das Thier ausgewachsen ist, jeder Zahn an den Kiefern auf einem cylindrischen Knochenfortsatz. An allen zahntragenden Theilen von Larven jedoch, sowie am Vomer ausgewachsener Exemplare sind die Zähne einem ringförmigen Wulst des dünnen Skeletknochens aufgewachsen. Alle Zähne sind bis auf die äusserste Spitze vom Epithel umhüllt; bei Betrachtung eines Kieferstückchens von oben bei durchfallendem Licht sieht man, dass die zunächst den Zahn umgebenden Epithelzellen, in einem Kranze, der stets nur eine Zelle breit ist, angeordnet, vor den übrigen Epithelzellen ausgezeichnet sind. Auf Längsschnitten bemerkt man, dass die Begrenzungsstellen nach oben etwas zugeschärft und der Spitze des Zahns eng anliegend etwas über das übrige Epithel hervorragend. Ganz ebenso wie bei

kleinen Fischzähnen bildet hier das Epithel eine innen vollkommen glatte Scheide um den Zahn. Die relativ sehr grosse Pulpa des Zahnes ist von grossen Zellen erfüllt, welche grosse, runde Kerne besitzen. Die innere Oberfläche des Dentins ist sehr unregelmässig von kugeligen oder eckig vorspringenden Dentinstückchen gebildet; zwischen diesen, oft wie völlig abgetrennt in der Pulpa liegenden Stückchen (s. Fig. 22) nehmen die sich zahlreich verästelnden Zahnkanälchen ihren Anfang. Der Zahn läuft in ein oder zwei Spitzen aus, welche eine gelbliche Färbung besitzen, völlig homogen erscheinen und ziemlich scharf durch eine Contour vom übrigen Zahn abgesetzt sind. In der Achse des Zahns scheinen einige Zahnkanälchen deutlich in die gelbe Spitze einzudringen. Behandelt man nun einen vollkommen intacten Zahn mit c. 45% Salzsäurelösung, so wird zunächst der ganze Zahn mit Ausnahme der Spitze entkalkt; die letztere wird erst nach der völligen Entkalkung des untern Theils von der Säure angegriffen, zunächst jedoch nur entfärbt; ihre Form bleibt vollständig erhalten, nur erscheint sie schärfer abgesetzt, und man sieht, wie die Ränder der Spitze deutlich übergreifen. Spült man das Zahnchen in diesem Zustande mit Wasser ab und färbt es darauf mit Anilinblau, so bleibt die Spitze völlig ungefärbt, der übrige Zahn wird dagegen intensiv blau. Dann sieht man von der Grenzlinie zwischen Zahn und Spitze als Basis einen kleinen, konischen Fortsatz in die Mitte der Spitze hinein sich erheben; dieser ist ebenfalls tief blau gefärbt und enthält sämtliche Zahnkanälchen, die bei Betrachtung des intacten Zahnes in die gelbe Spitze einzudringen scheinen; der ungefärbte Theil des Zahns enthält nicht die geringste Spur von Zahnkanälchen. Setzt man jetzt wieder Säure und zwar concentrirte Salzsäure zu, so löst sich letzterer fast vollkommen auf; wir erhalten als Rest des Zahnes eine mit einem kegelförmigen Aufsatz versehene Dentinmasse, an deren Oberfläche, als Fortsetzung eines häutigen, feinen Rückstandes des Schmelzes, eine Cuticula in einzelnen Fetzen hängt.

Es bedarf wohl keines weitern Beweises, uns von der Existenz eines Schmelzes an Tritonenzähnen zu überzeugen, der dem an kleinen Fischzähnen völlig gleicht. LEYDIG, der in seiner Arbeit über Schlangenzähne Fig. 44 die gelbe Spitze des Schlangenzahnes deutlich geschieden abbildet und sich über ihre besondern Eigenschaften vielfach ausspricht, würde dieselbe nie für Dentin halten können, wenn er bei ihrer Untersuchung hinreichend starke Säurelösungen angewandt hätte; wie ihm, ist es vielleicht Manchem gegangen, der bei Tritonenzähnen Schmelz gesucht, aber nicht gefunden hat.

B. Entwicklung des Zahns.

Der Schmelz der Tritonenzähne wird ebenso wie bei den Fischen von einem Schmelzorgan gebildet. Die Auffindung desselben bereitete mir jedoch viel mehr Schwierigkeit, als irgendwo anders, und es ist mir erst nach Anfertigung ganz besonders gelungener Präparate geglückt, die Existenz desselben zweifelsohne nachzuweisen. Dabei sind mir aber manche auch an sehr dünnen und sehr durchsichtigen Schnitten gesehene Bilder zum Theil noch jetzt unerklärlich. Seine hauptsächliche Ursache hat dies wohl darin, dass Schnitte durch die entkalkten und gehärteten Kiefer erwachsener Thiere nur sehr schlecht gelungen sind und wohl Einzelheiten offenbaren, jedoch keine überzeugenden Bilder liefern. Die beweisenden Präparate habe ich durch Anfertigung von Schnitten durch in Alkohol gehärtete und carminisirte Larven erhalten. Dieselben haben aber den Uebelstand, dass hier sämtliche Gewebe noch in einem embryonalen Zustande sind, mithin auch die Unterscheidung von Bindegewebszellen und Epithelzellen, die in der ersten Anlage des Zahns so innig aneinanderliegen, im höchsten Grade erschwert, ja oft geradezu unmöglich wird. Das letztere tritt dann (und zwar sehr häufig) ein, wenn an den Zellen beider Gewebe, die oft fast ganz von ihren grossen Kernen ausgefüllt werden, die Grenzcontouren bei enger Aneinanderlagerung derselben nicht erkennbar sind und, während das Protoplasma der Zellen sich gar nicht färbt, die Kerne derselben in beiden Gewebsarten denselben Tinctionsgrad erlangen.

Untersucht man das die Zähne erwachsener Thiere umgebende Zahnfleisch in völlig frischem Zustande, so gelingt es durch Zerzupfen sehr leicht einzelne Zahnkeime zu isoliren. Dieselben stellen Haufen grosskerniger, undeutlich abgegrenzter Zellen vor, in denen ein mittlerer, spaltenförmiger Hohlraum von einem Dentinscherbchen ausgefüllt wird. Wenden wir keine andere Untersuchungsmethoden an, so muss uns das Bild, welches sich uns hier bietet und das in der That der Abbildung, die LEYDIG¹⁰ giebt, völlig gleicht, zu entschiedenem Anhängern der Hypothese des genannten Forschers machen. Ausser diesen Keimen finden wir noch eine Menge kleiner, meist gelblicher Spitzen isolirt im Gewebe umhergestreut.

Schnitte durch erhärtete Kiefer belehren uns zunächst über die Lage der Zellhäufchen mit ihrem Dentinkern. Dieselben liegen stets im Bindegewebe, wenigstens mit ihrer grössern untern Hälfte (nie völlig im Epithel selbst, wie LEYDIG will) und zwar in der Nähe der Basis eines alten Zahns allein oder mehrere neben einander. An car-

minisirten Präparaten haben die Zellhaufen in den meisten Fällen folgendes Aussehen. Ein Ballen stark purpurroth gefärbter, homogener Kerne liegt völlig abgeschlossen im Gewebe; Zellgrenzen treten nur dann einigermaßen deutlich hervor, wenn man den Tubus auf die äussere Oberfläche des Ballens einstellt; sie begrenzen sich sechsseitig. In diesem Ballen ist nun entweder noch keine Spur von Dentin zu entdecken, wobei manchmal eine, ziemlich die Mitte einnehmende, grössere Zelle in die Augen fällt, oder es liegen in seinem Innern Dentinkäppchen von verschiedener Grösse, ebenfalls roth gefärbt und in der Spitze ihres Hohlraums immer nur eine einzige grössere Zelle bergend. Eine Verbindung dieser Kerne mit dem Epithel der Schleimhaut tritt nicht hervor. Die Kerne der Bindegewebszellen, sowie die der Knorpelzellen sind ebenso stark gefärbt und homogen, wie die des Zellhaufens; die Kerne der Epithelzellen dagegen meistens grösser, heller gefärbt, vor Allem aber mit körnigem Inhalt versehen. Die beschriebenen Zellhäufchen können also nie für blossе Ansammlungen von Epithelzellen, höchstens für solche von Bindegewebszellen gehalten werden; LEYDIG'S Hypothese erweist sich also schon hier als irrthümlich. Dass aber auch die Annahme, dass das Dentinkäppchen in einem Haufen von Bindegewebszellen sich bilde, nicht gestattet ist, das lehren uns andere Präparate aufs Deutlichste. Schon das ist beachtenswerth für uns, dass an Präparaten, wo durch Zerrung bei der Schnittführung das Epithel sich auf Strecken vom Bindegewebe losgelöst hat, es oberhalb der Zellhäufchen meistens mit dem letztern in Zusammenhang geblieben ist, was auf eine innige Verbindung beider Gewebsarten an dieser Stelle hindeutet. Eine solche tritt nun an sehr vielen andern Keimen klar hervor. Entweder senkt sich ein Zapfen des Epithels ins Bindegewebe bis zur Oberfläche des Zellhaufens hinein, ohne eine weitere Verbindung mit diesem zu offenbaren; oder es gleichen, wenn dieser Zapfen sich dem Zellballen enger anlagert, einzelne Kerne des letzteren durch ihre körnige Structur den Kernen der Epithelzellen; oder es zeigt endlich der nach oben mit dem Schleimhautepithel durch einen Strang von Epithelzellen verbundene Zellhaufen deutlich eine mittlere Zellreihe, die, wie von einem einfachen, zweischichtigen Schmelzorgan, von einer Zellenkappe umgeben ist. Im letztern Falle biegt die innerste nach oben kreisförmig geschlossene Zellschicht nach unten in die äusserste Schicht um; die letztere dagegen löst sich nach oben in den verbindenden Epithelzellenstrang auf. Hier ist also ein wirkliches Schmelzorgan vorhanden, dessen wahre Natur jedoch deshalb unklar erscheint, weil seine Zellkerne ganz das Aussehen von Zellkernen des Bindegewebes haben und

so immer noch in einem gewissen Gegensatz zu den Zellkernen des Epithelstranges zu stehen scheinen.

