

Zur Kenntnis des gröberen und feineren Baues des Reusenapparates an den Kiemenbögen von *Selache maxima* Cuvier.

Von

Karl Hendricks

aus Homberg am Rhein.

(Aus dem anatomischen und zoologischen Institut der Westfälischen
Wilhelms-Universität zu Münster i. W.)

Mit Tafel XVIII, XIX und 5 Figuren im Text.

In neuester Zeit ist das Studium des Kiemenfilters bei den Fischen im allgemeinen und den Teleostiern im besonderen Gegenstand eingehender Untersuchungen geworden und hat das Interesse verschiedener Forscher hervorgerufen. Im folgenden gebe ich zunächst einen kurzen Überblick über die Hauptarbeiten auf diesem Gebiete.

Ein französischer Forscher, C. M. L. POPTA (53), untersuchte eine Anzahl von marinen und Süßwasserfischen aus der Gruppe der Teleostier und berücksichtigte behufs systematischer Gruppierung die morphologische Seite der »appendices des arcs branchiaux«. A. STEUER (68) beschränkte seine Untersuchungen auf die Fische der Adria und ordnet ebenfalls auf Grund der verschiedenen Ausbildung, des Fehlens oder Vorhandenseins der »Siebfortsätze« die etwa 35 untersuchten Teleostier-species in systematischer Hinsicht. Unter anderm macht er auf die interessante Tatsache aufmerksam, daß der Filterapparat sich an veränderte Nahrung anpassen kann. So zeigt nämlich *Pleuronectes* der Adria mehr Siebfortsätze als die nordische Species, und ebenfalls einen andern Darminhalt als für diese angegeben wurde. Die »Kiemen-Rechen« eines Ganoiden beschreibt A. D. IMMS (31) näher in seiner Arbeit »Note on the Gill-rakers of the Spoonbill Sturgeon, *Polyodon spathula*«. Sie bestehen hier aus Basis und Schaft, der quadratischen Querschnitt zeigt. Sie sind vollständig von der Kiemenschleimhaut bedeckt.

Endlich möchte ich die meisterhaften und wertvollen Arbeiten

von E. ZANDER (79, 80, 81) hervorheben, der feststellt, daß die Größe, Zahl und Anordnung der »Siebfortsätze« bei den verschiedenen Knochenfischen zwar sehr variiert, daß es aber »trotzdem gelingt, bei sorgfältiger Analyse bestimmte Eigenschaftskomplexe zu finden, welche eine Gruppierung der untersuchten Species ermöglichen«. Zugleich macht er noch eingehende Mitteilungen über seine zahlreichen Untersuchungen, die bezweckten, eine wechselseitige Beziehung zwischen der Nahrung und der Ausdehnung des Filterapparates festzustellen. Er erkannte (79), daß alle Raubfische (*Esox*, *Lota*) gar keinen oder einen schwach entwickelten Filterapparat besitzen, während sich bei den Friedfischen ein feines Filter vor den Kiemenspalten findet.

In all diesen Untersuchungen ist mehr die äußere Form und physiologische Bedeutung des Kiemenfilters eingehender betrachtet und beschrieben worden, während histologische Studien über die Kiemenbogenanhänge kaum bisher angestellt worden sind. Die älteren Ichthyologen beschränken ihre Untersuchungen allein auf die physiologische Bedeutung des Filters. So äußert CUVIER (11) (zitiert nach ZANDER) z. B. folgendes: »Die innere Kante der Kiemenbogen zieren kleine, knöcherne Platten, Zapfen oder Blättchen, die gewöhnlich mit Zähnen in spezifisch wechselnder Anordnung besetzt sind. Sie dienen allgemein dazu, die Substanzen, welche der Fisch verschlingt, festzuhalten und zu verhindern, daß dieselben mit dem Atemwasser entweichen und sich in den Falten der Atemplatte festsetzen. Diese kleinen Gebilde leisten in ihrer Weise dasselbe, wie die Epiglottis der Säugetiere und die Zähnchen am Kehlkopf der Vögel«.

Erwähnte »Siebfortsätze« bilden nun keineswegs ein spezifisches Merkmal für viele Teleostier, sondern auch bei den auf niedriger Organisationsstufe stehenden Selachiern finden sich ähnliche Gebilde an den Kiemenbögen in mehr oder weniger auffallender Größe, wenn auch nur bei sehr wenigen Formen, während Filterbildungen bei den Teleostiern sehr verbreitet sind. So zeigt neben *Rhinodon typicus* Smith nur noch *Selache maxima* Cuvier einen Reusenapparat, wie ich das Kiemenfilter bei diesen Elasmobranchiern nennen möchte, in einer Ausdehnung und prachtvollen Größe, wie ihn kein anderer Fisch besitzt. Sämtliche Kiemenbögen tragen hier in ihrer ganzen Ausdehnung hornartige Platten oder Stäbe von harter Beschaffenheit, die in ihrer Anordnung wie die Zinken eines Kammes sich gruppieren.

