

Ueber den  
**Zahnbau von Myliobates**  
und dem  
verwandten Rochen Trikeras.

---

Von  
**Dr. E. Harless.**

---

**Mit drei Tafeln.**

---

Tab. 8. fig. 1. genommen ist, welche die Ansicht des ganzen Gebisses darstellt. Alle übrigen Abbildungen sind nach meinen eigenen Untersuchungen von mir selbst gezeichnet, und da ich noch mehr in das feinere Detail bei der Untersuchung und Darstellung eingehen konnte, als dies Owen in seinem grossen Werke möglich war, so glaube ich einem ergänzenden Beitrag hier eine Stelle gönnen zu dürfen, um so mehr als ich in Beziehung auf die Entwicklungsgeschichte und die chemische Zusammensetzung dieser interessanten, von der Kalabrigation lebender Thiere so abweichenden

**Von Koch in Triest wurde eine neue Rochenart, Trikeras,** vor einigen Jahren um die Zeit meines Aufenthaltes daselbst entdeckt. So viel ich weiss, sind bis jetzt nur 2 Exemplare im Triestiner Museum. Die Aehnlichkeit des Zahnbaues bei diesem Thiere mit dem bei *Myliobates aquila*, lässt mit Bestimmtheit vermuthen, dass auch die feinere Struktur keine wesentliche Differenz bei beiden darbiete. Bei der Seltenheit des Vorkommens von *Trikeras* konnte ich nicht das Gebiss dieses Rochens erhalten; dafür hatte Herr Direktor Koch die Güte, mir ein sehr schönes Gebiss von *Myliobates aquila* und mehrere Embryonen und ganz junge Thiere dieser Species zu überlassen, an welchen die nachfolgenden Untersuchungen gemacht sind. Es dürfte diese Untersuchung einerseits als Beitrag zu der zoologischen Beschreibung des neuen Rochen, welche von Herrn Director Koch an einem anderen Orte geliefert worden, andererseits als Gegenstück zu der von Herrn Professor Erdl gelieferten Anatomie der Zähne in diesen Blättern einen Platz finden.

Die Zähne von *Trikeras* haben die grösste Aehnlichkeit mit denen von *Myliobates aquila* sowohl ihrer äusseren Form als ihrer inneren Struktur nach. Eine Beschreibung der letzteren haben wir in Owen's vortrefflichem Werk, aus welchem auch die Abbildung

Tab. 3. Fig. 1. genommen ist, welche die Ansicht des ganzen Gebisses darstellt. Alle übrigen Abbildungen sind nach meinen eigenen Untersuchungen von mir selbst gezeichnet, und da ich noch mehr in das feinere Detail bei der Untersuchung und Darstellung eingehen konnte, als dies Owen in seinem grossen Werke möglich war, so glaube ich einem ergänzenden Beitrag hier eine Stelle gönnen zu dürfen, um so mehr, als ich in Beziehung auf die Entwicklungsgeschichte und die chemische Zusammensetzung dieser interessanten, von der Zahnbildung höherer Thiere so abweichenden Formationen manches Neue beizubringen im Stande bin, was Owen nicht berührt hat.

Was zuerst die zahortragenden Knorpel und ihre Verbindung mit den Zähnen betrifft, so ist zu erwähnen, dass jene vom vergleichend anatomischen Standpunkt als die verschmolzenen ossa maxillaria und intermaxillaria einerseits und die zusammenstossenden Articular- und Dentalelemente der unteren Kinnlade andererseits zu betrachten sind \*). Lippenknorpel fehlen wie bei Raja Trychon, Rhinobates, Cephalophora und Myliobates, so auch bei Trikeras.

Eben so wenig wie jeder andere Knorpelfisch besitzt Trikeras Zähne, welche in Alveolarhöhlen der Mandibeln eingesenkt wären, sondern sie sitzen auf der mit fibrösen Fasern durchwebten Schleimhaut auf, welche die Maxillarknorpeln überkleidet.

Diese Knorpeln selbst zeigen bei Trikeras ähnlich wie bei Myliobates eine eigenthümliche Struktur, welche die übrigen Knorpel dieser Thiere nicht besitzen. Sie bestehen nämlich nicht aus

---

\*) Owen l. c. p. 25.

einer homogenen Masse, in welcher die einzelnen Mischungs- und Form-Bestandtheile gleichmässig verbreitet sind, sondern man gewahrt auf ihrer Oberfläche, am besten, wenn sie getrocknet sind, mit blossem Auge eine Menge dichtstehender polygonaler, meist sechseckiger Figuren, welche dem Ganzen das Aussehen einer Mosaik geben. Dass dieses nicht der Oberfläche allein angehört, sondern durch die ganze Dicke des Knorpels hindurch geht, sieht man leicht, wenn man einen solchen Knorpel bricht, wobei die Bruchfläche jedesmal entsprechend den Ecken der Polygone eine Menge von Kanten zeigt, so dass also der ganze Knorpel aus einer unendlichen Menge neben einander stehender Säulen gebildet ist \*). Bei ganz jungen Thieren ist die Oberfläche so wie das ganze Innere des Knorpels homogen, gebildet aus Knorpelzellen und ihrer strukturlosen Intercellularsubstanz. Die Knorpelzellen messen im Durchschnitt 0,004''' in der Breite, 0,007''' in der Länge.

Bei etwas älteren Embryonen von *Myliobates aquila* fand ich diese homogene Grundlage des Knorpels in so fern verändert, als sich dunkle Anhäufungen an der oberen und unteren Grenze der Mandibeln zeigten, wie man auf Tab. 3. Fig. 5. bei b sieht, wo c d der Durchschnitt der dicken Schleimhaut ist, in der sich später die Zähne entwickeln. Bei a ist der Knorpel noch ganz pellucid, die Intercellularsubstanz fast ganz glashell, nur mit wenigen dunk-

---

\*) Dicht aneinander gereiht, ohne irgend einen Zwischenraum zu zeigen, stehen diese Säulen in einer 2''' mächtigen Schicht in der ganzen Peripherie der Knorpel; weiter gegen die Mitte hin lassen sie häufig Lücken von oft ansehnlicher Grösse, wodurch bei getrockneten Präparaten der Durchschnitt einem Schwamm ähnlich sieht. Die Begrenzung dieser Hohlräume hat aber eine ganz ähnliche Gruppierung der Knorpel-elemente, wie an der Peripherie.

len Pünktchen bestreut, während unten und oben bei b zwei Schichten sich zeigen, in welchen die Intercellularsubstanz sehr dicht granulirt ist und ausserdem auch die Knorpelzellen viel dunklere Conturen besitzen, die in ihrem Innern selbst mit sehr dunkel conturirten, unregelmässig begrenzten Körperchen erfüllt sind. Auch sind diese begrenzten Knorpelzellen um merkliches grösser als die durchsichtigen leeren. Macht man nun mit der Oberfläche parallele Schnitte in dieser dunkleren Masse, so gewahrt man bald, dass diese dunkleren Ansammlungen nicht gleichmässig die ganze Schicht durchdringen, sondern es zeigt sich eine höchst zierliche Figur, der Begrenzung der einzelnen dunklen Ansammlungen entsprechend, wie auf Tab. 3. Fig. b wiedergegeben ist, wo man sieht, dass die dunkleren Massen sternförmige Figuren bilden, zwischen deren aneinander stossende Strahlen noch immer durchsichtige Knorpelmasse übrig bleibt. Je tiefer, entfernter von der Oberfläche man den Schnitt führt, um so mehr findet man die Strahlen verlängert und kommt zuletzt auf Schichten, wo man erkennt, dass von einem Punkte aus die Ablagerung der dunkleren Massen strahlenförmig fortschreitet. Offenbar wird also das Material dazu von den den Knorpel umschliessenden Gefässhäuten bezogen und dringt allmählich erst mehr gegen die Mitte vor. Dass dieses Material aus anorganischen Substanzen besteht, welche in so regelmässigen Formen deponirt werden, davon überzeugt uns schon der Widerstand, welchen dasselbe unseren Instrumenten entgegensetzt.

Die chemische Untersuchung zeigte denn auch, dass dies Kalkdeposita sind, welche sich sowohl in den Knorpelzellen als in der Intercellularsubstanz gebildet haben. — Wie aus jenen ursprünglich sternförmigen Figuren die sechseckigen Polygone der ausgebildeten Mandibeln durch weiteres Wachsthum sich entwickeln, bedarf keiner weiteren Erklärung. Uebrigens findet man in der schwammigen

Masse im Innern des Knorpels auch bei dem ausgebildeten Thiere noch sehr viele Formen, welche jenen sternförmigen Figuren gleich oder ähnlich sind, und die hier sehr leicht von einander sich trennen, wenn man den Knorpel eine kurze Zeit in heissem Wasser hat liegen lassen.

In chemischer Beziehung ist ein Unterschied zwischen den Knorpeln der embryonalen und entwickelten Mandibeln von grossem Interesse, nemlich der Mangel aller Magnesia in jenen, die bei dem erwachsenen Thiere sich in selbst nicht unbedeutender Menge vorfind. Die Analyse ergab nemlich in den Maxillarknochen des Embryo:

45,07 organische Bestandtheile (18,90 Fett, 27,07 Knorpel),

54,93 anorganische Bestandtheile.

100,00.

100,00 anorganische Bestandtheile enthielten:

4,00 in Wasser lösl. Salze,

15,09 Kohlensauren Kalk,

80,91 Phosphorsauren Kalk,

keine Spur Magnesia.

100,00.

Dagegen fanden sich in den Maxillarknorpeln der erwachsenen Thiere:

33,58 organische Substanz,

66,42 anorganische Bestandtheile.

100 Theile der letzteren enthielten:

12,08	<b>Kohlensauren Kalk,</b>
82,4	<b>Phosphorsauren Kalk,</b>
2,78	<b>Phosphorsaure Magnesia,</b>
2,74	<b>in Wasser lösliche Salze.</b>
100,00.	