Wiederum an einem andern Präparat mit schon etwas weiter entwickelter Zahnscherbe fällt dieser Gegensatz jedoch völlig fort. Hier zieht von der den alten Zahn noch eine Strecke ins Bindegewebe hinab- begleitenden Epithelzellenmasse aus ein Strang zu dem Zellhäufchen, theilt sich an der Spitze des letztern in zwei Blätter, jedes aus zwei Zellschichten bestehend, und umgiebt dasselbe bis zur Basis als ein wahres Schmelzorgan. Die Kerne desselben sind heller und körnig, wie die der echten Epithelzellen; die Kerne im Innern des Dentinkäppchens und die in der Fortsetzung derselben nach unten liegenden sind purpurroth und homogen.

Die letzten Zweifel an dem Vorhandensein eines Schmelzorgans nehmen uns aber Bilder, wie das in Fig. 24 wiedergegebene. An dem Präparat, nach dem diese Zeichnung möglichst naturgetreu in 360f. Vergrößerung angefertigt ist, tritt die eigenthümliche Erscheinung ein, dass die Kerne des Bindegewebes ebenso körnig und hell gefärbt sind, wie die des Epithels, und zwar nicht bloß im zelligen Zahnkeim selbst, sondern auch in weiterer Erstreckung. Dieser Umstand zusammengehalten damit, dass in einem spätern Entwicklungsstadium die Zellkerne der Zahnpulpa stets homogen und purpurroth gefärbt erscheinen, weist uns darauf hin, wie Zellkerne ein und desselben Gewebes während der Zeit ihres Lebens ihre Empfänglichkeit für Färbung oftmals verändern können und erklärt uns bis zu einem gewissen Grade auch die oben beschriebene Erscheinung, dass die Kerne der Schmelzzellen anderseits ebenso homogen erscheinen können, wie die des Bindegewebes.

Das, was an Fig. 24 in der Entwicklungsfrage der Tritonenzähne den Ausschlag giebt, ist die vollkommen scharfe Grenze zwischen der zweischichtigen Epithelzellenkappe und der zelligen Papille, sowie das Fortlaufen dieser Grenze bis zum Ursprung des Verbindungsstranges aus dem Epithel. Dentin ist hier noch nicht gebildet. Die oberste Zelle der Papille endet stumpf kegelförmig. Auf sie folgen nach unten noch mehrere für sich allein den Durchmesser der Papille einnehmende Zellen mit deutlichen Grenzen; noch weiter nach unten mehrt sich die Zahl der auf dem Querschnitt gelagerten Zellen, wobei zugleich ihre Grenzen undeutlicher werden. Schliesslich wird die Lagerung der Kerne vollkommen unregelmässig, es treten Fasern zwischen ihnen auf, einzelne Kerne biegen, mit der Längsachse jetzt der Achse der Zahnpapille parallel gestellt, um das Ausgehende des Schmelzorgans herum und stellen ein richtiges Zahnsäckchen her; die Fig. zeigt deut-

lich, wie die ganze Zahnanlage bis auf den schmalen Verbindungsstrang vom Bindegewebe umschlossen ist.

Die innerste Zellschicht des Schmelzorgans, die Schmelzzellenschicht hat, wie überall, auf dem Längsschnitt eine hufeisenförmige Gestalt. Die Grenzen der einzelnen Zellen sind hier nicht sichtbar; dagegen ist die Grenze der ganzen Zellschicht gegen die Papille und gegen das äussere Epithel sehr scharf. Die Kerne der Schmelzzellen sind ungeheuer gross und können, da sie sich gegenseitig abzuplatten scheinen, auf den ersten Blick leicht für die Zellen selbst gehalten werden; an einigen Stellen greifen ihre Ränder übereinander; ihre Form ist länglich oval. Die Kerne des äussern Epithels, dessen Zellgrenzen ebenfalls nicht hervortreten, sind etwas kleiner, als die der Schmelzmembran. An der einen Seite hat sich das äussere Epithel von dem innern abgehoben, und beide zeigen gegen den so entstandenen spaltenförmigen Hohlraum sehr scharf gezeichnete Grenzen.

Ein anderes Präparat zeigt einen etwas weiter entwickelten Keim. Ueber den obersten Zellen der Papille hat sich ein spitz zulaufendes Dentinkäppchen gebildet, dessen unteres Ende, fein auslaufend, schliesslich als äusserst feine, aber scharfe Linie um das Schmelzorgan herum biegt und die äusserste Grenze des Bindegewebes gegen das äussere Epithel bildet. Die äusserste Spitze des Dentinhütchens erscheint vom übrigen Zahn etwas abgesetzt, es scheint die erst theilweise gebildete Schmelzspitze zu sein, die an Schnitten durch Larven stets an allen Zähnen erhalten ist. Die Schmelzzellen haben sich von der Spitze des Zahnchens abgehoben und ihre scharfe Grenzmembran umgiebt, wie ein Heiligenschein, die Spitze des Dentins, um weiter nach unten, wo das Schmelzorgan dem Dentin eng anliegt, mit der hier beide trennenden Contour zu verschmelzen. Das weitere Schicksal des Schmelzorgans habe ich nur auf einzelnen Stadien studiren können; über den Antheil der Schmelzzellen an der Bildung des Schmelzes bin ich mir nicht klar geworden. Ein sehr instructives Bild eines schon weit entwickelten Zahnes, der aber das Epithel noch nicht durchbrochen hat, giebt Fig. 25; *aa* ist das Epithel, *bb* Bindegewebe, *c* das dem Knochen zunächst aufliegende, aus seiner Achse parallelen und dichtgedrängt verlaufenden Fasern und grossen in derselben Richtung längsgestellten Kernen bestehende Periost. Der Zahn hat schon seine völlig ausgebildete Schmelzspitze. Während seines Wachsens hat er die Schmelzmembran, deren Zellen sich zugleich mehr cylindrisch ausgebildet hatten, gewissermassen aufgebläht und zwar so stark, dass sie die theilweise vorhandene Bindegewebsumhüllung durchbrochen hat, und ihre äussere Grenzmembran dicht unter der äussern Grenze des Epithels liegt, dessen Zellen hier comprimirt er-

scheinen. Die Kerne der Schmelzzellen liegen ziemlich nach innen; von Membranen der Schmelzzellen lassen sich deutlich Grenzmembranen der einzelnen Zellen eine Strecke weit von aussen nach innen, manchmal zwischen die Kerne bis zur innern Grenzmembran des Schmelzorgans verfolgen. Die letztere ist ganz an der Spitze nicht deutlich; an den Seiten der Schmelzspitze liegt sie dieser eng an; von der Grenze der letztern aus nach unten hebt sie sich im ganzen Umkreis des Zahnes ab und erscheint von besondrer Dicke und doppelt contourirt als deutliche Cuticula, die durch irgend welchen Einfluss während der Präparation sich von der Oberfläche des Zahnes löst und nun sehr klar als Fortsetzung der äussersten Schmelzschicht erkannt wird. Noch weiter nach unten legt sich dieselbe dem Zahn wieder eng an und verschmilzt mit der äussern Dentingrenze, welche unten in die Grenzmembran des Bindegewebes gegen das Epithel umbiegt. Die äussere Grenze der Schmelzmembran lässt sich noch eine ziemliche Strecke weit zwischen die zwei Kernreihen des untern von Bindegewebe rings umhüllten Theils des Schmelzorgans verfolgen, um endlich immer feiner werdend dem Auge zu entschwinden. Der Gegensatz in Structur und Färbung zwischen den Kernen der Epithel- und Bindegewebszellen ist auf diesem Stadium der Zahnentwicklung ein sehr ausgesprochener und in der Zeichnung deutlich wiedergegeben. Nur gegen die untere Grenze des Epithels zu werden die Kerne des Bindegewebes denen der Epithelzellen ähnlich.