Herr Professor Dr. med. et phil. E. BALLOWITZ, Direktor des anatomischen und zoologischen Instituts der Westfälischen Wilhelms-Universität, machte mich darauf aufmerksam, daß dieser eigenartige

Reusenapparat von *Selache maxima* bisher noch nicht eine genügende Feststellung des gröberen und feineren Baues gefunden habe. Zwar sind diese seltsamen Gebilde den älteren Forschern im allgemeinen nicht unbekannt geblieben. So findet man beim Durchsehen der älteren ichthyologischen Literatur in verschiedenen Jahrzehnten über diesen Punkt mehr oder weniger kurze Mitteilungen, auf die ich im historischen Teile noch näher eingehen werde. TURNER (75) stellt z. B. diese Hartsubstanzgebilde in vergleichende Untersuchung zum Fischbein der Walfische »to see if they (Reusen) corresponded in structure with the plates of baleen«. Er läßt aber die Reusen in Hinsicht ihrer Beziehung zum Integument und die feinere histologische Untersuchung vollständig unberücksichtigt. Nirgends findet man Angaben über den Inhalt der Pulpa, die Beziehung der letzteren zu den Zahnbeinröhrchen, und auch die glänzende, schmelzartig harte Oberfläche der Reusen ist nirgends durch histologische Studien klargestellt worden. BRANDT (7), der in diesen eigentümlichen fransenartigen Anhängen eine Übergangsform zwischen Zähnen und Haaren erblickt, und nur auf Grund der Literatur Kenntnis von der näheren Beschaffenheit derselben gewonnen hat, findet, daß die Angaben über diese »dents-filiformes«, wie GERVAIS (18) die Reusen bezeichnet, höchst lückenhaft und unvollständig sind. Genannter Autor weist darauf hin, daß sich in der Arbeit von GERVAIS keine Angaben darüber vorfinden, »wie sich die Struktur der äußeren Bekleidung der Barten verhält, . . . so daß jedenfalls eine nochmalige Untersuchung der Kiemenbarten der Selache . . . in Betracht käme«. Diese Tatsache muß um so befremdender erscheinen, wenn man erwägt, ein wie großes Interesse den übrigen Hartsubstanzgebilden der Wirbeltiere in zahlreichen Arbeiten entgegengebracht wurde.

Unter diesen Umständen folgte ich gern den Vorschlägen meines verehrten langjährigen Lehrers, des Herrn Prof. BALLOWITZ, den Reusenapparat von *Selache maxima* in histologischer Beziehung zu untersuchen und besonders die histologische Struktur der Weichteile und die Beziehung zum Integument zu berücksichtigen. Das mir zu diesem Behufe überlassene wertvolle Material hatte Prof. BALLOWITZ von einer wissenschaftlichen Reise nach Norwegen, die er im Spätsommer des Jahres 1906 unternahm, aus Bergen mitgebracht. Die betreffenden Teile der Kiemenbögen, die von einem sehr großen Exemplar stammten, das in ausgestopftem Zustande im naturhistorischen Museum zu Bergen aufbewahrt wird, wurden in dankenswerter Weise von den beiden Konservatoren der zoologischen Abteilung des Bergener Museums, den Herren Dr. A. APPELLÖF und JAMES A. GRIEG, mit größter Liberalität

Herrn Prof. BALLOWITZ zu wissenschaftlichen Untersuchungszwecken überlassen.

Gleichzeitig erhielt Prof. BALLOWITZ verschiedene ausgezeichnete Federzeichnungen, die Herr Dr. APPELLÖF angefertigt hatte, und mehrere Photographien, die von Herrn JAMES A. GRIEG aufgenommen worden sind. Es sei an dieser Stelle den genannten Herren für die freundliche Überlassung der Zeichnungen und Photographien, die für diese Abhandlung von großem Werte wurden, mein verbindlichster Dank ausgesprochen.

Über die verschiedenen Hartgebilde bei den Plagiostomen, die Zähne, Placoidschuppen, Haut- und Flossenstacheln bestehen umfangreiche Arbeiten sowohl in histologischer wie in histogenetischer Beziehung; es sei nur erinnert an die Studien von GEGENBAUR (17), O. HERTWIG (24), KLAATSCH (35, 36), WILLIAMSON (77), LEYDIG (42) u. a. Die eingehenden Untersuchungen genannter Forscher haben gezeigt, daß die Hartgebilde der äußeren Haut der Elasmobranchier ihrem Bau und ihrer Entwicklung nach vollkommen homologe Bildungen der Zähne derselben Ordnung sind, d. h. die Hartgebilde sind aus einer anfänglich vollkommen gleichen Uranlage durch allmähliche Differenzierung entstanden. So hat man denn auch den alten Ausdruck »dermal teeth« Hautzähne, den WILLIAMSON für die Hartgebilde der Selachierhaut einführte, beibehalten. Vom phylogenetischen Standpunkte beanspruchen diese »dermal teeth« eine besondere Erwähnung, da sie den Ausgangspunkt für die Hautverknöcherung sämtlicher Vertebraten bilden.