Vergleicht man beide Analysen, so sieht man die Menge der in Wasser löslichen Salze sehr abnehmen; ebenso vermindert sich die relative Menge des kohlensauren Kalks, während die des phosphorsauren zunimmt. Gleichzeitig mit der späteren Entwicklung tritt auch die phosphorsaure Magnesia auf, welche bei dem Embryo noch vollkommen fehlt.

Wir gehen nun über zu der Beschreibung der Zähne, welche mittelst eines fibrösen Faserstratum an die Knorpeln angeheftet sind.

Die Zähne bilden zwei Platten sehr fester, reihenweis geordneter, dicht zusammenhängender Pflaster, beiderseits begrenzt von einer Anzahl rhombischer Säulen, deren Berührungsflächen ebenfalls fest aneinander liegen (Tab. 3. Fig. 1.). Beide Platten haben nicht gleiche Krümmungsflächen mit den entsprechenden Mandibeln, da ihre vordern Pflasterreihen nur halbmal so hoch sind als die hinteren. Dadurch wird die Berührungsfläche der Zahnplatten eine grössere, als wenn sie parallel der Oberfläche der Mandibeln wären. Die Zahnplatte des Unterkiefers bleibt aber gleichwohl viel flacher als die des Oberkiefers, so zwar, dass jener vollkommen horizontal bis an die sechste Pflasterreihe verläuft, um sich dann mit ganz flacher Wölbung nach unten umzubiegen. Die Zahnplatten des Oberkiefers dagegen bilden eine Krümmungsoberfläche, welche einem halben Cylinder angehört, dessen Radius c. 2 Centim. beträgt. Wenn gleich durch die Verjüngung der Höhenmasse sämtlicher

**Pflaster nach vorn die Berührungsfläche beider Zahnplatten um etwas vermehrt ist, so dient doch nur deren dritter Theil zum Kauen, nemlich an der oberen die 5te—8te, an der unteren die 4te—8te Pflasterreihe von vorn an gerechnet. Die vordersten, welche die grösste Härte besitzen, und die hinteren, welche, je näher dem Schlundeingang, um so weicher werden, dienen nicht als Kauflächen: an der unteren Mandibel wahrscheinlich zum Scharren oder Graben und Losreissen der Muscheln, welche in der Tiefe leben, in der jene Rochen nach Beute jagen. An jener oben bezeichneten, vorzüglich zum Kauen dienenden Stelle der Zahnplatten zeigt sich bei älteren Thieren deutlich ihre Abnutzung durch eine Vertiefung, wie sie etwa bei dem Aufeinanderreiben zweier Steine hervorgebracht wird. Ihre grösste Tiefe liegt an der Zahnplatte des Unterkiefers gerade der grössten Erhabenheit der Zahnplatte des Oberkiefers gegenüber, und zwar bildet diese Vertiefung nicht eine der Querachse der Mandibeln parallele Rinne, sondern eine mehr halbkuglige Grube, woraus sich die Art des Kauens dieser Thiere unmittelbar erkennen lässt. Es kann dieselbe nemlich nicht so seyn, dass die untere Mandibel an der oberen von links nach rechts und umgekehrt hin und her gerieben wird, sondern es geschieht das Kauen durch Vorwärts- und Rückwärts-Bewegung der Mandibel.**

Ausser dieser nicht in der ursprünglichen Formation der Zahnplatten gelegenen Unebenheit und Rauigkeit in dem vorderen Drittheil, sind dieselben auf ihrer Oberfläche vollkommen glatt und die Aneinanderfügung der Pflasterreihen ist, je weiter nach vorn, um so inniger, so dass sie dort den Fissuren alter Schädel gleicht, die nur noch durch schwache Andeutungen zu erkennen sind. Bis an die abgewetzte Kaufläche hin reicht oben und unten eine Falte der Rachenschleimhaut, wodurch die weicheren und nur locker in einander eingreifenden Pflasterreihen geschützt werden.

Die den Knorpeln aufsitzenden Flächen der Zahnplatten sind nicht glatt, sondern bestehen aus einer grossen Anzahl schmaler, hervorstehender Rippen, welche parallel der Längsachse der Mandibeln, also in einer Richtung verlaufen, welche die Richtung der 4—7mal breiteren Pflaster rechtwinklig schneidet. Doch bilden diese mit der Längsachse parallel laufenden Rippen keineswegs ein continuirliches System von der Länge des ganzen Zahns, auf dem die anderen querstehenden Pflaster aufgebaut wären, sondern jeder querlaufenden Pflasterreihe gehört ein System solcher Längsrippen an, wie man aus der entsprechenden Abtheilung der Rippen durch querlaufende seichte Einkerbungen erkennen kann.

Während die Breite der übergelagerten Pflasterreihen von hinten nach vorn abnimmt, bleiben sich die untergelagerten Rippen in ihren Dimensionen gleich (c. 1 Mill. breit) und laufen sämtlich parallel der Längsachse, geradlinig. Die Pflasterreihen dagegen werden nicht von geraden Linien begrenzt, sondern von Bögen, die, je weiter nach vorn, um so flacher, sämtlich mit ihrer Concavität nach hinten gerichtet sind.

Seitlich endigen die Pflaster mit einer schärferen oder stumpferen Kante, an deren Flächen sich die Flächen je zweier rhombischen Säulen anlegen, von deren dreifachen Reihen rechts und links\*) die mittleren langen Pflasterreihen begrenzt sind. Diese Säulen sind sowohl unter sich als mit den letzteren innig vereinigt und auch hier wieder vorn fester als hinten; ebenso sind sie hinten entsprechend den breiteren Mittelpflastern grösser als vorn, überall

\*) Bei einem Exemplar von Trikeras kommen auf der untern Seite 2, auf der andern 3 Reihen vor.

aber an ihrer Oberfläche eben und glatt, so dass sie weder über den Pflasterreihen, noch über einander selbst hervorragen. Die darunter liegenden Rippen verlaufen hier ebenso wie in der Mitte parallel der Längsachse und geradlinig, aber auch hier sieht man auf ihnen dieselbe Zeichnung in einander greifender Rauten wie oben an dem Pflaster, so dass also auch von dieser Abtheilung der Rippen in ihrer Beziehung zu dem Pflaster dasselbe gilt, was von den mittleren gesagt wurde.

Um die Festigkeit und Unverschiebbarkeit der einzelnen Theile des ganzen Zahns gegeneinander noch mehr zu sichern, läuft die längere Diagonale der Rauten nicht parallel der Längsachse des ganzen Zahns, sondern in einem sehr spitzen Winkel mit ihr.

Hie und da verschmelzen auch die zwei äussersten Säulenreihen hinten mit einander und gewinnen dadurch eine weniger regelmässige Begrenzung.

Durch diese gegenseitige Einkeilung der seitlichen und mittleren Parthien des ganzen Zahns wird eine ausserordentliche Festigkeit desselben gewonnen, trotzdem dass er aus gesonderten *nicht mit einander verwachsenen* Abtheilungen besteht, wie sich nach seiner Behandlung mit Salzsäure zeigt.

In Folge ihrer Einwirkung gewahrt man nemlich, dass die Pflaster an ihren Berührungsflächen wie Kämme in einander greifen, die durch eine Menge nicht symmetrisch geordneter, c.  $\frac{1}{4}$  Mill. weit auseinander stehender feiner Vorsprünge gebildet werden. Diese Vorsprünge finden sich in der ganzen Höhe der Wände, welche von hinten rechts und links das Pflaster begrenzen; doch endigen sie noch, ehe sie die äusserste glatte Oberfläche erreicht

haben, wo sie einen scharfen glänzenden,  $\frac{1}{2}$  Mill. breiten Rand übrig lassen, der an den gegenüberstehenden unmittelbar anstösst. Ebenso sind auch die randständigen Säulen in einander durch gegenseitig eingreifende Vorsprünge gefügt.

Isolirt man eine solche am Rand stehende Säule, so sieht man, dass sie mit einer kleineren Basis auf den unter ihr hinlaufenden Längsrippen aufsteht, als ihre Oberfläche an Umfang beträgt. Das rhombische Parallelepipedon hat unten nemlich einen Zapfen oder Stiel von bedeutend geringerem Umfang, mit dem es auf dem Rippensysteme aufsitzt; dadurch entsteht rings um diesen Stiel ein ringförmiger Canal (c.  $\frac{1}{2}$  Mill. im Durchmesser), welcher mit den nächsten zu einem System von Hohlräumen verschmilzt, das zwischen dem Pflaster und den Rippen die ganze Zahnplatte durchsetzt.

Das obere Dach dieser Rinnen wird von vorspringenden Plättchen gebildet, welche wie die obersten Kanten der Säulen nicht gezackt, sondern glatt sind (cf. Tab. 3. Fig. 2. d und die Erklärung der Abbildung). Diese um die Stiele der seitlichen Säulen herumlaufenden Hohlräume communiciren nicht allein unter einander, sondern auch mit den zwischen je zwei mittleren Pflasterreihen quer durch den Zahn gehenden und ebenso auch mit den zwischen je zwei Rippen befindlichen Rinnen, in welchen sich aller Wahrscheinlichkeit nach die das Innere des Zahns umspühlende Bildungsflüssigkeit befindet, welcher derselbe seine fortwährende Ernährung verdankt. Sie sind auch um so weiter, je grösser Säulen und Pflaster, also je weiter nach hinten, dort, wo überhaupt auch das Wachstum am meisten begünstigt werden muss. Wir werden hierauf noch später zurückkommen.

Ehe wir nun zur weiteren mikroskopischen Untersuchung der einzelnen Theile übergehen, werfen wir einen Blick auf die allgemeinen Strukturverhältnisse, so weit man sie mit schwacher Vergrößerung (durch eine einfache Lupe) bei auffallendem Licht erkennt. (Hiezu Tab. 1.)