Das letzte Stadium der Zahnentwicklung kennzeichnet sich dadurch, dass der Zahn in Folge weiteren Längenwachsthums die Schmelzmembran so empordrängt, dass sie die überliegende Epithelzellendecke zersprengt und endlich selbst von der Schmelzspitze durchbrochen wird. Ihre Zellen bilden dann den oben beschriebenen, bei Betrachtung von oben sichtbaren, den Zahn umrahmenden Zellenkranz (cf. das oben über das Persistiren von Schmelzzellen als Zellen der Zahnscheide bei Fischen Gesagte).

Die Zusammensetzung der Pulpa an schon etwas vorgeschrittenen Zahnkeimen ist eine sehr eigenthümliche und regelmässige. Die Spitze derselben wird von einer einzigen grossen Zelle mit rundem und körnigem Kerne völlig ausgefüllt; auf sie folgen noch drei oder mehrere den Querschnitt der Pulpa allein einnehmende Zellen, deren Kerne jedoch, wie die aller folgenden und aller Bindegewebszellen überhaupt, purpurroth gefärbt, homogen und meist stark geschrumpft erscheinen. Endlich folgen auf dem Querschnitt zwei Zellen neben einander, dann drei und so fort. Die unterhalb des Ausgehenden vom Schmelzorgan liegenden Pulpazellen, die später die Verbindung des Zahns mit dem

Knochen herstellen, zeigen je mehr nach unten, desto undeutlichere Grenzen, die Kerne nehmen eine längliche Gestalt an, und einige von ihnen, allmählig mit ihrer Längsachse der Längsachse des Zahns parallel verlaufend, biegen um das Ende des Schmelzorgans herum, um das Zahnsäckchen zu bilden.

Im Innern des schon gebildeten Dentins ist die Form der Zellen und die Lage der Kerne (mit Ausnahme des Kerns der obern Zelle) eine sehr bestimmte. Die Zellgrenzen sind äusserst deutlich und stets schön hufeisenförmig mit der Concavität nach oben gebogen; die Schenkel der hufeisenförmigen Membranen legen sich an die schon gebildete Dentinwand an und allmählig mit ihr verschmelzend bewirken sie die nach oben stets zunehmende Verdickung derselben. Die Kerne der Zellen nun sind stets der convexen Krümmung der gemeinsamen Membran zweier Zellen angelagert und krümmen sich selbst, derselben eng angeschmiegt. Diese charakteristische Form und Lage der Zellen und ihrer Kerne, sowie das Verschmelzen der faserartigen Membranen mit dem Dentin, welches letztere wir sehr deutlich auch bei den Zähnen von *Salmo fario* (Embryo) sahen, deren Entwicklung überhaupt der der Tritonenzähne in vielen Punkten sehr nahe steht, giebt uns vielleicht für das Studium der Bindegewebsentwicklung und der Bethheiligung der Zellkerne an der Entstehung der Fasersubstanz interessante Fingerzeige.

Fig. 26 zeigt noch einen sehr hübschen Querschnitt durch eine Zahnanlage von einem erwachsenen Triton cristatus, der wohl keiner weitem Erklärung bedarf. Merkwürdig ist, dass in den äusserst scharf abgegrenzten Zellen keine Andeutung von Kernen aufzufinden ist.

Nachdem wir uns so, wie ich glaube hinreichend, überzeugt haben, dass die Tritonenzähne in Bau und Entwicklung im Wesentlichen von andern Zähnen nicht abweichen, erübrigt es noch eine höchst interessante Thatsache zu besprechen, die schon von SIRENA hervorgehoben worden. Derselbe fand bei Tritonen stets eine Menge isolirt im Gewebe liegende Zahnsplizchen; bei 5 Cm. langen und 5 Mm. breiten Tritonenlarven statt der fertigen Zähne nur doppelte Spitzen und bei noch fusslosen Larven mit äussern Kiemen nur einfache Spitzen, sowie eine grosse Masse unregelmässig geordneter Zähne, von denen ein Theil resorbirt wird. Ich kann diese Angaben von SIRENA mit Ausnahme der letzten über die fusslosen Larven, deren ich keine untersucht, vollkommen bestätigen und will nur hinzufügen, dass ich isolirte Zahnsplizchen sowohl im Bindegewebe als auch mitten im Epithel von der verschiedensten Grösse, mit deutlichen Zahnkanälchen oder ohne jede Spur da-

von gefunden habe. Auch die Richtung der Spitzen zur Oberfläche des Epithels war eine sehr verschiedene. Viele dieser Unregelmässigkeiten in Lage und Richtung finden wohl ihre einfache Erklärung in der Zerrung, die die Gewebe bei der Schnittführung erfahren haben; unerklärlich bleibt mir aber bis jetzt, dass eine Menge dieser Spitzchen, mit gelblicher Färbung, ohne Zusammenhang mit einem Zellhäufchen gänzlich frei, meist über einer einzigen Zelle gebildet, daliegen. Die gelbliche Färbung der Spitzchen scheint jedoch dem Dentin selbst anzugehören; wenigstens ist die sonst ziemlich scharfe Grenze zwischen der gelblichen Spitze und den untern ungefärbten Theilen hier nicht wahrnehmbar. Dass eine grosse, frei vom Bindegewebe ins Epithel hineinragende Zelle die Bildnerin des ersten Dentins sei, wie SIRENA behauptet, habe ich nur einmal, wo ein Spitzchen mit seiner Basis im Bindegewebe, mit seiner obern Partie im Epithel steckte, bestätigt gefunden; gegen die Allgemeinheit eines solchen Primitivstadiums des Zahns spricht schon Fig. 24.

Ein klein wenig klarer wird das sonderbare Vorkommen isolirter Spitzen, wenigstens so weit sie im Bindegewebe sich finden (die im Epithel gefundenen sind vielleicht nur auf mechanischem Wege dahin geführt), dadurch, dass zwischen einzelnen Bindegewebszellen öfter ein Balkenwerk von homogener Cuticularmasse, dem Knochen der Tritonen völlig gleichend, sichtbar ist. Man kann sich vorstellen, dass hier und da durch irgend welche Anregung Kalksalze unregelmässig in der Intercellularsubstanz des Bindegewebes deponirt werden; dass diese Depositionen unter irgend welchen günstigen Umständen ein isolirtes Spitzchen, ja, wenn das Epithel den Ort der Abscheidung erreicht, einen echten Zahn bilden können, unter ungünstigen Umständen dagegen wieder resorbirt werden. Es ist diese Vorstellung um so weniger gezwungen, als wir aus zahlreichen Beobachtungen wissen, wie Ablagerung und Resorption von Kalksalzen im Bindegewebe eigentlich beständig nebeneinander herlaufen.

Im Anschluss an diesen Abschnitt über die Tritonenzähne erwähne ich noch, dass der schon von OWEN und SIRENA beschriebene Schmelz der Froschzähne dem der Fisch- und Tritonenzähne in allen Punkten vollkommen gleicht. Dann kann ich noch das Vorkommen einer echten und der bei Säugethieren beobachteten völlig homologen Kieferfurche und eines von ihr ausgehenden continuirlichen Schmelzkeims, wie sie SIRENA dem Frosch zuschreibt, bei den Embryonen von *Lacerta vivipara* bestätigen.

V.

Einiges über Hautknochen der Cutis.

Dass die Verknöcherungen in der Cutis denen in der Mucosa des Mundes und der Rachenhöhle, also vorzugsweise den Zähnen, morphologisch gleichwerthige Bildungen seien, wurde theils durch Untersuchungen oberflächlich bekannt, theils a priori angenommen. Ist doch die Mundhöhle ihrer Entwicklung nach nur eine Einstülpung der äussern Haut; man hat also schon aus diesem Grunde das Recht auf das Vorkommen von in dieser und jener gleichen Bildungen zu schliessen. Und in der That finden wir, wie bei einigen Säugern und den Cyprioiden unter den Fischen, Haar- und andere Hornbildungen in der Mundhöhle; ferner sehen wir eine vollkommene Aehnlichkeit der Placoidschuppen der äussern Haut und der Zähne auf den Kiefern und Schüppchen am Gaumengewölbe der Selachier, die neuerdings wieder durch GEGENBAUR genügend hervorgehoben ist. Auch die Zähne der Säge von *Pristis*, in ihrem Bau andern Zähnen völlig gleichend, sind hier zu nennen. Eine besondere Beachtung verdient weiter der Umstand, dass ebenso wie Verknöcherungen der Cutis (aus bindegewebiger Anlage hervorgegangen) mit Skeletknochen (durch Knorpel präformirt) sich verbinden und die letztern in ihrem Widerstandsvermögen verstärken, so auch Knochenbildungen in der Mucosa (Sockel der Fischzähne; Hautknochen der Kiemenbögen etc.) mit den oft sehr schwach entwickelten Skeletknochen sich vereinigend dieselbe zur Ueberwindung gewaltiger Widerstände befähigen. Bei so vielen Aehnlichkeiten findet man aber auch bald eine scheinbar überall vorhandene Differenz zwischen beiden Arten von Hautknochen, nämlich dass die im ausgebildeten Zustande frei hervortretenden Verkalkungen der ersteren, die Zähne, stets eine von früher darüber gelegenen Epithelzellen gebildete sog. Schmelzbedeckung tragen, dieselbe jedoch den offen zu Tage liegenden Hautknochen der Cutis beständig fehlt. Freilich findet sich bei den 3 höhern Wirbelthierklassen sowohl in der Mundhöhle und auf den Kiefern, als der äussern Haut, dem Knochen unmittelbar aufliegend, eine feste Hornschicht; allein die Entwicklungsgeschichte verbietet uns bis jetzt noch, die Hornbildungen mit dem Schmelz der Zähne zu vergleichen, so verlockend eine Zusammenstellung aus manchen Gründen auch sein mag; der Umstand, dass wir Hornbildungen nie verkalkt antreffen, weist auf einen Unterschied von fast fundamentaler Bedeutung hin. Es ist jedoch damit noch keineswegs die Aussicht genommen durch genaueres Studium der beiden Gebilde noch mehr Gemeinsames