Unter dieser Perspektive (MARKERT [44]) betrachtet, dürfte die Frage wohl ausgesprochen werden, ob die infolge ihrer besonderen Größe und Gestalt auffallenden Reusen an den Kiemenbögen von *Selache maxima* als homologe Bildungen den wirklichen Zahnbildungen beigezählt werden können. Sind diese Hartschubstanzgebilde der Kiemenbögen als wirkliche »dermal teeth« anzusehen, die infolge ihrer speziellen Funktion eine besondere Modifikation erfahren haben?

Die in diesem Sinne angestellten Untersuchungen mögen ebenfalls einen Beitrag liefern zur genaueren Kenntnis des histologischen Baues der Hartschubstanzgebilde der Elasmobranchier überhaupt und zur Geschichte der Hartschubstanzgewebe im allgemeinen.

Eigene Untersuchungen.

1. Makroskopische Beschreibung des Reusenapparates.

Die für die Untersuchung bestimmten Teile des Kiemenbogens mit Reusenapparat von *Selache maxima* stammen von einem Tier, das

Mitte Juli 1896 einige Meilen südlich von Bergen an einer Insel gefangen wurde. Es war ein Männchen, das sich in ein ausgesetztes Lachsnetz verwickelt hatte und somit eine Beute geworden war. Das Tier hatte die beträchtliche Länge von 8,37 m¹.

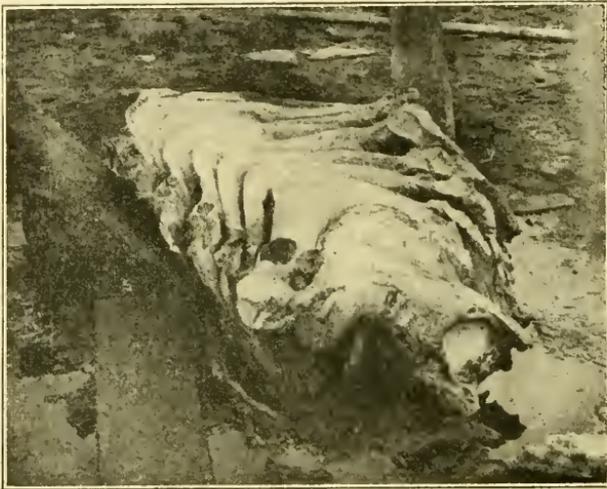
Der Riesenhai besitzt fünf mächtige Kiemenspalten, die, hinter der Kopfgegend gelegen, durch ihre beträchtliche Länge, wie bekannt, auffallen, und fast die ganzen Seitenflächen einnehmen. GERVAIS (18), der uns in seiner Arbeit treffliche Abbildungen vom Kopf, der kegelförmigen Schnauze und dem Respirationsapparat gibt, schildert die immense Länge der Kiemenspalten wie folgt: »Les fentes branchiales sont très grandes; elles vont de la ligne medio-dorsale à la ligne medio-inférieure du corps.« Die diesen ausgedehnten Kiemenspalten

¹ An dieser Stelle möchte ich noch einige Bemerkungen über die Lebensweise und die Art des Fanges von *Selache maxima* folgen lassen, wie sie uns Dr. MARIANNE PLEHN (52) in dem von ihr verfaßten Buche »Die Fische des Meeres und der Binnengewässer« gibt.

»*Selache maxima* Cuvier ist ein Bewohner der kühlen Meere und kommt hauptsächlich im Norden des Atlantischen Ozeans vor; er soll indes auch schon südlich von Australien angetroffen worden sein. An den äußerst großen Kiemenspalten, die sich in der Fünffzahl auf jeder Seite des Kopfes vorfinden, ist er leicht zu erkennen. Der Riesenhai wird bis zu 15 m lang und wird nur von *Rhinodon typicus* Smith, der im pazifischen und indischen Ozean vorkommt, an Größe übertroffen. Die Nahrung besteht bei beiden aus ziemlich kleinen Meerestieren. Wie *Rhinodon* besitzt auch *Selache* einen prächtig ausgebildeten Reusenapparat, der die Nahrung im Maule zurückhält, wenn das durch den Mund eintretende, mit kleinen Seetierchen versehene Atemwasser durch die Kiemenspalten ausströmt. Trotz seines immensen Körperumfanges hat er nur verhältnismäßig kleine Zähne. Dem Menschen könnte er erst beim Angriff gefährlich werden und auch nur dadurch, daß er mit gewaltiger Kraft mit dem Schwanz um sich schlägt und so ein Boot zum Kentern bringen kann. *Selache maxima*, nach dem die ganze Ordnung der Selachier benannt ist, wird der voluminösen Leber halber, die ein ausgezeichnetes Öl liefert, nachgestellt. Die größten Tiere haben eine Leber von mehr als 20 hl Rauminhalt. Sie werden von Booten aus harpuniert; nur bei sonnigem Wetter kommen die Tiere öfters an die Oberfläche. Es ist jedoch beobachtet worden, daß *Selache* noch sehr selten in den europäischen Meeren anzutreffen ist, vor einem halben Jahrhundert war er weit häufiger, wahrscheinlich ist das Tier im Aussterben begriffen. Über die Fortpflanzung dieses Seeriesen ist nichts Bestimmtes bekannt.