Fig. 1. ist ein senkrechter Durchschnitt des unteren Zahns parallel der Längsachse des ganzen Zahns, also den Rippen.

Fig. 2. ist ein senkrechter Durchschnitt des oberen Zahns, ebenfalls parallel dem Verlauf der Rippen.

Fig. 3. ist ein senkrechter Durchschnitt desselben unteren Zahns in der Mitte geführt, parallel der Querachse des ganzen Zahns, also den Pflasterreihen.

Fig. 4. ist ein wagrechter Durchschnitt aus der Mitte der Höhe des unteren Zahns, parallel der Längsachse desselben, in der Nähe der mit der Richtung des Schnittes parallel laufenden Rippen.

Fig. 5. ist ein senkrechter Durchschnitt durch die randständigen rhombischen Säulen, parallel der Längsachse des unteren Zahns.

Fig. 6. ist ein wagrechter Durchschnitt durch den unteren Zahn von dem Rand bis gegen die Mitte in der Gegend derselben Längsachse, aber parallel geführt mit der Querachse des Zahns.

In Fig. 1, 2, 4, 5 gewahrt man als immer wiederkehrend eine stetige Abnahme der Menge und Grösse der sich verzweigenden Canäle, welche den Zahn in einer vorwaltend gegen die Kaufläche hin gehenden Richtung durchsetzen. Während in den hintersten

**Pflasterreihen** kaum noch ein Raum zwischen je zwei solchen sich dichotomisch theilenden Röhren übrig bleibt, wird derselbe, je weiter nach vorn, um so grösser, die Röhren dagegen um so feiner und seltener.

An sämtlichen vertikalen Durchschnitten findet man die Röhren nicht vollkommen sich bis an die Kaufäche fortsetzen, sondern sie hören immer feiner auslaufend, noch ehe sie den Rand erreicht haben, auf. Ihr Verlauf ist ziemlich parallel den Normalen der Curve, welche den Durchschnitt an der Kaufäche begrenzen, dagegen machen sie eine noch weniger stumpfwinklige Umbeugung nach hinten, da, wo das Pflaster auf den Rippen aufsitzt. An dieser Grenze liegen die Durchschnitte der sowohl parallel als rechtwinklig mit der Schnittfläche laufenden Canäle, welcher wir oben gedachten und die man an Fig. 2. und 5. besonders deutlich sieht.

In den Rippen und schon an der Grenze zwischen ihnen und den Pflasterreihen wird der Verlauf der Röhren viel unregelmässiger und sie stellen dort häufig mit einander anastomosirend ein enges Maschennetz dar, bei welchem die Maschen von hinten nach vorn immer weiter werden, indem die Durchmesser der Röhren selbst je mehr und mehr nach vorn kleiner werden.

Während die Röhren der Pflasterreihen nicht in einander übergehen und anastomosiren, findet dies dagegen (wie Fig. 6. zeigt) an der Grenze zwischen den Pflastern und Rippen in ausgedehntem Maasse statt, so dass also durch dieses zwischengelagerte Netz von Röhren sowohl alle Röhren in den Pflastern, als alle Röhren in den Rippen unter einander im Zusammenhange stehen.

Diese Verschiedenheit der einzelnen Parthieen, besonders der

vorderen und hinteren in Beziehung auf die Struktur, zeigt sich auch in der chemischen Zusammensetzung dieser Theile, woraus wir zugleich eine Einsicht in die Bestandtheile des Inhalts dieser Röhren gewinnen.

Zu dem Ende wurden die Zahuplatten in die hintere weiche, mittlere härtere und vorderste härteste Substanz getheilt und jede Parthie für sich analysirt.

Ich setze der Uebersicht wegen die Analysen, so weit sie hier von Interesse sind, tabellarisch neben einander.

I.	II.	III.	
Hint. weiche Substanz in 100 Th.	Mittl. härt. Subst. in 100 Th.	Vord. härteste Subst. in 100 Th.	im Oelbad bei 0,20 getrocknet.
52,26	63,5	77,3	Feuerfeste Bestandtheile.
39,8	20,4	10,2	Kohlens. Kalk.
2,2	38,5	62,3	Phosphors. Kalk.
2,5	4,3	4,3	Phosphors. Talkerde.
7,7	0,7	0,5	In Wasser lösl. Salze.
Grösstentheils Kochsalz, etwas phosphors. Natron und geringen Antheil, schwefel- und kohlens. Verbindungen,	wenig Chlor- verbindungen, wenig schwe- fels. Salze, viel phosphor- saure Salze,	noch weniger Chlor- verbindungen, mehr schwefels. Salze, sehr viel phosphor- saure Salze.	
0,8	0,5	0,2	Fett.
47,54	36,0	22,5	Organ. Bestandtheile.

Daraus folgt, dass in dem Maas, als die Anzahl und Grösse der sich verästelnden Röhren abnimmt, in dem Maas nimmt die Menge der feuerfesten Bestandtheile zu, die der organischen dagegen

ab, folglich ist der Inhalt jener Röhren hauptsächlich organische Substanz und die anorganische noch wo anders deponirt, als in den noch mit freiem Auge oder mit schwacher Vergrößerung sichtbaren Röhren. Zugleich sieht man, dass der kohlen saure Kalk gegen vorn hin immer mehr abnimmt und durch phosphorsauren Kalk ersetzt wird, der an Menge jenen in der vordersten Schichte fast um das sechsfache übertrifft. Ebenso werden der Chlorverbindungen nach vorn immer weniger, dagegen der Phosphorverbindungen und der in Wasser löslichen Salzen immer mehr.

Wir gehen nun zu den feineren Strukturverhältnissen jener Röhren und den weiteren mikroskopischen Elementen der Zähne über. Untersucht man an Präparaten, welche mit Salzsäure behandelt wurden, zuerst jene Vorsprünge, durch welche die einzelnen Pflasterreihen in einander eingreifen, so findet man eine Menge unregelmässig, meist mehr oder weniger geschlängelt verlaufender, kolbig oder lancettförmig endigender Körper (Tab. II. Fig. 1. A). Die Breite derselben beträgt  $0,04'' - 0,05''$ , die Dicke c.  $0,018''$ , die Länge  $0,25'' - 0,17''$ .

Die anfangs solid scheinenden Körper zeigen bei etwas stärkerer Vergrößerung zu beiden Seiten ungleich dicke Wände, welche einen mit dunklerer Masse erfüllten Hohlraum einschliessen, ähnlich wie der Cylinder eines Haares seinen dunklen Inhalt. Allein wenn man sich diese Körper ebenfalls als Cylinder vorstellt, so hat man eine ganz irrige Ansicht, und dass dort, wo mehr gegen das Innere, gegen die Achse einer randständigen Säule z. B. ein Querschnitt aussieht wie ein System durchschnittener runder oder wenigstens nahezu runder Canäle, Cylinder, mit ziemlich dicken Wandungen, wie auf Tab. 2. Fig. 2., rührt von etwas ganz anderem her und kann nur bei oberflächlicher Betrachtung so

gedeutet werden. Sowohl die Entwicklungsgeschichte als die weitere Analyse der in Salzsäure erweichten ausgebildeten Zähne führt zu ganz anderen Resultaten. Auf die Entwicklungsgeschichte komme ich später, hier also nur die weitere Zergliederung der ausgebildeten, mit Salzsäure behandelten Zähne.

Man sieht auf Tab. 2. Fig. 1. die in Rede stehenden, an den Seitenflächen der Säulen vorspringenden Körper mit ihrer ganzen Masse allmählig in die homogenere Masse übergehen, welche der Kaufläche zunächst liegt. Diese Masse besteht, bei stärkerer Vergrösserung als die hier angewendete betrachtet, aus einer Menge kleiner, runder, dunkler Körnchen, mit kleinen, ebenfalls dunklen Ausstrahlungen, offenbar also Knochenkörperchen. Dazwischen laufen dann grössere sich verzweigende Reiser, von denen später die Rede seyn soll; endlich findet man darin grosse Mengen von Häufchen, die aus unregelmässig gestalteten Körnchen bestehen, offenbar Deposita unorganischer Bestandtheile. Die Knochenkörperchen sind hier kaum  $0,002'''$  gross.

Diese homogenere Masse erstreckt sich von der Kaufläche aus an der Berührungsfläche zweier Säulen gegen  $0,13'''$  und darüber hinab, begleitet auch oft noch die vorstehenden Körper eine grosse Strecke an ihrem freien Rand. In dieser Masse wurzeln oben die letzteren mit einer nicht distinkt ausgesprochenen Grenze, die meist einen fast rechten Winkel mit der Achse des hervorragenden Theils des Körpers bildet. Das verwaschene Aussehen der Grenze rührt von einer grossen Menge dort ausgehender feiner Strahlen her, welche einer immer feiner werdenden Schraffirung gleicht.