in ihnen zu finden, als wir bis jetzt kennen. Was nun den eben berührten, scheinbar durchgreifenden Unterschied zwischen Cutis- und Mucosaverknöcherungen betrifft, so wird man sofort zum Zweifler daran, wenn man sich überzeugt hat, dass überall bei Verknöcherungen der Mucosa, soweit wie Bindegewebe unmittelbar unter dem Epithel erhärtet, von den Elementen des letztern eine Schmelzlage um den von ihnen umhüllten Bindegewebstheil (Papille) erzeugt wird. Denn wenn es vorkommt, dass in der Cutis Theile des oberflächlichst gelegenen Bindegewebes verkalken, warum soll man nicht a priori erwarten dürfen, dass solche Hautknochen auch Schmelzbekleidung haben? Eine solche Verkalkung von unmittelbar unter dem Epithel liegendem Bindegewebe ist bis dato nur bei der Bildung der Placoidschuppen¹⁾ der Selachier genau beobachtet. Wenn wir richtig vermuthet, so muss hier auch eine Schmelzbekleidung oder, wenn diese an den ausgebildeten Schuppen fehlen sollte, doch während der Entwicklung derselben ein irgendwie thätiges Schmelzorgan vorhanden sein. Andererseits dürfte man erwarten, dass die Hautknochen, an denen nie eine Spur von Schmelz zu finden ist, auch nie ganz frei unter dem Epithel, sondern vielmehr so im Innern einer bindegewebigen Masse oder Papille sich bildeten, dass der äussere Theil unverkalkt bleibe, später jedoch abgerieben den schmelzlosen Knochen frei hervortreten lasse. Diese einfachen und naheliegenden Vermuthungen bestätigen sich nun bei näherem Studium einiger Cutisverknöcherungen der Fische vollkommen.

Was zunächst die Placoidschuppen der Selachier betrifft, so ist bei vielen Arten derselben schon seit lange auf der Oberfläche der Schuppen eine eigenthümliche, zierliche, schuppenartige Zeichnung bekannt, die von LEYDIG, der sie wohl zuerst beschrieben (Histol. p. 93), als Abdruck von Epithelzellen gedeutet wurde. G. v. BRACKEL²³ hielt sie für die Contouren verkalkter Epithelzellen selbst, weil die Ränder der

1) Hier muss ich auf die Untersuchungen HANNOVER'S über die kanalartigen Hohlräume in den Cutisbildungen der Selachier hinweisen (Om Bygninger og Udviklingen of Skjael og Pigge hos Bruskfisk. Kjobenhavn 1867) und hervorheben, dass ich die letzteren verglichen mit den oben beschriebenen mannigfaltigen Formen ähnlicher Hohlräume in den Zähnen von Knochenfischen ebenso wie diese für den Havers'schen Kanälen homologe Bildungen halten muss. HANNOVER weist (p. 4) eine solche Auffassung zurück und sieht in ihnen etwas ganz Besonderes. Macht man sich aber klar, dass zwischen den im Säugethierknochen vorkommenden grossen Havers'schen Kanälen und Bildungen, wie in Fig. 45 B dargestellt sind, continuirliche Uebergänge vorhanden sind, wird man auch überzeugt sein, dass genannter Forscher sich im Unrecht befindet.

kleinen Schüppchen, wie das äussere Epithel des Haares, deutlich hervorragen sollen. Diesen letztern Umstand möchte ich für mein Theil bestätigen.

In der festen Ueberzeugung hier das Homologon des Schmelzes vor mir zu haben, unterwarf ich wiederholt die Schuppen mehrerer Haie, die diese eigenthümliche Zeichnung besaßen, der Einwirkung verschieden starker Säurelösungen; allein ich erhielt nie Reactionen, welche den bei Fischzähnen eintretenden glichen. Vor Allem lösten sich die Schüppchen nie als besonderes feines Häutchen, wie doch zu erwarten stand, ab; sie verhielten sich vollkommen so, wie die ganze übrige Masse des Hautknochens und verschwanden erst bei längerer Einwirkung der Säure und Beginn der Zerstörung der Schuppe. Diese Erscheinungen sind somit der LEYDIG'schen Ansicht günstiger als der BRACKEL's. Die Entwicklung der Placoidschuppen habe ich nur in soweit studirt, als nöthig war, mich von dem Verhalten des Epithels bei der ersten Anlage der Schuppe zu überzeugen. Dasselbe ist nun in der That kein anderes, als bei allen mit echtem Schmelz versehenen Bildungen, wie die Fig. 27, 28, 29, 30, welche vier verschiedene Stadien der Schuppenentwicklung bei einem Embryo von *Mustelus vulgaris* darstellen, ohne jede weitere Erklärung auf das Deutlichste zeigen. Die Ausbildung des ganzen Schmelzorgans ist hier, während die Schmelzzellen selbst an charakteristischer Ausbildung Nichts zu wünschen übrig lassen in so fern noch etwas einfacher als bei den Fischzähnen, als die dem äussern Epithel entsprechenden Zellen erst in spätern Stadien sich direct und auch dann nur an die untere Partie der Schmelzmembran eng anlagern, sonst aber durch gewöhnliche runde Zellen von derselben getrennt bleiben. Auch ist die Anlage der Schuppe nie ganz in das Bindegewebe eingesenkt, vielmehr treibt die sich erhebende Papille das Epithel höckerartig empor, und erst in den spätern Stadien der Schuppenentwicklung senkt sich der untere Theil des Schmelzorgans etwas unter die Grenze des Epithels in das Bindegewebe hinein.

Die Schmelzzellen zeichnen sich durch beträchtliche Länge und vor Allem durch eine sehr regelmässige Lage ihrer langovalen, grobkörnigen Kerne aus. Dieselben liegen nämlich in allen Zellen eines Längsschnittes des Schmelzorgans immer an derselben Stelle, so dass die Endpunkte der Längsachsen aller Kerne zwei, den äussern Contouren der Schmelzmembran fast parallele, gerade Linien bilden (Fig. 30).

Die Neigung der Längsachse der Zellen zu der Oberfläche der Schuppe ist nur auf dem Stadium, wo letztere noch eine einfache Zellmasse ist, deutlich als eine senkrechte zu erkennen; später ist dieselbe wegen der eigenthümlichen Gestalt der Schuppe nicht mehr zu bestimm-

men. Grösstentheils aus diesem Grunde, da ich ein eingehenderes Studium diesem Gegenstande nicht gewidmet, ist es mir nicht möglich über den Antheil, den die Schmelzzellen an der Bildung jener schuppenartigen Zeichnung haben, vollkommenen Aufschluss zu erlangen. Es sei mir jedoch erlaubt, auf einige interessante Beobachtungen aufmerksam zu machen und zugleich zu einer specielleren Untersuchung dieses Gegenstandes aufzufordern.

An manchen, ja fast allen Längsschnitten durch die Schmelzmembran schienen die Ränder der Zellen derselben etwas übereinander geschoben, so dass man immer nur einen Theil der Zellmembran deutlich sah und ein Bild erhielt, als ob sehr lange und sehr dünne Plättchen (die Zellen) dachziegelförmig übereinander gelagert wären.