Was die Fortpflanzung des Riesenhais betrifft, so will ich hier noch die Ansicht CARAZZIS (9) erwähnen, der resümiert, daß die Annahme, *Selache maxima* sei vivipar, sehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt, denn seine anatomischen Untersuchungen haben ergeben, daß die beiden dünnen MÜLLERSchen Gänge keine Verdickung zeigen, die eventuell als Schalendrüse angesehen werden könnte.«

entsprechenden Kiemenbögen tragen zahlreiche dicht beieinander stehende Platten oder besser Reusen, die allgemein in zwei Reihen angeordnet sind. Sowohl die vordere wie die hintere Seite der Kiemenbögen sind mit diesen Hartschubstanzgebilden bewaffnet, die ihre Spitzen in den Kiemendarm hineinragen lassen. Auch bei den Teleostiern hat ZANDER (79) gefunden, daß die »Siebfortsätze generell zweizeilig angeordnet sind«; er macht in der Darstellung einen Unterschied zwischen »vorderständigen und hinterständigen Siebfortsätzen«. Allgemein besitzt jeder Kiemenbogen zwei Reihen von Reusen, indes trägt das Os hyoideum und die Ossa pharyngea, welche die erste bzw. die letzte Kiemenpalte begrenzen, nur auf derjenigen Seite die Hartgebilde, die an die betreffende Kiemenhöhle grenzen. Somit gehören also im ganzen zehn Reihen von Reusenstrahlen zu jeder Seite des Kopfes. Auf Textfig. 1



Textfig. 1.

ist durch eine Photographie ein Bild von der Reusenordnung gegeben. Zahlreiche Reusen stehen dicht und regelmäßig nebeneinander, deren Spitzenteil wie die Zähne eines Kammes gestellt sind. Die Anordnung auf dem Kiemenbogen selbst ist, wie durch Fig. 1, Taf. XVIII veranschaulicht wird, nun derart, daß an den beiden Enden, dem dorsalen und ventralen, des Kiemenbogens (*K.B* in der Figur) die kürzeren Reusen (*R* in der Figur) sitzen, während letztere zur Mitte des Bogens hin immer länger und stärker werden, und sich somit an diesen Stellen die längsten und ausgewachsenen Reusen finden.

Erwähnen möchte ich noch, daß die Bezeichnung der Kiemenbögenanhänge im Laufe der Jahrzehnte sehr geschwankt hat (ZANDER, zit.). Auf die anfängliche Bezeichnung »Rechenzähne« folgt die Benennung »Reusenzähne« oder »Kiemenreuse«. In der französischen und englischen Literatur stößt man auf den Ausdruck »appendices des arcs branchiaux« und »gill rakers«. ZANDER schlägt den Ausdruck »Siebfortsätze« speziell für die Filterelemente der Teleostier vor, da dieselben keine Hartgebilde sind, die man mit den an den Schlundknochen vorkommenden Zähnen vergleichen könnte. Es sind vielmehr »zapfenartige Wucherungen der Rachenschleimhaut am Eingang der Schlundtaschen, deren innere Ränder sie in wechselnder Form und Zahl zieren«. TURNER (75) führt die Kiemenbogenanhänge von *Selache maxima* als »comb-like branchial appendages« an. Ich möchte die ältere Bezeichnung Reusenzähne für die Kiemenbogenanhänge bei *Selache maxima* beibehalten; denn die histologische Untersuchung ergibt, daß diese »Reusenzähne« oder kurz Reusen vollständig den übrigen Hartsubstanzgebilden der Plagiostomen, und besonders den Hautzähnen, gleichwertig sind und nur infolge ihrer eigenartigen Stellung und Funktion eine auffallende Modifikation erlitten haben.

Für meine Untersuchungen standen mir zwei beträchtliche Partien des Reusenapparates aus verschiedenen Regionen eines Kiemenbogens zur Verfügung. Das größere Stück mit Reusen entstammte der Mitte eines Kiemenbogens, es enthielt die längsten und am besten entwickelten Anhänge. Der betreffende Teil hatte die Länge von 18 cm und war mit 208 Reusen besetzt, die eng nebeneinander standen. Auf 1 dem entfielen nach meiner Zählung 118 Reusen. Letztere sind, wie aus Textfig. 2 (S. 441) hervorgeht, lange, schmale Anhänge, die lateral abgeplattet sind, ihre Kanten nach vorn und hinten richten und distalwärts sich verzüngen. Fransenartig stehen sie auf den Kiemenbögen, denen die Schleimhaut des letzteren als gemeinsame Basis dient. Nur der untere Teil der Reuse sitzt in der Schleimhaut, während der Spitzenteil in auffallender Länge frei herausragt.