Dort gehen unmerklich die zwei dunklen Streifen aus, welche die Körperchen an zwei Seiten begrenzen, [also durchaus nicht eine

ringsum gleichmässig dicke Hülle des ganzen Inhalts derselben darstellen, so dass das ganze Körperchen einem platt gedrückten Cylinder gleiche] wobei die dickere Substanz gleich zwei Wällen das Körperchen begrenzend bis an dessen freie Endigung hinläuft, und dann in stumpferen oder spitzeren Bogen schleifenartig zusammenstösst. Diese Substanz ist ganz solid, wie man sich auf schiefen oder horizontalen Durchschnitten überzeugen kann und besteht aus einem Fasergewebe, welches folgende Beschaffenheit hat. Der Verlauf der Fasern ist ein longitudinaler, und die Breite dieser Fasern beträgt nicht viel über 0,001<sup>mm</sup>. Es ist aber nicht möglich, eine Faser von einiger Länge frei heraus zu präpariren, da sie in ihrem Verlauf überall bald wieder unterbrochen wird durch eine Menge feiner, sich verzweigender Canälchen, welche sie quer durchsetzen. Dadurch bekommt man meist Plättchen statt Fasern zu Gesicht, und diese Plättchen zeigen sich ausserordentlich fein granulirt. Zwischen diesen Fasern finden sich keine oder nur äusserst spärlich Pünktchen mit strahlenförmigen Ausläufern; dagegen sind jene sie quer durchsetzenden Canälchen Ausläufer von Knochenkörperchen, welche in dem Achsencanal jener an den Flächen der Säulen hervorstehenden Körper in grosser Anzahl angehäuft sind. Die Structur eines solchen Körperchens ist also dort, wo es frei hervorragt und zwar an seinem Ende so, dass eine ungleichmässig dicke, vorn blind endigende Röhre, von über einander gelagerten, parallel unter sich und mit den äusseren Conturen des Körperchens verlaufenden Plättchen gebildet, einen Raum umschliesst, der im Innern erfüllt ist mit einer grossen Menge von Knochenkörperchen, die mit sehr langen Fortsätzen jene Röhre durchbohren, bis sie immer mehr und mehr in Aestchen sich zertheilend endlich, ehe sie die Peripherie des Körperchens erreicht haben, in kaum wahrnehmbaren Spitzchen auslaufen. (Tab. 2. Fig. 3. b.)

Die frei an den Wandflächen vorragenden Körper bilden denn auch die weitere ganze Masse der Säulen und der Pflasterreihen. Die Plattenlagen, welche als massige Wälle die freien Enden der Körper umgrenzen, werden je weiter gegen die Mitte der Säule zu um so regelmässiger gestellt, so dass sie durch ihre Aneinanderlagerung endlich zu den Wandungen sechsseitiger Zellenräume werden (wie man in Fig. 7. A, 2, 5, 8 auf Tab. 2. sieht), deren Entstehung eben allein daraus abzuleiten ist, dass jene an den isolirten Körpern wahrnehmbaren 2 dickeren Wandungen immer gegeneinander in bestimmte Winkel gestellt werden.

Was in Beziehung auf die Strahlen der im Innern der freien Vorsprünge gelegenen Knochenkörperchen gesagt ist, gilt auch von den aggregirten Körpern in der Mitte der Säule oder des Pflasters, nur gehen sie durch die Wand hindurch, endigen nicht, ehe sie die Peripherie erreicht haben, sondern verbinden das System kalkführender Canälchen der einen sechsseitigen Zelle mit dem der daranstossenden zu derselben Pflasterreihe oder Raute gehörigen, durch eine äusserst feine Verzweigung ihrer Ausläufer.

Wenn nun auch die in der Achse der Zelle gelegenen Kalkröhren nicht mit denen der nächst gelegenen durch gleichweite Canäle communiciren, sondern nur durch äusserst feine Reiser, so communiciren die Kalkröhren selbst doch mit einander und zwar an der Basis der Säulen und Zahnpflaster, wo die Zellen ebenfalls mit einander anastomosiren, wie man aus den vertikalen Durchschnitten (Tab. 2. Fig. 1. B und Fig. 9. Fig. 4.) sieht.

Ehe wir die in den verschiedenen Parthien der Zähne sich ändernde Lagerung und Form jener hohen, meist sechsseitigen Zellen betrachten, wollen wir den ganzen Inhalt derselben noch genauer untersuchen.

Betrachten wir nehmlich einen horizontalen Durchschnitt, so finden wir die durchschnittenen Zellenwandungen als sechsseitige Polygonale, in deren Innerem bei Präparaten, die in Salzsäure gelegen hatten, erstens die Oeffnung eines centralen Canales als rundes oder ovales dunkelbegrenztes Loch erscheint. Von diesem Loch aus (Tab. 2. Fig. 15. b) gehen eine Menge feiner Canälchen (an der Austrittsstelle aus dem centralen Canal maassen die Canälchen  $0,0037''$ ), welche sich dichotomisch theilen als Radieu der kreisförmigen oder ovalen Areolen des centralen Canals. Diese Areolen füllen nicht ganz die sechsseitige Figur aus, sondern bleiben concentrisch mit der centralen Oeffnung und bestehen aus lauter Lamellen, wie man in c deutlich erkennt. So weit geht das Kalk- Depot.

Diese Verhältnisse haben darin ihren Grund, dass im Centrum die erdigen Bestandtheile durch keine weitere Masse zusammengehalten werden, sondern gleich einem Pulver in die Röhre eingefüllt sind, während in der Umgebung dieses centralen Canals die concentrischen Schichten die anorganischen Massen auch bei den feineren Schliffen in ihrer Lage erhalten. Aus diesem Grunde sind die Areolen bei nicht in Salzsäure erweichten Präparaten ganz undurchsichtig, und erst, wo die concentrischen Schichten aufhören, ist die Masse heller und durchsichtiger. — An solchen Stellen, wo die Kalkcanäle fast rechtwinklig ineinander übergehen, sieht man den lamellosen Bau ihrer Areolen am deutlichsten, wie in Tab. 2. Fig. 6, wo a die Lamellen der zu c gehörigen Areole, b die Lamellen der fast rechtwinklig auf ihr stehenden zweiten darstellt.

Die sechsseitigen Zellenräume sind in Beziehung auf ihre Grösse sehr verschieden, sowohl in den verschiedenen Pflaster- und Säulenreihen, als auch in den verschiedenen Tiefen ein und desselben Pflasters oder ein und derselben Säule. Ihre Hohlräume verjüngen

sich nehmlich immer mehr gegen die Kaufläche hin, so dass deren Durchschnitte hier einen dreimal geringeren Flächenraum einnehmen, als in der Basis. Dadurch würde nun eine keilförmige Gestalt eines ganzen Pflasters oder einer ganzen randständigen Säule entstehen, so dass die Spitze nach oben gerichtet wäre, und es würden die einzelnen Pflaster und Säulen nicht innig aneinander liegen können, sondern oben klaffend auseinander stehen. Die Spalträume sind aber ausgefüllt mit der Menge von Vorsprüngen, deren wir gleich anfangs gedachten, zugleich aber ist auch dadurch verhütet, dass die Wandungen der Zellräume um das dreifache gegen die Kaufläche hin breiter werden. (Fig. 16. senkrechter Durchschnitt eines Pflasters parallel der Längsachse des ganzen Zahns.)

Diese regelmässige Nebeneinanderstellung der Zellen, wie wir sie in dieser Figur kennen gelernt haben, findet sich aber nur bis gegen die Kaufläche und gegen die Basis hin. Ehe sie noch diese Grenzen erreicht haben, treten Unregelmässigkeiten und Abweichungen von ihrer Form auf, welche gegen die Kaufläche hin leichter zu übersehen sind als an der entgegengesetzten Grenze. — Nach oben (d. i. gegen die Kaufläche hin) zeigen sich Spaltungen einer Zellenwandung in zwei, also eine dichotomische Theilung, bei der jedoch die Wandung wieder fast so schmal wird als gegen die entgegengesetzte Grenze hin. Solche dichotomische Theilungen kommen an einer Wand einmal oder höchstens zweimal hintereinander vor und sie bleiben immer in gleicher Ebene mit einander. — Gegen die Kaufläche hin, c. 0,059''' davon entfernt, biegen sie schlingenförmig in einander um (Tab. 2. Fig. 16. d). Macht man daher ganz dicht unter der Kaufläche einen horizontalen Durchschnitt, so stösst man auf viel mehr unter einander ungleich grosse Zellen und zugleich auf viele geschlossene, welche eben durch jene schleifenartigen Umbiegungen der Zellenwände gedeckt sind. Und auch

hier gehen die **Ramificationen** der von ihnen eingeschlossenen **Kalkcanäle** durch sie hindurch, um mit denen der anstossenden **Zellen** zu **anastomosiren**, und diese Reihen durchsetzen mit kaum noch sichtbaren **Ausläufern** die ganze Dicke einer solchen **secundären** oder **tertiären Zellenwand**. — Weit verwickelter und ganz unregelmässig wird der Verlauf der **Zellenwandungen**, daher auch die **Lagerung** der von ihnen eingeschlossenen **Kalkcanäle**, gegen die **Basis** oder **Zahnwurzel** hin.

Noch einmal müssen wir erwähnen, dass jede einzelne **Pflasterreihe** und jede **Säule** mit der andern nur mechanisch bis zu dem **Theil der Basis** zusammenhängt, wo dieselbe mit einem glatten **Vorsprung** plötzlich in einen viel schmäleren **Stiel** übergeht, welcher **continuirlich** mit den darunter weggehenden **Rippen** zusammenhängt.

In diesen **Stielen** der **randständigen Säulen**, die natürlich in den **Pflasterreihen** zu **Leisten** von ziemlicher **Breite** werden, welche **rechtwinklig** auf den **Rippen** stehen, in diesen **Stielen** und schon etwas früher fangen die **Zellenwandungen** an, ebenfalls sich **dichotomisch** zu theilen und zugleich sich gegen **rückwärts** umzubiegen. Indem nun diese **Theilung** öfter und öfter geschieht, werden von ihnen immer kleinere **Inseln** von **Substanz** mit **kalkführenden Canälchen** abgeschlossen, und indem diese **dichotomische Theilung** mit einer gewissen **Regelmässigkeit** in den **hinter** und **neben** einander liegenden **Ebenen** der **Säulen** und **Pflasterreihen** geschieht, entsteht ein **System** neuer **Zellenräume**, welche auf den anderen in **verschiedenen Winkeln** stehen: also ein nicht mehr weiter zu **entwirrendes**, nach den **verschiedensten Richtungen** verlaufendes **System** von **Zellenräumen**, die unter einander ebenso **communiciren**, wie die in ihnen liegenden **Kalkcanäle**, wie man auf **Tab. 2. Fig. 4.** und **Tab. 3. Fig. 9.** sieht. Man mag daher hier die **Schnitte** legen wie man

will: man stösst nie mehr auf jene regelmässigen schönen sechseckigen Zellenformen, sondern immer auf ganz unregelmässige Figuren, die von den verschieden weit und schief geöffneten Canälen und Zellenräumen herrühren.