Ferner sieht man auf ältern Entwicklungsstadien sehr deutlich, dass die Zellen mit ihrer Längsachse sehr schräg gegen die Oberfläche der Schuppe stehen, und dass der innere, der letztern zugekehrte Theil jeder Zelle bis auf die Endpunkte der Kerne eine Umwandlung erfährt. Derselbe wird nämlich vollkommen durchsichtig und erscheint dann sehr oft zerrissen oder verzerrt. Auf noch ältern Stadien sind diese äusseren Zellstücke stets ganz verschwunden, und die Kerne der dadurch sehr verkürzten Zellen stossen direct an die Schuppe. Manchmal ist das so reducirte Schmelzorgan auch von der Schuppe abgehoben, und es zeigt sich dann in den meisten Fällen das Zellende membranlos, manchmal mit kleinen, anhängenden Partikelchen einer stark glänzenden, homogenen Masse. Man könnte nun aus diesen Beobachtungen schliessen, dass die innern Enden der stark gegen die Oberfläche der Schuppen geneigten Schmelzzellen sich eng an die letztere anschmiegend verkalkten und dann in einer, nach dem unverkalkten Zellrest zu convexen Linie (die sich oft deutlich beobachten lässt) von dem letztern abrissen. Die einzelnen verkalkten Zellenden würden sich dann bei der starken Neigung der Schmelzzellen gegen die Schuppenoberfläche theilweise decken und zwar ebenso, wie die ganzen Zellen, nach Art von Dachziegeln, und nur die freien, convexen Enden ragten hervor; eine Lage, welche die einzelnen Schüppchen auf der Fläche des ausgebildeten Hautknochens in der That haben. Wir hätten, wenn diese Vermuthungen über die Entstehungsweise der schuppenartigen Zeichnung sich bei genauern Untersuchungen als richtig erweisen sollten, eine directe Verkalkung einzelner Zelltheile selbst, wobei der Kern mit einem andern Theil der Zelle vollkommen unberührt und noch längere Zeit erhalten bleibt, bis alles Epithel von der Oberfläche der Schuppe abgerieben wird. Beobachtungen, die für die Ausscheidung der kleinen Schüppchen sprächen, habe ich nicht eine einzige gemacht. Wie dem

aber auch sein mag, so viel ist gewiss, dass wir es in der schuppenartigen Zeichnung auf der Oberfläche mancher Hautknochen der Selachier mit einem Homologen des echten Schmelzes zu thun haben.

Ausser den Placoidbildungen der Selachier, an vielen von denen ich übrigens jede Andeutung der schuppenförmigen Zeichnung vermisste, habe ich noch Hautknochen verschiedener Fische mittelst Säuren auf einen Schmelzbeleg geprüft. Aber weder die Schuppen der Knochenfische, wo ich besonders an den kleinen Zähnen der Ctenoidschuppen eine Schmelzbekleidung vermuthete, noch die Hautknochen von Accipenser, Tetrodon, Balistes, noch die so mannigfaltig geformten und sehr häufig gelbbraun gefärbten Stachel der Knochenfische zeigten auch nur die geringste Spur von Schmelz. Und dies ist kein Wunder; denn von der grossen Mehrzahl dieser Bildungen ist es erwiesen, dass sie sich nie direct unter dem Epithel, sondern stets mitten im Bindegewebe entwickeln. Ich verzweifelte deshalb schon einer wahren Schmelzbedeckung an Cutisverknöcherungen bei Fischen zu begegnen, bis ich zufällig beim Studium der interessanten Zähne der Panzerwelse, (die, beiläufig bemerkt, einer speciellern Beschreibung sehr bedürftig sind) auch die eigenthümliche Panzerbekleidung dieser Fische einer flüchtigen Betrachtung unterwarf und zu meiner nicht geringen Ueerraschung entdeckte, dass die kleinen, beweglichen Spitzchen der Panzer von Hypostomus und Loricaria Gebilde sind, welche in Allem und Jedem, Structur und Befestigung, Fischzähnen vollkommen gleichen. Fig. 34 zeigt dies deutlich. Die durch ein wirkliches Kugelgelenk auf einem Fortsatz des Hautknochens frei articulirende und am Gelenk von auf Dentin und Knochen als Cannelirung sich fortsetzenden Fasern, wie von einer Gelenkkapsel, umgebene Spitze hat echte Zahnkanälchen und eine gelbbraune Schmelzbekleidung, welche hinsichtlich ihrer Lagerungsweise und allen Reactionen gegen Säuren dem Schmelz der Fischzähne gleicht. Dass sie ebenso, wie jener, auch von einem Schmelzorgan gebildet wird, kann nicht zweifelhaft sein. Die Knochenschilder, auf denen die Spitzchen articuliren, zeigen wohl eine braune Färbung, aber keine Spur von Schmelz.

Das Vorkommen von den Zähnen völlig gleichartigen Cutisverknöcherungen bei Knochenfischen zeigt uns übrigens, dass die weitläufigen morphologischen Betrachtungen, die GEGENBAUR in seinem jüngst erschienenen Werk »Ueber das Kopfskelet der Selachier« p. 44—44 über die Verwandtschaft von Zähnen und Cutisverknöcherungen anstellt, und die in der That auf den ersten Blick sehr ansprechen, an erheblichen Mängeln leiden. Nach GEGENBAUR findet sich eine Gleichartigkeit beiderlei Bildungen nur bei den Selachiern,

und die bei ihnen vorkommenden Formen sind die Ausgangspuncte von nach zwei verschiedenen Richtungen auseinandergehenden Differenzirungen. Schon bei den Ganoiden und noch mehr bei den Teleostiern sollen dieselben so weit fortgeschritten sein, dass jede Gleichartigkeit zwischen Zähnen und Cutisbildungen verschwunden ist. Unser Fall zeigt, wie vorsichtig man bei rein morphologischen Deductionen sein muss und vor Allem, dass man dabei nie physiologische Momente vernachlässigen darf.

Vielleicht gelingt es erneutem Forschen in dieser Richtung auch noch an andern Cutisverknöcherungen echten Schmelz nachzuweisen und das ausgedehnte Vorkommen desselben auf gesetzmässige Ursachen zurückzuführen.

Herangezogene Literatur.

- 1) S. STRICKER, Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere. Leipzig 1874. Cap. XV p. 333. Bau und Entwicklung der Zähne von W. WALDEYER.
- 2) OWEN, Odontography. London 1840—45.
- 3) A. RETZIUS, Bemerkungen über den innern Bau der Zähne etc. MÜLLER'S Archiv 1837. p. 486.
- 4) LEEUWENHOEK, Philos. Transact. 1678.
- 5) Dr. G. BORN, Bemerkungen über den Zahnbau der Fische. HEUSINGER'S Zeitschr. für org. Physik. 4. Bd. 1827. p. 182.
- 6) FRAENKEL'S und RASCHKOW'S Diss. inaug. Wratisl. 1835.
- 7) JOH. MÜLLER, Archiv 1836 p. III u. POGGENDORFF'S Annalen XXXVIII.
- 8) Dr. FR. LEYDIG, Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere. Frankfurt 1857.
- 9) HARLESS, Ueber den Zahnbau von Myliobates und dem verwandten Rochen Trikeras. Wo?
- 10) Dr. FR. LEYDIG, Die Molche der württembergischen Fauna. Archiv für Naturgeschichte 1867.
- 11) Dr. FR. LEYDIG, Die Zähne einheimischer Schlangen nach Bau und Entwicklung. Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. IX. 1872. p. 1.
- 12) REICHERT, Jahresbericht über die Arbeiten in der mikroskopischen Anatomie aus dem Jahre 1842. Archiv für Anat. und Phys. 1843. p. CCXXXVI.
- 13) Dr. SIRENA, Ueber den Bau und die Entwicklung der Zähne bei Amphibien und Reptilien. Verhandl. d. phys.-med. Gesellschaft in Würzburg. Neue Folge. II. Bd. 3. Heft. 1874.
- 14) L. JURINE, Note sur les dents et la mastication des poissons appelés Cyprins. Mémoires de la Société de Phys. et d'Histoire nat. de Genève. Tome I. Premier Partie 1824.
- 15) MOLIN, Sitzungsberichte der Wiener Academie 1850.
- 16) HECKEL und KNER, die Süßwasserfische der österreichischen Monarchie etc. Leipzig 1838.

- 17) v. SIEBOLD, die Süßwasserfische Mitteleuropas. Leipzig 1863.
- 18) Dr. J. KOLLMANN, Entwicklung der Milch- und Ersatzzähne beim Menschen. Diese Zeitschrift XX. Bd. p. 445.
- 19) E. NEUMANN, Beiträge zur Kenntniss des normalen Zahn- und Knochengewebes. Leipzig 1863.
- 20) KÖLLIKER, Ueber die Verbreitung und Bedeutung der vielkernigen Zellen der Knochen und Zähne. Verb. der phys. - med. Gesellsch. zu Würzburg. N. F. Bd. II. 1872.
- 21) KÖLLIKER, Ueber verschiedene Typen in der mikroskopischen Structur des Skelets der Knochenfische. Würzburger Verhandlung. 1859. IX.
- 22) KÖLLIKER, Ueber die grosse Verbreitung der perforating fibres von SHARPEY. Würzburg. Verb. Bd. I p. 306.
- 23) GREGORIUS a BRACKEL, De cutis organo quorundam animalium ordinis Plagiostomorum disquisitiones microscopicae. Diss. inaug. Dorpati Livonorum. 1858.

Erklärung der Abbildungen Taf. XXVII—XXIX.