Im histologischen Bau zeigt nun der basale Teil der Reuse, wie wir noch sehen werden, einen wesentlichen Unterschied von dem freien Spitzenteil; in der äußeren Gestalt und Farbe tritt diese Differenzierung, wie auf Taf. XVIII, Fig. 2 eine isolierte Reuse zeigt, erst recht hervor. Ich will daher fernerhin zur Vereinfachung der Darstellung denjenigen Teil der Reuse, der in der Schleimhaut befestigt ist, als Wurzel- oder Basalteil der Reuse bezeichnen, dagegen das stabartig verlängerte, frei hervorragende Endstück Reusenzahn nennen. Vollständig isolierte

Reusen, wie uns Fig. 2 auf Taf. XVIII eine solche darstellt, erhielt ich durch langsames Macerieren. Ein Versuch, die Weichteile durch allmähliches Erwärmen in Kalilauge zu entfernen, mißglückte, da der untere sehr empfindliche Rand hierbei gewöhnlich zerstört wurde, und man so nur ein unvollständiges Bild von der Form des Wurzelteiles erhielt.

Zunächst wollen wir nun an der Hand der Fig. 2 auf Taf. XVIII eine Beschreibung einer isolierten Reuse geben. Wir sehen hier, daß zwischen Wurzelteil und Reusenzahn keine besonders scharfe Abgrenzung vorhanden ist. Beide Teile liegen in ihrer Längsrichtung in einer Ebene. Die basale Partie geht in den Reusenzahn allmählich über, und zwar derart, daß die Dicke des Zahnes distalwärts allmählich abnimmt.

Der Wurzelteil, der bedeutend breiter als der Reusenzahn ist, zeigt eine u- oder halbmondförmige Gestalt, von dem das eine Ende in die bindegewebige Schleimhaut des Kiemenbogens ausläuft, während das andre Ende in den langen Schaft übergeht. Die untere Region des Wurzelteiles, und zwar diejenige Seite, die in der Verlängerung des Reusenzahnes liegt, weist eine eckige Form auf, die sich schwach nach außen spornartig ausbiegt; dadurch dürfte noch eine besonders feste Verbindung mit dem Integument vermittelt sein. Das im letzteren liegende Endstück des Wurzelteiles läuft in eine runde Spitze aus, die sich allmählich schwach nach innen einbiegt und beinahe parallel zu dem lang ausgezogenen Reusenzahn gestellt ist.

Was die Größenverhältnisse der einzelnen Teile betrifft, so beträgt die Länge des Reusenzahnes, gemessen vom Beginn des halbmondförmigen Wurzelteiles aus bis zum freien Ende, 125 mm; diejenige des Wurzelteiles ist 16 mm. Die Breite des letzteren beträgt 11 mm und geht in ihrem Spitzenteil von 5 mm auf 2,5 mm zurück. Auch beim Reusenzahn kann man von einer Breite sprechen, da durch die laterale Abplattung sich solche feststellen läßt. Wie man aus den Fig. 2, 4, 5, 6 auf Taf. XVIII ersieht, nimmt die Breite des Reusenzahnes endwärts allmählich ab. Für die Übergangsstelle des Wurzelteiles in den Reusenzahn stellt sich nun die Breite des letzteren auf 2,5 mm, in der Mitte beträgt sie noch 1 mm und hat in dem spitzen Ende die geringste Breite von 0,5 mm erreicht. Das Gewicht derjenigen Reuse, auf die obige Zahlenwerte sich beziehen, beträgt 160 mg. Interessant dürften wohl noch die Angaben sein in betreff der Dickenverhältnisse, die ich an drei Stellen des Reusenzahnes und an einer Stelle des Wurzelteiles festgestellt habe. Auch bei dieser Messung zeigte sich eine allmähliche Abnahme der Zahlengrößen vom Ende zur Spitze hin. So

betrug die Dicke des Wurzelteiles im Mittel 0,55 mm, während der Reusenzahn an der schon vorhin erwähnten Übergangsstelle eine Dicke von 0,60 mm aufweist; die Mitte des Reusenzahnes ist 0,47 mm dick und die Spitze endlich nur 0,27 mm. Hervorzuheben wäre also die geringere Dicke des Wurzelteiles gegenüber dem Anfangsteil des Reusenzahnes, nämlich am Übergang von Wurzel- in Spitzenteil.