Wie verhalten sich aber die Zellenräume noch weiter hinab an der Grenze der Rippen und Pflaster, wo das schwach bewaffnete Auge die Figur 4. auf Tab. 1. gewahrt? Ein Stückchen dieses horizontalen Durchschnittes ist auf Tab. 3. Fig. 11. bei einer Vergrösserung von 40 linear abgebildet. Man sieht das verworrene Netzwerk der Zellenwandungen des einen Pflasters a und das des daran grenzenden b. Beide sind von einander getrennt durch ein strahlenförmiges Fasergefüge, welches von den in Schlingen endigenden Zellenwandungen ausgeht und in regelmässigen Abständen die grossen Oeffnungen einschliesst, welche den Ausmündungen der einzelnen Rippenspatia in die Canäle entspricht, die an der eingekerbten Basis sämtlicher Pflasterreihen und Säulen hinlaufen (cf. oben). Dieselben Oeffnungen, welche wir auf Tab. 1. Fig. 4. symmetrisch neben und hinter einander stehen sehen. In diesem fächerförmigen Gefüge b (Tab. 3. Fig. 11.), dessen breitere Grenze stets der nächst vorderen Pflasterreihe zugekehrt ist, gewahrt man keine durchschnittenen Zellräume mehr, sondern nur eine Masse eng neben einander liegender radialer Streifen mit fast gar keiner dichotomischen Theilung, die jedoch gegen die beiden benachbarten Pflaster hin sich in eine unendliche Menge ganz feiner Reiser auflösen. Hie und da bemerkte ich einzelne verzweigte durchschnitene Stückchen von Canälen, so wie sie innerhalb der Zellenräume die Areolen der kalkführenden centralen Röhre durchsetzen (cf. Tab. 2. Fig. 15.). Ob die fächerförmig ausstrahlenden Linien Röhren sind oder wirkliche blos verkalkte Fasern (Tab. 3. Fig. 11. b), ist schwer zu entscheiden; ich glaube jedoch fast das letztere, indem

ich nie auf eigentliche deutlich erkennbare Lumina gestossen bin; die dünnsten Fasern, welche hier aber vorkommen, sind äusserst schmal und messen  $0,001''$ , doch kann ich die Röhrennatur dieser Streifen auch nicht mit aller Bestimmtheit läugnen. Mit welcher Unregelmässigkeit in dieser Gegend die Zellenräume und die von ihnen eingeschlossenen Kalkröhren verlaufen, sieht man auf Tab. 3. Fig. 11. a u. b, wo a u. b die Grenzen einer Pflasterreihe zeigen, und Fig. 9.

Wir kommen nun zur letzten hieher gehörigen Frage: ob nemlich jene den Fuss der Säulen und Pflaster umgrenzenden Hohlräume in direktem Zusammenhang mit den Zellenräumen stehen oder nicht. Schon mit blossem Auge sieht man die in Rede stehenden Hohlräume umschlossen von einer überall ganz glatten glänzenden Wandung, welche bei den in Salzsäure erweichten Präparaten eine feine Membran darstellt, welche die Dicke von  $0,21''$  hat, und in der sich mikroskopisch keine Spur von Zellenräumen mehr zeigt, indem diese vielmehr alle vorher gedeckt sind, wie unmittelbar unter der Kauffläche, nur dort etwas früher als hier. Diese Lamelle ist an einer Säule auf Tab. 3. Fig. 2. d angedeutet.

Die Structurverhältnisse dieser Lamellen stellen wir sogleich zusammen mit jenen der Kauffläche selbst, in welcher sich ebenfalls keine Zellenräume mehr befinden.

Es sind parallele Schichten von Fasern, welche zuerst parallel der Oberfläche, dann aber mehr und mehr wellenförmig verlaufen; gleichzeitig aber bemerkt man Faserzüge, welche jene rechtwinklig kreuzen, und von denen man sich bei genauer Einstellung überzeugt, dass sie mit jenen nicht in derselben Ebene liegen. Es scheint also ein senkrecht aufsteigendes und ein horizontales Faser-

stratum abwechselnd über einander zu liegen. Die horizontalen Schichten gehen weit verfolgbar herunter in die Masse, in welcher die Zellenräume liegen, und über deren Wandungen hinweg, wie man an ganz feinen Durchschnitten sieht. Zwischen den einzelnen Lagen ist eine grosse Menge langgestreckter Knochenkörperchen eingestreut, und je mehr nach hinten, um so mehr dichotomisch getheilte, ziemlich weite Canäle finden sich, welche von den Enden der Zellenräume auszustrahlen scheinen; je mehr nach vorn, um so weniger finden sich von letzteren in dem glatten Ueberzug und den Vorsprüngen der Zahnplaster.

Wir haben jetzt nur noch Weniges über den Bau der Rippen beizufügen, mittelst welcher die Zahnplatten in die Falten der fibrösen Schleimhaut eingebettet und festgehalten sind.

Die mikroskopischen Elemente sind hier dieselben, nur ist der Verlauf der Zellenräume und ihrer Kalkröhren ein viel unregelmässiger, wie man aus dem vertikalen, der Querachse der ganzen Zahnplatte parallelen Schnitte (Tab. 3. Fig. 10.) sieht. Das Gewebe *a* ist fibrös und gehört dem Knorpelüberzug der Mandibeln an. In jeder Rippe verläuft in ihrer Längsachse ein hie und da sich spaltender und dann wieder verschmelzender Knochencanal mit wenigen kurzen Seitenästen. Es ist schon früher bemerkt worden, dass diese Rippen, obwohl immer in einer Richtung, nemlich senkrecht auf die Richtung der Pflasterreihen gestellt, unter denselben verlaufen, so jedoch, dass man Abtheilungen an ihnen bemerkt, welche Linien bilden, die wieder parallel mit den Begrenzungen der Pflasterreihen verlaufen. Diese Linien liegen aber nicht in der gleichen senkrechten Ebene mit den Begrenzungen der Pflasterreihen, sondern wie etwa die senkrechten Linien der Steine bei einer Mauer, wodurch die Festigkeit des Ganzen natürlich noch mehr ge-

winnen muss. Eine Grenze der einzelnen Rippensysteme ist jedoch mikroskopisch nur bis zu sehr geringen Tiefen wahrnehmbar. Führt man nemlich Schnitte parallel ihrer Oberfläche, so findet man bei den ersten immer jene Umgebungen der Knochenkanäle in Bogenlinien geschlossen, da wo das eine System von Rippen an das nächste anstösst. Es wird also hier immer ein solcher Knochen-Canal beschränkt auf die Eine Rippe seines Systemes. Je mehr man aber solche Schnitte führt, um so häufiger stösst man auf Knochenkanäle, die jetzt unter der äusserlich als Einkerbung sichtbaren Grenze von einem System in das andere continuirlich übergehen.

So stellt also die ganze Zahnplatte eine aus Schichten, Kalk-Canälen grösseren Calibers und Knochenkörperchen gebildetes Gewebe dar, welches durch Wandungen in gewissen regelmässig gebildeten Räumen, theils longitudinal, theils vertikal gestellter Zellen abgetheilt ist.

Ueber die Entwicklungsweise dieser einzelnen Elemente kann ich Folgendes mittheilen: Die Zähne bilden sich nach und nach am hinteren Ende der Pflasterreihe in dem Maass, als sie vorn abgenützt werden \*). Unter dem Schutz einer Duplikatur der Schleimhaut entwickeln sie sich dort aus der unteren Lamelle derselben. Diese Schleimhaut besteht aus einem mächtigen Stratum geschichteten Epitheliums (Tab. 3. Fig. 5. d), dessen Zellen zu oberst die deutlichsten Formen des Pflasterepithels bieten, während man weiter nach innen gegen den Knorpel zu einzelne spindelförmig ausgezogene Zellen, also beginnende Faserbildung, entdeckt. Unter diesem geschichteten Pflaster-Epithelium findet sich eine etwas weniger breite Lage von fibrösen

---

\*) Cf. Owen l. c. p. 48.

Fasern von wellenförmigem Verlauf (Fig. 5. c), die in ihrem Verlauf mit der Ebene der Knorpelplatten einen ziemlich spitzen Winkel machen.

Das Pflasterepithelium hat eine sehr glatte Oberfläche ohne alle Hervorragungen, allein es lässt sich noch keine darstellbare Haut als gesonderter Ueberzug bemerken. Nach und nach bildet sich jedoch eine ganz schmale unmessbare, völlig durchsichtige Schicht.

Dann beginnt das Epithelium immer mehr undurchsichtig zu werden, die Conturen der einzelnen Zellen werden viel schärfer und dunkler. Durch Salzsäure werden sie unter Entwicklung von Kohlensäure vollkommen aufgeheilt. Es beginnt also zuerst das Epithelium zu verkalken. Andere Deposita von dieser anorganischen Substanz finden sich noch vorläufig in keinerlei Form. Zugleich waren aber noch andere Veränderungen in dieser fibrösen Schleimhaut vor sich gegangen. Es wachsen nehmlich einzelne Faserzüge in die Masse des Epitheliums hinein und gewinnen dadurch vollkommen das Aussehen von Darmzotten. Aus diesen Gebilden werden Röhren, deren Wand bald eine Stärke von  $0,0045'''$  bekommt und eben aus jenen Fasern gebildet ist (Tab. 3. Fig. 8. A). Das Innere dieser Röhren, deren Lumen bis zu  $0,022'''$  beträgt, ist mit einem feinkörnigen Inhalt erfüllt, welcher durch Salzsäure unter Entwicklung von sehr sparsamen Bläschen von Kohlensäure aufgeheilt wird. Hier scheint also der phosphorsaure Kalk vorzuherrschen. Man stösst bei horizontalen Schnitten auf die schönsten Netzwerke dieser Röhren, welche polygonale Inseln von verkalkten Epithelialzellen umschliessen (Tab. 3. Fig. 7. B). An den Rändern der Zahnpflaster, wo sich die früher erwähnten Schlingen befinden, sieht man denn auch schon hier die entsprechenden Gebilde (Fig. 8. B), wo nicht sehr selten aus dem Gipfel der nach

innen umgebogenen Schleife eine neue Röhre entspringt (c). So wie die Entwicklung etwas weiter vorgeschritten ist, wird es ausserordentlich schwer, zu entscheiden, ob diese Schleifen (Fig. 8. B) wirklich noch Röhren sind oder nicht. Man bemerkt erstens meist nur auf der einen Seite einen stärkeren Schatten, niemals eine scharfe Grenze eines inneren Canals, der sich durch die doppelte Contur seiner Wandungen zu erkennen geben müsste, sondern es sehen diese Gebilde dann wie solide Glasstäbchen aus mit sehr starkem Lichtbrechungsvermögen. Aus der regelmässigen Ueber-einanderstapelung dieser Maschen entstehen dann zuletzt jene Zellenräume, deren Verlauf im Obigen umständlich besprochen wurde.