- Fig. 1. Zwei Ansichten von der Musculatur des Kauapparats eines mässig grossen Individuums von *Leuciscus rutilus*. 4 mal vergrössert.
- A. Der Kauapparat von unten gesehen.
 - α Querschnitt des Anfangs des Oesophagus.
 - B. Derselbe von der Seite.
 - β hintere Grenze des Schädels.
 - γ untere Grenze der Wirbelsäule.
 - δ Vorsprung des Schädel daches
- aa, bb, cc, dd, ee die 5 Muskelpaare des Kauapparats.
- Fig. 2. Halbschematischer Querschnitt durch den Kauapparat eines c. 2—3 cm. langen Cyprinoiden. 40 mal vergr.
- Fig. 3. Querschnitt durch den Schlundknochen und Längsschnitt durch den aufsitzen den Zahn eines Cyprinoiden. Die Spitze des Zahns ist etwas schematisch gehalten. Chromsäurepräparat. Ziemlich starke Vergrösserung.
- a ein Uförmiger Hohlraum im Dentin.
- Fig. 4. Querschnitt durch den Zahn eines Cyprinoiden, etwa in der Gegend der Linie aa in Fig. 3. Vergrösserung, wie in Fig. 3.
- a zwei im Dentin eingeschlossene, glänzende, spindelförmige und mit Hohlraum versehene Massen.
- Fig. 5. Erste Anlage des Schmelzorgans und der Papille eines Ersatzzahns von *Leuciscus rutilus*. Stark vergrössert. Chromsäurepräparat.
- aa Oberfläche der Schleimhaut der Rachenhöhle.
- Fig. 6. Weiter entwickelter Zahnkeim von *Tinca vulgaris*. Das erste Dentinkäppchen ist gebildet; das Schmelzorgan schon bedeutend entwickelt, an seinem untern Ende in Verbindung mit zahlreichen »sog. Epithelprossen«. Chromsäurepräparat. Starke Vergrösserung.
- a Oberfläche der Wurzel des alten Zahns.
 - bb Oberfläche des Schleimhautepithels.

- Fig. 7. Ein Stück vom ausgebildeten Schmelzorgan von *Tinca vulgaris*. Chromsäurepräparat. c. 320 mal vergr.
- Fig. 8 a. Ein Stück vom ausgebildeten, bereits thätigen Schmelzorgan von *Tinca vulgaris* mit fadenartigen Fortsätzen der Seitenmembranen der Schmelzzellen. Chromsäurepräparat. c. 320 mal vergr.
- Fig. 8 b. Stückchen des Schmelzrückstandes von *Tinca vulgaris* von der dem Schmelzorgan zugekehrten Fläche gesehen, in ausserordentlich starker Vergrösserung. Chromsäurepräparat.
- Fig. 9. Ein Stückchen vom Rande einer Dentinpapille vor Bildung des ersten Dentinscherbchens. *Tinca vulgaris*. Chromsäurepräparat. Sehr stark vergrössert.
- Fig. 10. Nicht ganz in der Achse geführter Längsschnitt durch einen hoch entwickelten Zahnkeim von *Tinca vulgaris*. 50 mal vergrössert.
- Fig. 14. Theil eines Querschnittes durch das Os palatinum von *Esox Lucius* mit der ersten Anlage des Schmelzorgans eines Ersatzzahns. Chromsäurepräparat. c. 50 mal vergrössert.
- Fig. 42. Theil eines gleichen Schnitts mit weiter entwickeltem Zahnkeim. c. 106 mal vergrössert.
- Fig. 43. Schematische Darstellung eines fast völlig im Zahnsäckchen eingeschlossenen Zahnkeimes von *Esox Lucius* mit Verbindungsstrang des Schmelzorgans und Anschwellung der untern Partie des äussern Epithels zur Bildung des Schmelzorganes eines Ersatzzahns. Das Querschraffierte bedeutet Bindegewebe, das Längsschraffierte Epithel.
- Fig. 44. Das untere Ende des Schmelzorgans eines noch im Säckchen befindlichen Zahnes von *Esox Lucius* mit dem vom äussern Epithel ausgehenden und schon ziemlich weit entwickelten Schmelzorgan eines Ersatzzahnes.
- Fig. 45. Zwei Kieferzähne von *Ephippus Faber*.
- A. Intacter Zahn in dickem Glycerin eingeschlossen bei auffallendem Licht. Die Kanäle der Palpa, die Rillen der Oberfläche und die Poren des Schmelzes sind mit Luft erfüllt. Mässig vergr.
- B. Entkalkter Zahn bei durchfallendem Licht. Der Schmelz ist bis auf die geschrumpfte *Cuticula* entschwunden. Mässig vergr.
- Fig. 16. Zwei Kieferzähne von *Cottus scorpius*.
- A. Intacter Zahn mit brauner Schmelzspitze, fetthaltiger Pulpa (*b*), körniger Dentinmasse (*a*) und mit ihr zusammenhängenden eigenthümlichen Streifen. Mässig vergr.
- B. Entkalkter Zahn. Schmelzspitze völlig aufgelöst. Der konische Dentinfortsatz von einer Rinne umgeben. Die körnigen Linien sind undeutlicher geworden. Mässig vergr.
- Fig. 47. Oberer Theil des Querschnittes eines Kiemenbogens von *Esox Lucius* mit zwei verschieden weit entwickelten Zahnkeimen. Salzsäure- und Alkoholpräparat. 60 mal vergrössert.
- a Primordiale Knorpel. b Skelettknochen. c Hautknochen.
- Fig. 48. Erste Anlage eines Keimes eines Kiemenbogenzahns von *Perca fluviatilis*. Salzsäure- und Alkoholpräparat. 360 mal vergr.
- a Epithel; b Bindegewebe.
- Fig. 49. Erste Anlage eines Kiemenbogenzahns von *Acerina vulgaris* mit schon differenzirter Schmelzmembran und theilweise ausgebildetem äussern Epithel. 360 mal vergr.

aa unterste Schichten des Schleimhautepithels.

bb Fortsätze von Hautknochen.

Fig. 20. Schon weit entwickelter Zahnkeim auf dem Kiemenbogen von *Acerina vulgaris*. 360 mal vergr.

a losgelöste Schmelzspitze.

bb Hautknochenfortsätze.

Fig. 21. Horizontaler Längsschnitt durch die Zahnmasse des Zwischenkiefers von *Acerina vulgaris*. 360 mal vergr.

Die Zähne haben eine eigenthümliche Structur, indem eine unter der obersten dünnen Schicht liegende Partie von Zahnbein von so grossen Hohlräumen erfüllt ist, dass die feste Masse in Form dünner zur Oberfläche des Zahns mehr oder weniger senkrecht gerichteter Balken erscheint.

a. Ein durchschnittener Zahnkeim mit ausnehmend grossen Schmelzzellen.

Fig. 22. Spitze eines intacten Zahnes einer Larve von *Triton cristatus* bei auffallendem Licht. 360 mal vergr.

Fig. 23. Kieferzahn von *Gunnellus vulgaris*.

Fig. 24. Keim eines Zahnes der Larve von *Triton taeniatus* (Schnitt durch eine in Alkohol erhärtete und carminisirte Larve) mit Papille und Schmelzorgan, sowie Verbindungsstrang des letzteren. 360 mal vergr.

aa unterste Schicht des Schleimhautepithels

bb Periost.

Fig. 25. Weit entwickelter Zahnkeim einer Larve von *Triton taeniatus*. 360 mal vergr.

aa Schleimhautepithel.

bb Bindegewebe.

cc Periost.

Fig. 26. Querschnitt durch den Zahnkeim eines erwachsenen *Triton taeniatus*. Dentin, Schmelzzellen, äusseres Epithel. 360 mal vergr.

Fig. 27.)

Fig. 28.) Vier aufeinanderfolgende Stadien im Anfang der Entwicklung der Schuppe

Fig. 29.) eines Embryo von *Mustelus vulgaris*.

Fig. 30.)

Fig. 31. Spitze vom Hautpanzer von *Hypostomus etentaculatus* Cuv. *a* Valenciennes. 78 mal vergr.



Fig. 3.



Fig. 2.

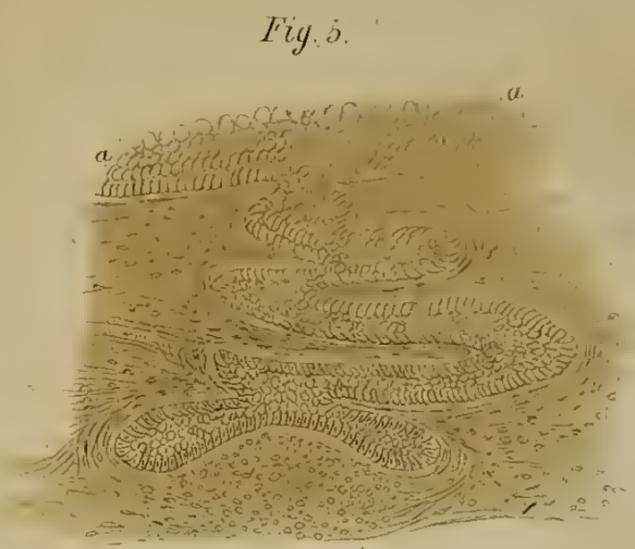


Fig. 5.