Was nun die Gruppierung der Reusen auf der Kiemenbogenschleimhaut betrifft, so sehen wir, daß sie trotz der dichten Anordnung, wie ein Blick auf Fig. 5 und 6 auf Taf. XVIII bestätigt, in sehr geringen, aber regelmäßigen Abständen voneinander entfernt sind. Die stabartig verlängerten Reusenzähne sind derart gestellt, daß sie in ihrer Gesamtheit eine Ebene bilden. Wie Fig. 4, Taf. XVIII erkennen läßt, liegt der Wurzelteil frei in der Schleimhaut und zeigt keine Verbindung mit dem Knorpel des Kiemenbogens, auch sind die Wurzelteile selbst nicht untereinander verbunden, sondern jeder steckt isoliert in der bindegewebigen Schleimhaut. Sie sitzen dem Kiemenbogen derart auf, daß die Flächen der Basal- oder Wurzelteile gegenüberliegen; sie selbst stoßen nicht fest aneinander, sondern zwischen ihnen befindet sich eine von mehrschichtigem Epithel überzogene bindegewebige Schleimhaut, die von dem Kiemenbogen aus sich zwischen die einzelnen Basalteile drängt (Fig. 5, Taf. XVIII) und so ein vorzügliches Polster bietet, aus dem eine freie Bewegung der einzelnen Reusen resultiert. Wie ferner Fig. 4, Taf. XVIII zeigt, bedeckt das bindegewebige Polster nur den Wurzelteil und reicht bis zur Basis des eigentlichen Reusenzahnes. Die Dicke des Polsters ist fast überall gleich und beträgt im Mittel 0,5 bis 0,7 mm.

Ähnlich wie die flachen Wurzelteile sind die Reusenzähne gestellt, die ebenfalls ihre abgeplatteten Seitenflächen gegeneinander kehren, wie auf Fig. 5 und 6, Taf. XVIII zu ersehen ist, während ihre schmalen Kanten in die Mundhöhle ragen. Sie steigen nicht stabartig gerade aus dem Wurzelteil auf, ohne irgendwelche Biegung, sondern, wie Textfig. 2 (s. S. 441) darstellt, ist in der Form des Reusenzahnes ein schwacher S-förmiger Verlauf zu erkennen. Von dem Basalteil aus findet zunächst eine starke Biegung nach rechts statt, wie auch aus Fig. 5, Taf. XVIII ersichtlich ist, die schließlich in eine allmähliche Wendung zur entgegengesetzten Seite hin übergeht. In Richtung der Querachse durch die Kanten des Reusenzahnes findet keine Biegung oder Krümmung statt, wie uns Fig. 6, Taf. XVIII erkennen läßt, die eine Anzahl Reusen, in gerader Aufsicht gezeichnet, wiedergibt. Wie ein Blick auf die verschiedenen Abbildungen bestätigt, sind die einzelnen Reusenzähne nicht

untereinander verbunden; ihre Oberflächen sind glatt und zeigen keine Auszackungen oder kleinen Zähne, wie sie sich auf den »Siebfortsätzen« der Salmoniden und Clupeiden, z. B. bei *Clupea alosa*, in so zierlicher Form vorfinden.

Der Reusenzahn und auch ein Teil des Wurzelteiles besitzt eine gelblich dunkelbraune Farbe, die sich auf den ganzen Schaft, mit Ausnahme der rundlichen Spitze, die weißlich und durchscheinend ist, ausdehnt. Auch die äußere Kante des Reusenzahnes erscheint bei durchscheinendem Licht etwas heller als die innere, die auch nicht so scharf zuläuft wie erstere. Auf Fig. 2, Taf. XVIII ist dieser Unterschied in der Farbe des Reusenzahnes deutlich gemacht. Der ganze Reusenzahn zeigt ferner einen charakteristisch hell glänzenden Überzug, von dem auch die weißliche Spitze bedeckt ist. Dieser glänzende, nach Art eines Kegelmantels über den Zahn sich erstreckende Überzug dehnt sich auch auf den Basalteil aus und geht über die farbige Partie des letzteren, die nur einen Teil desselben ausmacht, hinaus, bedeckt indes nicht die ganze Ausdehnung des Wurzelteiles. Die braune Farbe erstreckt sich etwa bis auf die Hälfte des letzteren, von der inneren Biegung aus gerechnet, die ich fortan als innere Konkavität bezeichnen will, während im Gegensatz hierzu sein äußerer Rand als äußere Konvexität unterschieden werden möge. Jedoch weist ein geraumer Teil der Spitze der basalen Partie der Reuse keine bräunliche Färbung auf. Ein Bild von der Anordnung der Farbe auf dem Wurzelteil ist in Fig. 2 und 3 auf Taf. XVIII gegeben. Etwa $\frac{4}{5}$ des Wurzelteiles ist von dem auffallenden hellen metallischen Glanz bedeckt, während das letzte Fünftel, eine schmale Zone der äußeren Konvexität entlang laufend, keinen Glanz zeigt. Dieser farb- und glanzlose Streifen am äußeren Rande des Wurzelteiles ist besonders noch durch das Vorhandensein zahlreicher Porenkanäle ausgezeichnet; letztere dehnen sich von der spornartigen Ecke des Basalteiles bis zu seiner freien Spitze hin aus. Die Kanäle liegen zum größten Teil am äußeren Rande und nehmen in Zahl und Anordnung eine bestimmte Breite des Wurzelteiles ein, so daß zugleich, wie aus Fig. 2, Taf. XVIII hervorgeht, der Anschein erweckt wird, als ob sie auf Linien angeordnet seien. Diese Zone der äußeren Konvexität ist nun diejenige Partie des Basalteiles, die eine Insertion der Reuse mit der bindegewebigen Schleimhaut vermittelt. Auf Fig. 4, Taf. XVIII ist diese besondere Stelle durch Querstrichelung des Randes noch deutlich gemacht. Blutgefäße, Bindegewebsfasern und Zellen treten durch die zahlreichen Perforationen der äußeren Konvexität des Wurzelteiles in letzteren ein und gehen bis in den Hohlraum