Innerhalb dieser Zellenräume liegen die Gefässe und Nerven, und die Ausschwitzung der ersteren verkalkt immer mehr, so dass zuerst ein in der Achse verlaufender Kalkcanal entsteht, von dem aus die Seitenzweige radial ausstrahlen, während gleichzeitig um den centralen Canal immer mehr und mehr Lamellen sich bilden, die verknöchern und durch ihre Verdickung endlich das Lumen ganz schliessen, in welchem sich die Gefässe befunden hatten, die dann in dem entwickelten Zahn nur noch in den den Knorpeln näher gelegenen Parthien persistiren.

In der Anfangs ganz structurlosen glashellen Haut, welche sich über dem Epithelium hinzieht (Tab. 2. Fig. 10. a), finden sich dann später äusserst dunkle Faserzüge parallel der Kaufläche, die in dicken Strängen neben einander liegen (Tab. 2. Fig. 11. a). Auf ihnen stehen glashelle, unregelmässig begrenzte Platten (b). Nach Behandlung mit Salzsäure hellen sich diese dunklen Faserbündel unter Entwicklung von Kohlensäure auf, und ihre Elemente (11. c u. d) von 0,007<sup>mm</sup> Breite haben grosse Aehnlichkeit mit Nervenprimitivröhren, deren Inhalt geronnen ist. Bei gelungenen sehr dün-

nen Durchschnitten erkennt man die Structur dieser Fasern (Tab. 2. Fig. 13.) genau. Sie zeigen da einige Aehnlichkeit mit animalen Muskelfasern, indem man eine grosse Menge dicht hinter einander stehender Querstreifen findet, welche jedoch auf den verschiedenen Fasern abwechselnd in verschiedenen Richtungen verlaufen (Fig. 13.). Es sind dieses Schmelzfasern, und die eigentliche Structur der auch hier nicht fehlenden Schmelzsubstanz ist ganz analog der bei höheren Thieren. Es sind nemlich kleine über einander geschichtete sehr niedrige Säulchen, oft mit dunkleren Punkten in ihrem Innern (2. 10. b), welche eine Verwechslung mit Zellen einen Augenblick zulassen könnten. Man sieht diese Theile auch bei sehr dünnen Schnitten auf der äussersten Oberfläche der entwickelten Zähne.

Unter dieser Membran entwickelt sich sehr bald in dem angrenzenden Epithel eine Menge von Knochenkörperchen (Fig. 14. a Tab. 2.), von denen einzelne zu grösseren erweiterten und verzweigten kurzen Canälchen werden, wie oben gezeigt wurde.

Ausser der erwähnten Vertheilung des kohlensauren und phosphorsauren Kalkes war mir das Auftreten von Cholestearin an einer sehr beschränkten Stelle eines ganz jungen unteren Zahnes bemerkenswerth, nemlich nur an der hinteren Hälfte der 10ten Pflasterreihe (von vorn an gerechnet), während dieser Körper sich sonst nirgends fand.

Dann kommt noch bei ganz jungen Exemplaren ein Pigment vor, welches bei älteren Zähnen wieder verschwindet.

Die Reihe A (Tab. 3. Fig. 4.) hat nemlich eine ganz blasse fleischfarbige Oberfläche, die Reihe B eine röstfarbene, die Reihe

C eine bernsteingelbe. Die Farbe bei A und B verschwindet nach längerem Liegen des Präparats in kaltem Alkohol gänzlich, dagegen wird die bernsteingelbe Farbe von Alkohol durchaus nicht verändert.

Diese Farbunterschiede in den einzelnen Abtheilungen des Zahnes verschwinden nach und nach, und zuletzt ist die ganze Oberfläche graulich gelb.

Was nun die Vergleichung der verschiedenen Elemente dieser Rochenzähne mit denen der Zähne höherer Thiere und des Menschen betrifft, so dürfte Folgendes noch zu erwähnen seyn:

Eine Schmelzsubstanz fehlt diesen Zähnen nicht und weicht in ihrer Formation im Wesentlichen durchaus nicht ab von dem, was Henle und Gerlach hiebei gefunden haben; nur stellt sich der Bau des Schmelzes noch leichter deutlich heraus, als bei anderen Zähnen. Auch hier nemlich jene wellenförmigen äusserst feinen Linien und jene Prismen, welche zuerst als die oben beschriebenen glasartigen Plättchen auftreten. Zugleich aber findet man ganz deutlich erkennbare, in weitem Verlauf isolirbare Fasern (Tab. 2. Fig. 11. c D), welche neben den glashellen Plättchen wenigstens in gewissen Entwicklungsstadien gefunden werden.

Als Zahnhöhle figurirt hier ein ganzes System mit einander in Communication stehender Canäle zwischen je zwei Pflasterreihen und um jede randständige Raute sich hinziehend.

Die übrigen Theile des Zahnes zerfallen in zwei Parthieen, nemlich in das Zahnbein und das Cement.

Als **Zahnbein** wird nemlich bei den **Zähnen** höherer Thiere und des **Menschen** diejenige **Parthie** beschrieben, welche von weisser Farbe bei feinen Schlifften perlmutterglänzend ist, eine homogene Grundsubstanz darstellend, durch welche feine Röhren nach der Oberfläche des Zahns hinlaufen.

Henle beschreibt ferner die Grundsubstanz des Zahnbeines als faserig, wobei immer zwischen je zwei Fasern ein Röhren verlaufe, Gerlach konnte jedoch solche Fasern nicht isolirt darstellen\*).

Die wesentlichsten Elemente wären sonach die feinen sich verzweigenden Canälchen und die Fasern.

Wir finden dieselben Elemente auch in dem **Rochenzahn**. Dürfen wir auch argwöhnen, dass die parallel verlaufenden Längsfasern (Tab. 2. Fig. 6. a) Kunstprodukte des Schnittes sind, so können wir dies von den concentrischen Linien (auf derselben Figur b) nicht annehmen. Ausserdem zeigt auch die Entwicklungsgeschichte das ursprüngliche Vorhandenseyn von Fasern (Tab. 3. Fig. 8. A), wenn gleich diese Faserstructur später sich mehr verwischen sollte.

Gehen wir, um uns mehr verständlich zu machen, zurück zu den auf der natürlichen Grenze eines Pflasters oder einer Säule vorragenden zapfenartigen Körperchen, so finden wir die den Hohlraum umschliessenden Wände aus solchen Fasern gebildet, von den verzweigten Kanälchen durchbohrt, die aus jenem inneren Raum entspringen.

---

\*) Gerlach, Handbuch der allgemeinen und speciellen Geweblehre p. 148 ff.

Dieses also dürfte die eigentliche Zahnschmelz des Zahnbeins seyn (auf Tab. 2. Fig. 16. a b, Fig. 3. b, Fig. A. Tab. 3. Fig. 9. Substanz zwischen c c).

Ist dann für die Knochensubstanz und für das Cement der Zähne charakteristisch: eine grosse Menge von Knochenkörperchen, deren Ausläufer mit den Endverzweigungen der Zahnröhrchen communiciren, so werden wir die Analogie hiefür bei unseren Zähnen in den Räumen zu suchen haben, welche ganz mit Knochenkörperchen erfüllt sind (Tab. 2. Fig. 15. b, Fig. 16. e, Fig. 3. a, Fig. 7. B. Tab. 3. Fig. 9. c c etc.). Die Ausläufer der Knochenkörperchen setzen sich unmittelbar in die Röhrchen der umgebenden Zahnschmelz fort, und sehr häufig trifft man auf Verbindungscanälchen zwischen je zwei solchen mit Knochenkörperchen erfüllten Röhren innerhalb derselben Säule oder desselben Pflasters.

Die mit Ramificationen versehenen grösseren und kleineren Punkte, welche man in der Zahnschmelz bei sehr dünnen Schliffen findet, sind keineswegs als Knochenkörperchen zu betrachten, sondern gleichen nur Knotenpunkten der Ausläufer unter einander communicirender Röhrchen, deren senkrecht aufsteigendes Canälchen quer durchschnitten ist.