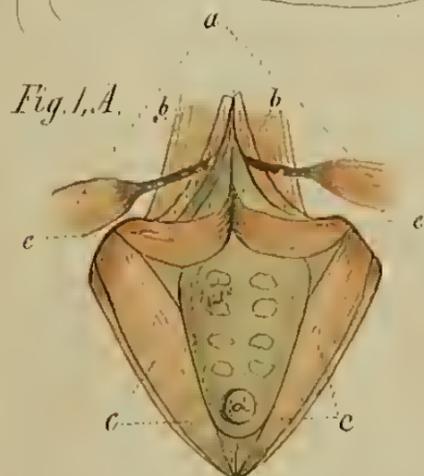


Fig. 1.A.

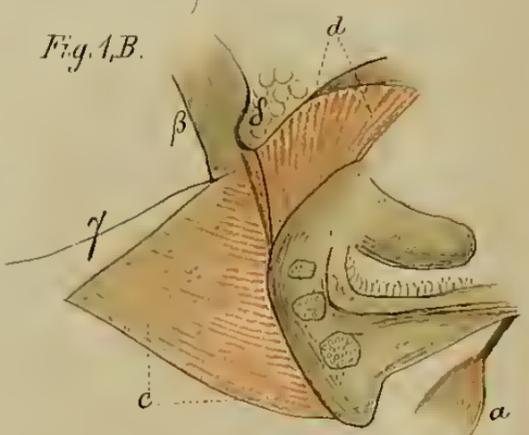


Fig. 1.B.

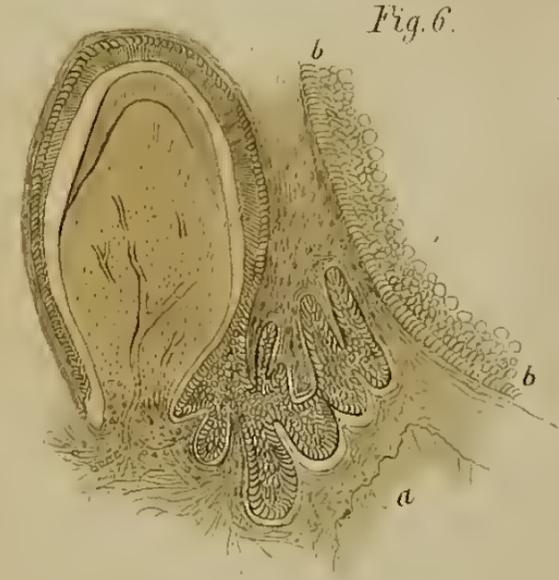


Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 9.



Fig. 4.



Fig. 10.

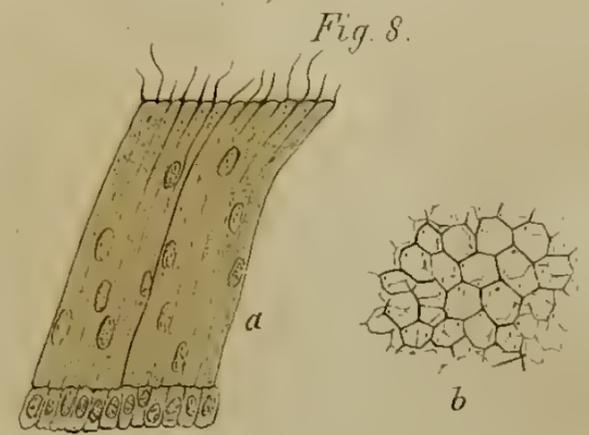


Fig. 8.



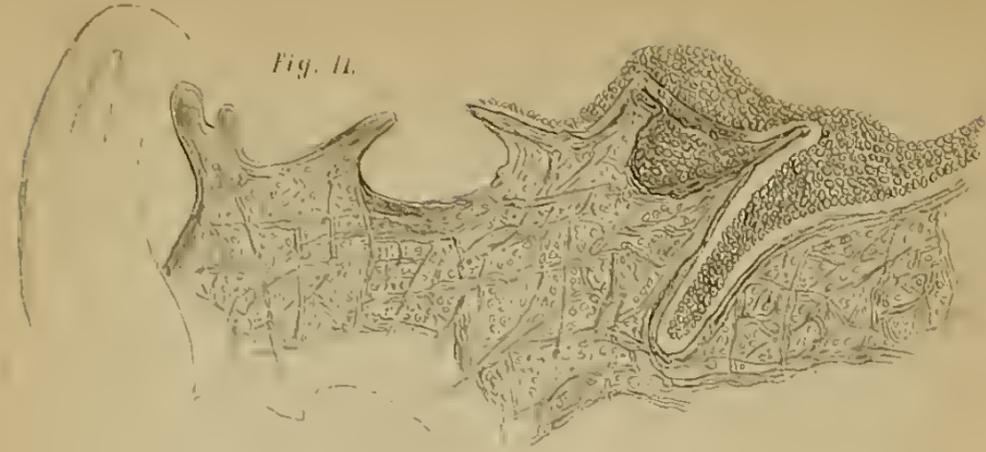


Fig. 11.

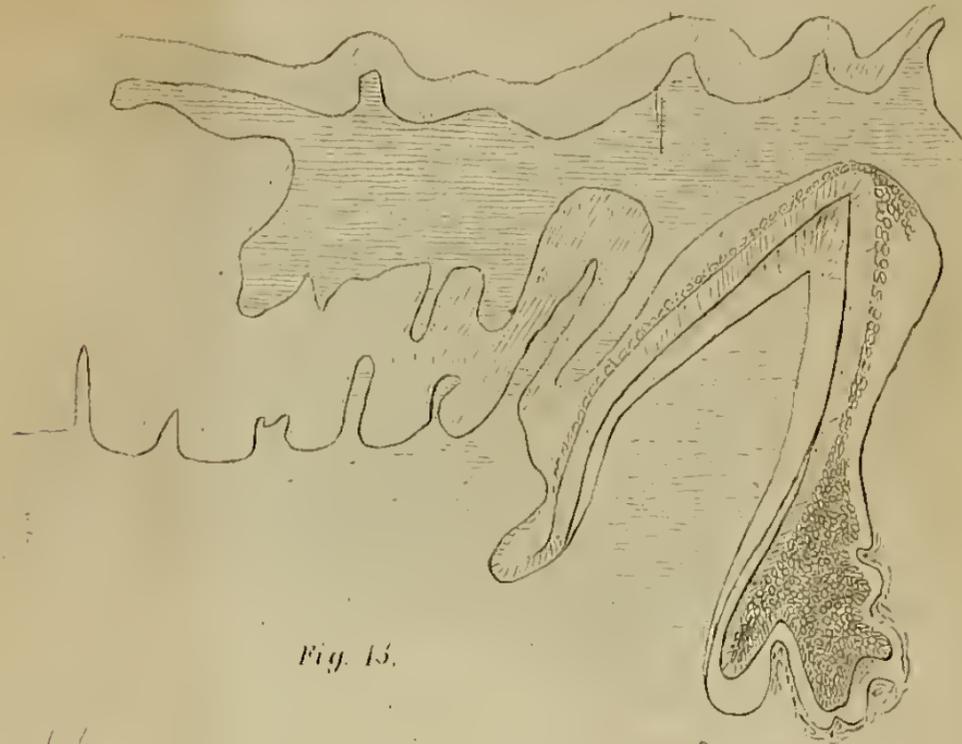


Fig. 13.



Fig. 15.

A.



Fig. 15.

B.

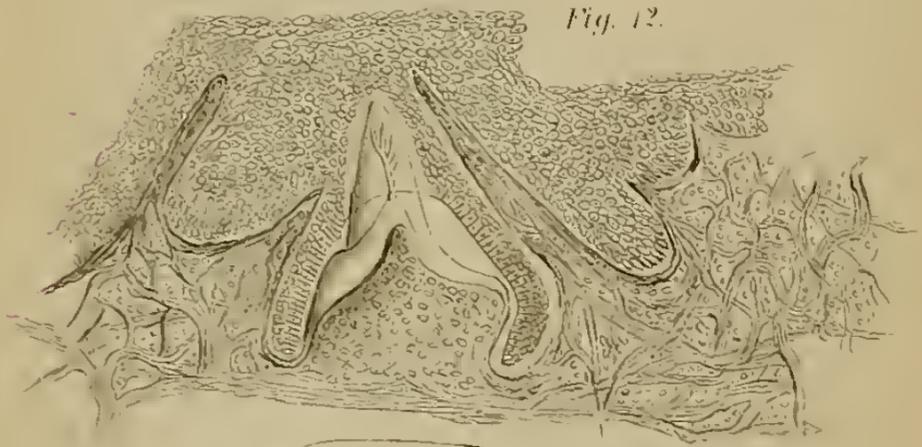


Fig. 12.

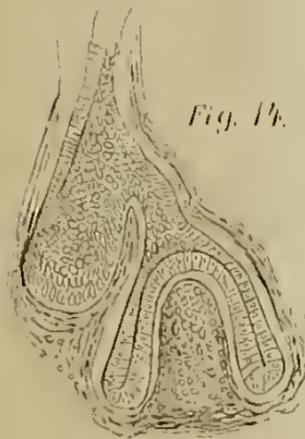


Fig. 14.