des Reusenzahnes hinein. Die durch diese Einrichtung bedingte feste Verbindung des Basalteiles mit der Kiemenbogenschleimhaut ist so stark, daß es kaum gelingt, denselben unversehrt frei zu präparieren, gewöhnlich brechen Partien des äußeren dünnen Randes dabei ab.

Werfen wir endlich noch zur besseren Orientierung einen Blick auf Fig. 3, Taf. XVIII, die uns den Wurzelteil in vierfacher Vergrößerung gezeichnet darstellt. Wir beobachten zunächst, daß der freie Rand der äußeren Konkavität keine scharfe kontinuierliche Linie ist, wie die innere Konkavität die Begrenzung darbietet. Es finden sich vielmehr zahlreiche mehr oder weniger scharf hervortretende und in ihrer Weite untereinander variierende Auszackungen, die natürlich die Befestigung des betreffenden Reusenabschnittes noch mehr verstärken. Die dem äußeren Rande angehörigen Kanäle, die bereits mit bloßem Auge sichtbar sind, wie die in natürlicher Größe gezeichnete Reuse in Fig. 2, Taf. XVIII ersehen läßt, treten jetzt noch viel deutlicher und stärker hervor und lassen ihre Konturen ausgeprägt erkennen. Sie liegen in großer Anzahl dicht nebeneinander, weisen hauptsächlich ovale Form auf, die kreisrunde Gestalt zeigen die Kanäle weniger. Meistens verlaufen sie schräg durch die Hartschubstanz und überdecken sich zum Teil, wie in der Figur durch die Schattierung von Teilen der Kanäle angedeutet ist. Innerhalb des Wurzelteiles findet sich nämlich, wie Schnitte noch zeigen werden, ein Gerüst von Hartschubstanz, damit dürfte wohl das teilweise Übereinanderlagern der Kanäle zusammenhängen. Zur Mitte des Basalteiles hin kommen sie nur höchst vereinzelt vor, die Randzone ist durch den Besitz zahlreicher Kommunikationsöffnungen geradezu charakterisiert. Obwohl nun die Spitze des Wurzelteiles, wie Fig. 3, Taf. XVIII zeigt, ebenfalls Kanälchen aufweist, so besitzt ihr Rand doch keine Auszackungen oder Einkerbungen, sondern die schwache Rundung der Spitze schließt mit einer scharfen glatten Linie ab. Der inneren Partie des basalen Reusenabschnittes, die durch die dunklere Färbung hervortritt, gehören zahlreiche gröbere und feinere körnige Punkte an, die auf Grund der histologischen Studien als Pigmentanhäufungen zu deuten sind, auf deren Vorhandensein überhaupt wohl die bräunliche Färbung der Reuse zurückzuführen ist. Gleichzeitig erkennen wir in der Fig. 3, Taf. XVIII noch, daß der Rand der inneren Konkavität heller gezeichnet ist. Diese Erscheinung entspringt der glänzenden Außenschicht, die durch den etwas schärferen Abfall des inneren Randes deutlicher sich hervorkehrt, ferner kommt in dem äußersten Rande nur sehr spärlich Pigment vor. Schließlich findet sich noch an der Übergangsstelle von Wurzelteil in Reusenzahn eine zarte Rillen- oder

Leistenbildung, die ebenfalls in der Fig. 3, Taf. XVIII durch eine dunklere Linienführung, die sich zum Teil auch auf den Wurzelteil selbst erstreckt, zum Ausdruck gekommen ist.