Der ganze Zahn stellt uns daher eine mit Schmelz an der Oberfläche überkleidete Grundsubstanz (Zahnbein) dar, in welche theils senkrecht (in der ganzen Höhe der Säule), theils schief (gegen deren Basis hin), theils horizontal (in den Rippen) Knochensubstanz in der Form von Strängen eingesprengt ist, welche oben und unten mehr oder weniger Aeste durch dichotomische Theilung abgeben, und von denen strahlenförmig Röhrchen in jene übergehen, die immer mehr sich verzweigend die Grundsubstanz durchsetzen, um mit

den Röhren der nächstgelegenen Knochensubstanz zu communiciren. Diese Grundsubstanz ist im Ganzen überall die gleiche. Ein Unterschied findet sich nur in Beziehung auf die grössere oder geringere Menge darin enthaltenen anorganischen Kalkes, die am grössten ist in der um den centralen Canal befindlichen concentrischen Schichtung, am geringsten zwischen dieser und der polygonalen Begrenzung (Tab. 2. 15. a), grösser wieder in dieser, durch welche eben diese Begrenzung als dunklerer Streifen (Tab. 2. Fig. 15. a) optisch sich darstellt. Während der Entwicklung des Zahns oder bei dem allmählichen Verschieben der hinteren Parthieen nach vorn tritt der Charakter der Knochensubstanz immer deutlicher hervor, indem die Kalkdeposita sich dabei theils in der Knochensubstanz vermehren, theils diese selbst immer mehr auf Kosten der sich vergrössernden Grundsubstanz eingeengt wird, und in den vordersten Pflasterreihen in der Form sehr dünner und seltenerer mit Kalksalzen und Knochenkörperchen erfüllter Röhren persistiren. Die Grundsubstanz entwickelt sich denn auch zuerst in jener auf Tab. 3. Fig. 7. dargestellten Weise und dann erst die eigentliche Knochensubstanz in den Lücken derselben. Zeugniß von dieser embryonalen Entwicklung der Grundsubstanz aus Zellen liefert selbst noch die Untersuchung derselben an ausgebildeten Zähnen nach ihrer Behandlung mit Schwefelsäure, wobei ganz deutlich Zellen, ja selbst mit ihren Kernen nach vollkommener Extraction der Kalksalze, zum Vorschein kommen. Dann verschwinden auch die ästigen Canäle in ihr, welche man also als ganz imprägnirt, ja man darf sagen, als solid geworden durch diese anorganischen Bestandtheile betrachten darf. Je ein Pflaster und je eine Säule bilden immer einen Zahn, von dem nie Kalkröhren zu dem nächsten wo anders als in der Gegend der Rippen übergehen.

## Erklärung der Kupfertafeln.

---

### Tab. 1.

Die Erklärung der Figuren ist auf pag. 853. im Text bereits gegeben.

### Tab. 2.

- Fig. 1. Senkrechter Schnitt parallel der senkrechten Wand einer Platte oder Säule, wobei oben die vorspringenden Körper gesehen werden, die an je zwei Wänden zahnartig in einander greifen A. — Gegen B hin ist ihr Verlauf geändert, wodurch hier ihre Durchschnitte gesehen werden.
- Fig. 2. Durchschnitt parallel der Kaufläche, dieser ziemlich nahe.
- Fig. 3. Feiner Durchschnitt eines der an der Wand hervorstehenden Körper, die in Fig. 1. bei geringerer Vergrößerung gezeichnet sind. a der centrale Canal; b die Wandung, in welcher die Ausläufer des centralen Canales sich zeigen.
- Fig. 4. Horizontaler Durchschnitt in der Nähe der Rippengegend. a geschlossene, b geöffnete Canäle mit ihren Anastomosen.
- Fig. 5. Nicht ganz horizontaler Schnitt in der Gegend der Wand des Pflasters, wobei einzelne Canäle schief geöffnet sind.
- Fig. 6. Feinster Durchschnitt an einer Stelle, wo zwei Canäle fast ganz senkrecht auf einander stehen. Die concentrischen Schichten gehören dem senkrecht auf dem Canal b stehenden, die parallelen dem theilweise geöffneten Canal b an.
- Fig. 7. Ein senkrechter Schnitt parallel der Längsachse einer Pflasterreihe gegen die Basis hin. Bei A noch die mehr regelmässige polygonale Begrenzung der Zellräume, während bei B durch denselben Schnitt schon mehrere Canäle der Länge nach geöffnet sind. Der ganze Schnitt ist dicht über den Rippen geführt.
- Fig. 8. Ein wagrechter Schnitt aus jener Gegend.

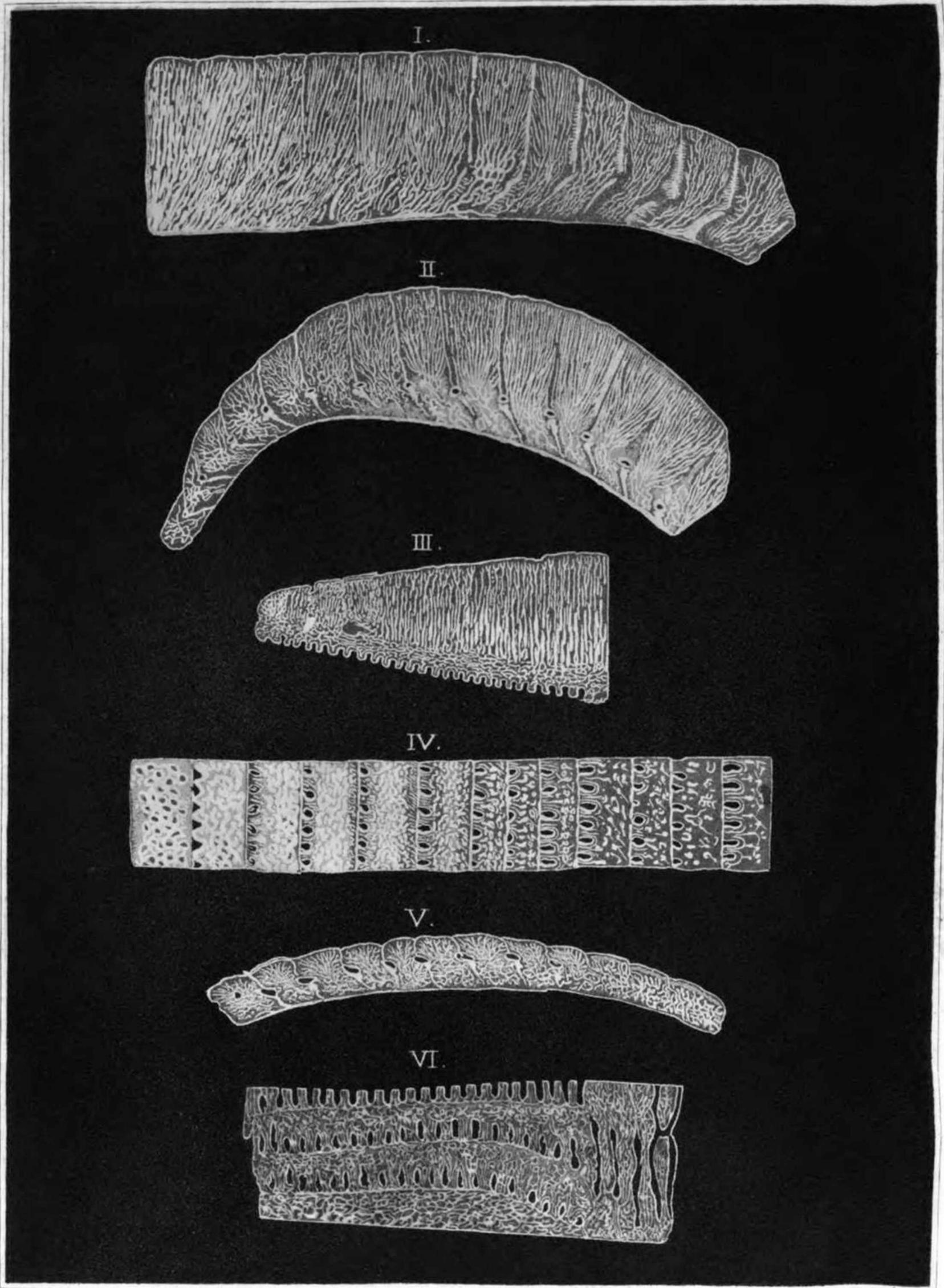
- Fig. 9.** Durchschnitt eines Pflasters parallel der Längsachse der Kaufläche:  
 a. die Wandungen der Zellräume,  
 b. die Kalkcanäle in der Nähe der Kaufläche.
- Fig. 10.** Beginnende Schmelzbildung:  
 a. die feine überziehende Membran,  
 b. die zellenähnlichen Schmelzplättchen.
- Fig. 11.** Schmelzsubstanz auf einem früheren Entwicklungsstadium:  
 a. Faserbündel derselben,  
 b. Schmelzplättchen,  
 c. primitive Fasern der Schmelzsubstanz,  
 d. die letzteren stärker vergrößert und mit Salzsäure behandelt.
- Fig. 12.** Erste Entwicklung von Fasern im Schmelz: a b c wie in der vorigen Figur.
- Fig. 13.** Eben vollendete Entwicklung der Schmelzsubstanz:  
 a. die wellenförmig verlaufenden Schichten,  
 b. die zerklüfteten Plättchen.
- Fig. 14.** Erstes Auftreten von Knochenkörperchen a, unter der Kaufläche b.
- Fig. 15.** Horizontaler Durchschnitt einer 6seitigen Zahnzelle mit ihrem centralen Canal b, den davon ausgehenden ramificirten Seitencanälchen d in der Areole und der dunkleren Wandbegrenzung der Zelle c. — a Wandung der daranstossenden Zelle.
- Fig. 16.** Senkrechter Durchschnitt, wobei man die Verdickung der Zellenwandung a bei b und deren schleifenförmige Umbiegung bei d nach ihrer dichotomischen Theilung bei c sieht. e das Kalkdepot mit seinen Ausstrahlungen in die Zellenwandungen.

## Tab. 3.

- Fig. 1.** Die aus Owens Werk entlehnte Abbildung des ganzen Gebisses von *Myliobates aquila*.
- Fig. 2.** Eine randständige Säule mit der Lupe betrachtet. A der Körper der Säule. b der verjüngte Stiel derselben, um welchen der ringförmige Ernährungscanal läuft. c die Kaufläche. d der dachförmige Vorsprung über dem Ernährungscanal. B die Rippen.