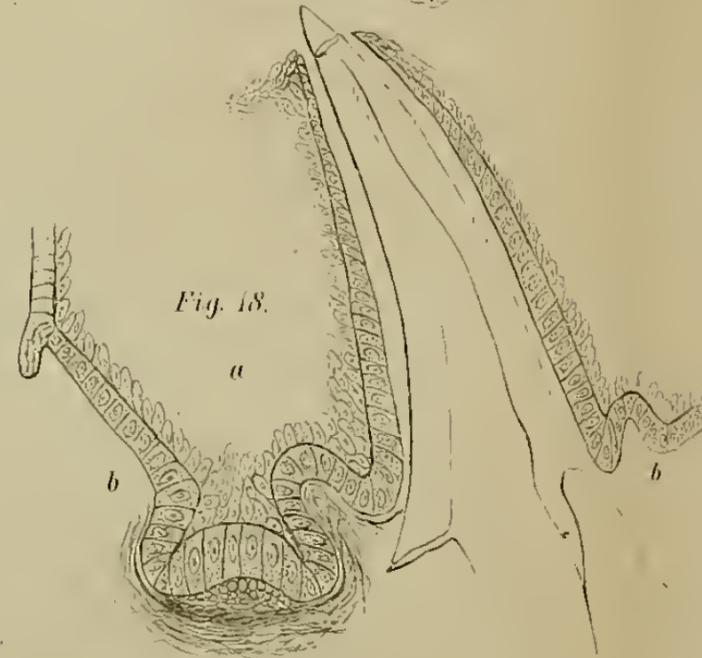


Fig. 18.

a

b

b



Fig. 19. a

a

b

b

b

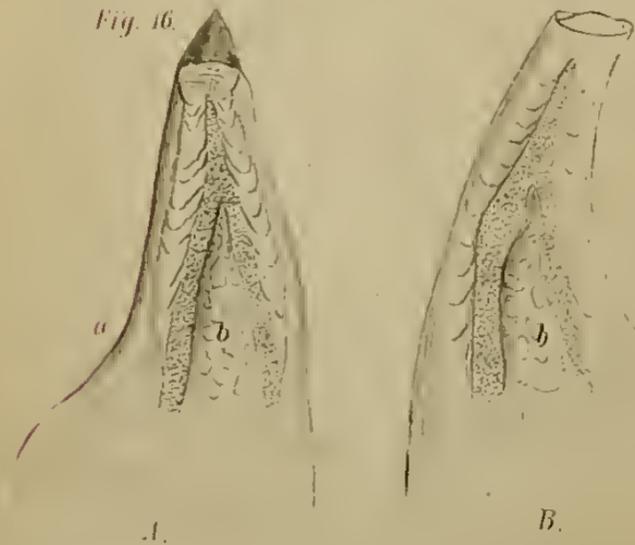


Fig. 16.

a

b

A.

B.

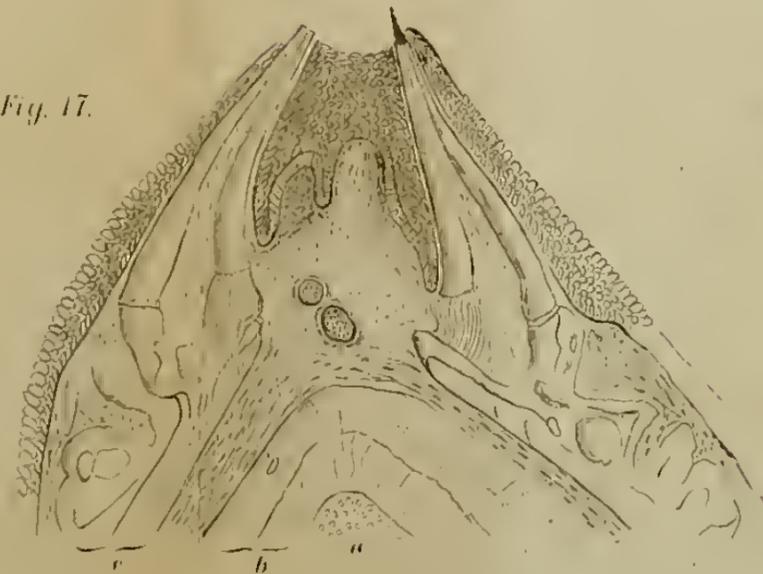


Fig. 17.

c

b

a

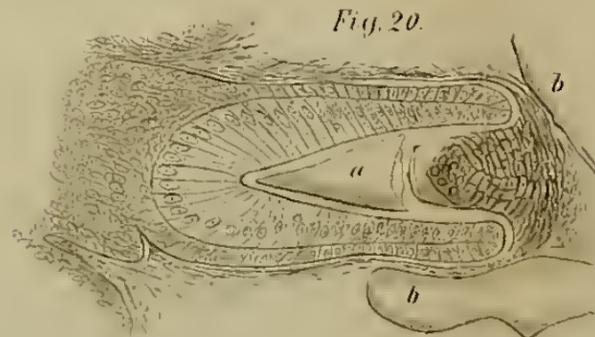


Fig. 20.

b

b

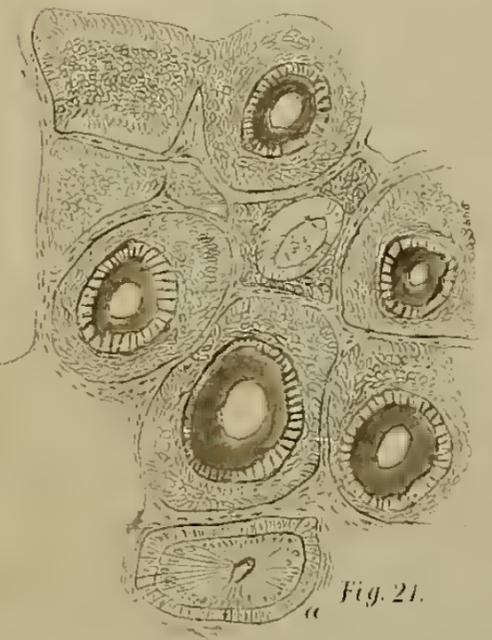


Fig. 21.

a





Fig. 22.

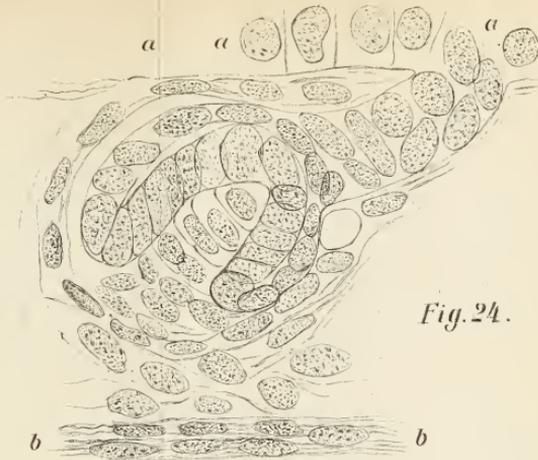


Fig. 24.

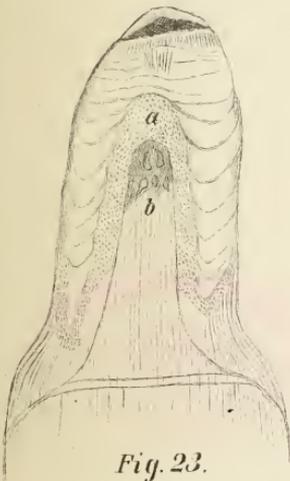


Fig. 23.

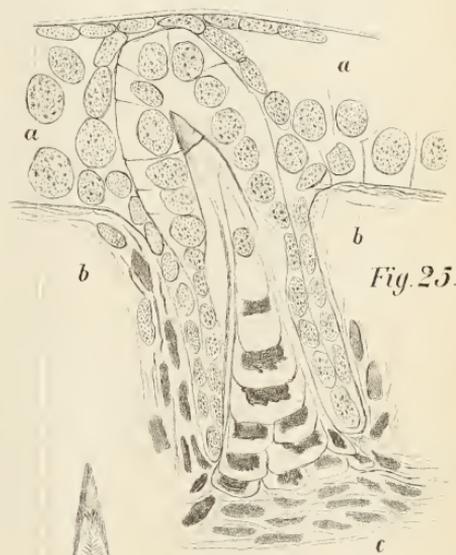


Fig. 25.



Fig. 27.



Fig. 28.



Fig. 29.

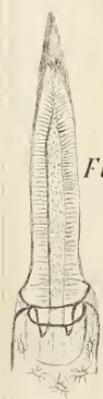


Fig. 31.

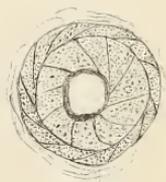


Fig. 26.

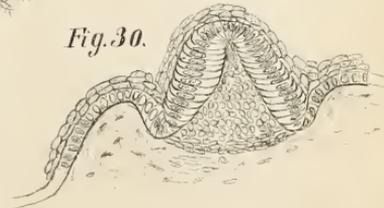


Fig. 30.