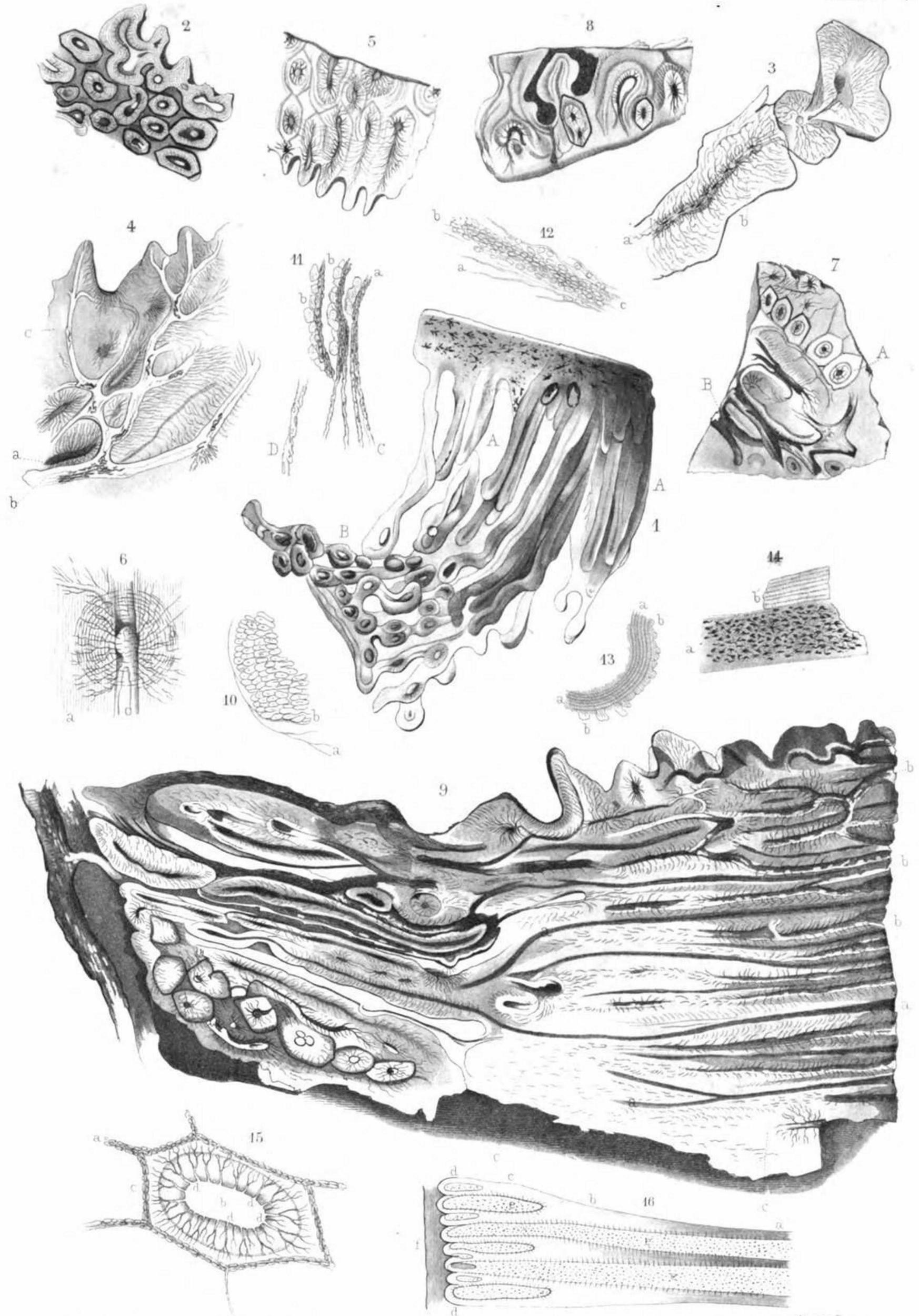
90\*

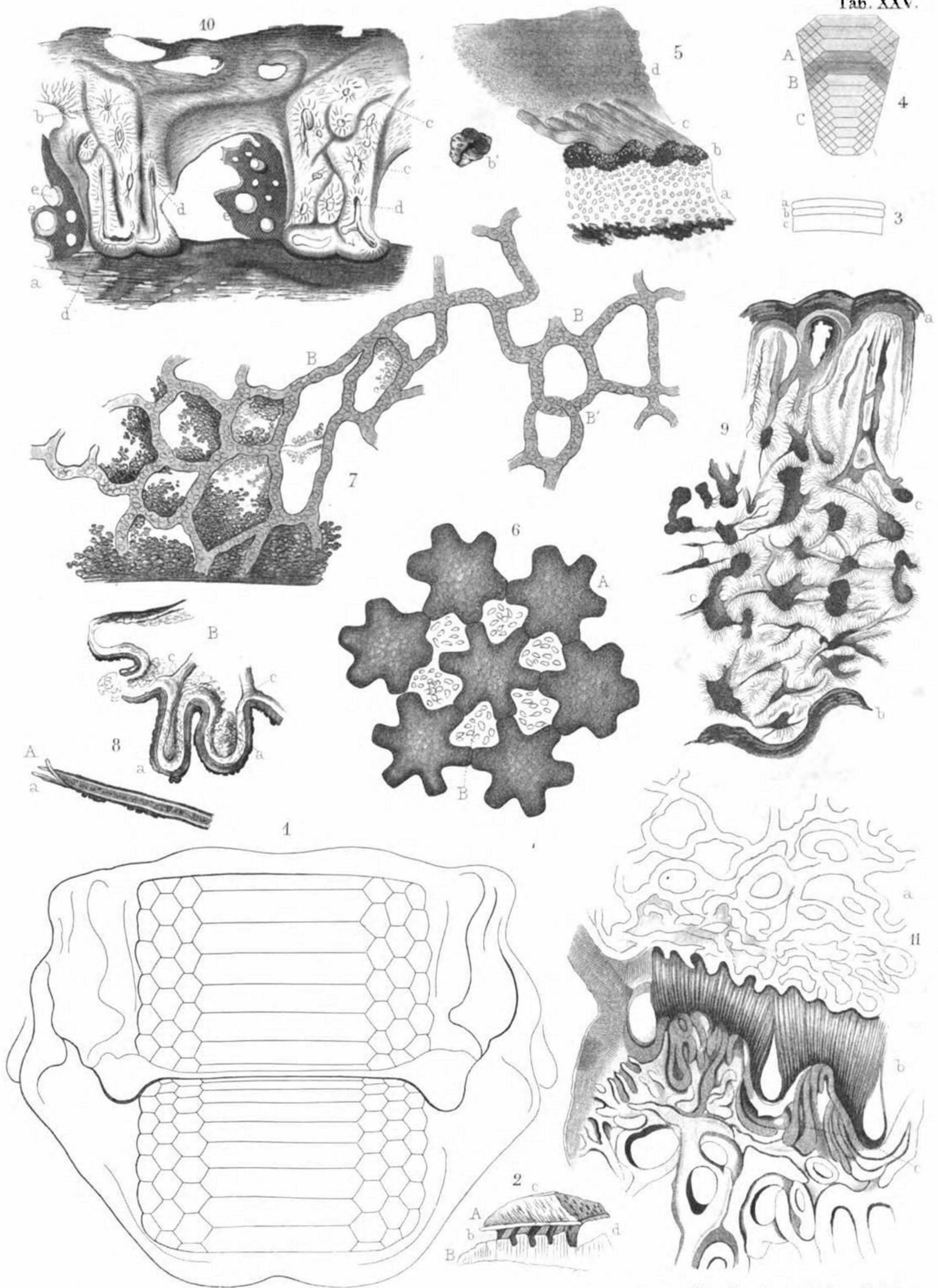
- Fig. 3. Ideale Figur der ersten Anlage des Zahns: a oberes, b unteres Blatt der Schleimhaut, c. knorpelige Grundlage (cf. Fig. 5).
- Fig. 4. Die Kaufläche eines Zahnes von einem jungen *Myliobates aquila*: A die fleischfarbige, B die rothfarbene, c die bernsteingelbe Zahnreihe.
- Fig. 5. Zur ersten Entwicklung des Zahns: a die knorpelige Mandibel, b erstes Kalkdepositum in ihr, b' ein solches einzeln stärker vergrößert, c das fibröse Faserstratum, d das geschichtete Epithelium.
- Fig. 6. Die Schicht b der vorigen Figur von oben betrachtet. A die sternförmigen Kalkdeposita mit dazwischen liegender Knorpelsubstanz B.
- Fig. 7. Erste Bildung von netzförmigen Abtheilungen B in dem geschichteten Epithelium A, die hier und da wie Glieder einer Kette ineinander hängen B'.
- Fig. 8. Aa die Fasern einer solchen Abtheilung, B ihre freien schlingenförmigen Umbiegungen an der Wand einer Pflasterreihe, a ihre Canäle, c eingeschlossene Zellenlager.
- Fig. 9. Horizontaler Durchschnitt einer Pflasterreihe gegen die Rippen hin. a u. b Grenzen der Pflasterreihen, c die in den verschiedensten Richtungen verlaufenden Kalkcanäle.
- Fig. 10. Senkrechter Durchschnitt zweier Rippen: a die fibröse Masse, durch welche die Zähne auf den Knorpeln befestigt sind. b u. d quergeöffnete Kalkcanäle, c die Zellenwandungen, e die Ernährungscanäle.
- Fig. 11. Horizontaler Durchschnitt zweier Pflasterreihen dicht über den Rippen. a u. c die verwickelten Zellräume, b die faserförmige Ausstrahlung als Brücke von einer Pflasterreihe zur andern.



Abh. d. math. phys. Cl. Bd. V. Abth. 3.

Zu Harlejs Abh. über den Zahnbau. Taf. 4.





Abh. 2. nach plus G. Bd. 7. Abb. 3.

Zu Hartlet's Abh. über den Zahnbau Taf. 3.