Das andre mir zur Verfügung stehende Kiemenbogenstück mit zahlreichen Reusen stellte das äußerste Ende des Bogens dar. Die Schleimhaut dieser Partie enthielt Reusen, die in verschiedener Hinsicht sehr variierten. Der betreffende Teil des Kiemenbogens war 9,5 cm lang und trug 107 Reusen; die einzelnen Hartgebilde zeigten in ihrer Länge einen ganz erheblichen Unterschied. So betrug die Länge des Reusenzahnes der größten Reuse, die auf diesem Kiemenbogenstück inseriert war, 80 mm, der zugehörige Basalteil war 8 mm lang, die Breite des letzteren beträgt in seiner stärksten Ausdehnung 7 mm und geht in seinem Spitzenteil von 3 mm auf 1,5 mm zurück. Die Dicke des Wurzelteiles stellt sich im Mittel auf 0,40 mm, diejenige des zugehörigen Reusenzahnes ist am Übergang zum Basalteil 0,57 mm; die Mitte des Reusenzahnes zeigt eine Dicke von 0,33 mm und der Spitzenteil eine solche von 0,16 mm. Im Gegensatz hierzu war der Reusenzahn der kleinsten Reuse, die aus dem äußersten Ende des Kiemenbogens genommen war, nur 18 mm lang. Die Dicke des Reusenzahnes beträgt am Ende zum Wurzelteil hin 0,54 mm, in der Mitte 0,15 mm und an der Spitze 0,10 mm. Sämtliche Messungen mußten infolge der äußerst geringen Größenverhältnisse mit der Mikrometerschraube angestellt werden. Erwähnt sei noch, daß das Gewicht der größeren Reuse, auf die obige Zahlenwerte passen, 75 mg betrug, während die kleinste Reuse nur 10 mg wog. Vergleichen wir diese Zahlengrößen mit den oben für die am stärksten entwickelte Reuse gegebenen Zahlenverhältnissen, so finden wir, daß mit der Ausbildung des Wurzelteiles diejenige des Reusenzahnes zusammenhängt; je größer der Basalteil, um so länger der Reusenzahn, um so größer das Gewicht der ganzen Reuse.

Aber auch durch die Farbe unterscheiden sich die endständigen Reusen von den übrigen größeren Gebilden. Die kleinsten Hartsubstanzgebilde besitzen nämlich nicht die charakteristische gelbbraune Färbung der übrigen Reusen. Vielmehr zeigt der Komplex kleinster Reusen am äußersten Ende des Kiemenbogens, deren Zahl sich auf 18 stellte, eine helle, weißliche Farbe und glänzenden Überzug, wie eine isolierte Reuse in Fig. 7, Taf. XVIII darstellt. Es tritt so eine auffallende Ähnlichkeit mit verlängerten Haifiszähnen oder verlängerten Stacheln der Placoidschuppen hervor. Zwar fanden sich auch einige Hartsubstanzgebilde in dieser Gruppe kleinster Reusen, die eine gemischte Färbung besaßen, nämlich in der Weise, daß ihr

unterer Teil braun erscheint, während die obere Partie und Spitze vollständig weiß ist. Andererseits sah man auf einigen kleineren braunen Reusen drei bis vier größere weißliche Punkte, die sich in gleichmäßiger Höhe befanden, so daß dieselben in der Gesamtheit den Eindruck eines helleren Bandes hervorrufen, das sich über eine Anzahl Reusen hinwegzieht.

Ein auffallender Unterschied besteht ferner noch in der Form des Wurzelteiles der farblosen kleinsten und der braunen Reusen. Die hellen Hartgebilde, besonders die kleinsten dieser Gruppe, lassen eine scharfe gleichmäßige u-förmige Gestalt des Basalteiles nicht mehr erkennen, wie auch aus Fig. 7, Taf. XVIII ersichtlich ist. Die laterale Abplattung des Wurzelteiles hat hier einer sockelartigen Verdickung, die vor allem in der äußeren Konvexität zur Geltung kommt, Platz gemacht. Zum Reusenzahn hin findet erst allmählich ein Übergang statt. Damit tritt eine starke Ungleichheit in der Dicke des Wurzelteiles ein, wodurch eine genaue Messung unmöglich wird. Vielleicht könnte in der sockelartigen Umänderung des Basalteiles eine Übergangsform zum ausgebildeten Sockel der Placoidschuppe liegen, welche letztere dadurch orientiert ist, daß sie um 90° zur Ebene des Stachelteiles gedreht ist.

Endlich findet man noch in der äußeren Form des Reusenzahnes der farblosen Reusen eine Verschiedenheit von den homologen braun erscheinenden Gebilden. Die schwache S-förmige Gestalt des stabartig verlängerten Teiles der größeren Reusen tritt bei den farblosen Hartsubstanzgebilden nicht mehr in die Erscheinung. Aus der Fig. 7, Taf. XVIII geht hervor, daß der Reusenzahn der kleinsten Reusen eine Biegung nur nach einer Seite hin macht. Ebenfalls tritt die augenfällige Abplattung der größeren Reusen bei diesen kleinsten Gebilden nicht mehr so scharf auf; verschiedentlich ist ein Übergang zur Rundung im Reusenzahn der kleinsten farblosen Hartgebilde nicht zu verkennen, so daß die Stachelform mehr in die Augen fällt, während der größere Reusenzahn mehr Ähnlichkeit mit einer ziemlich schmalen langen Platte hat.

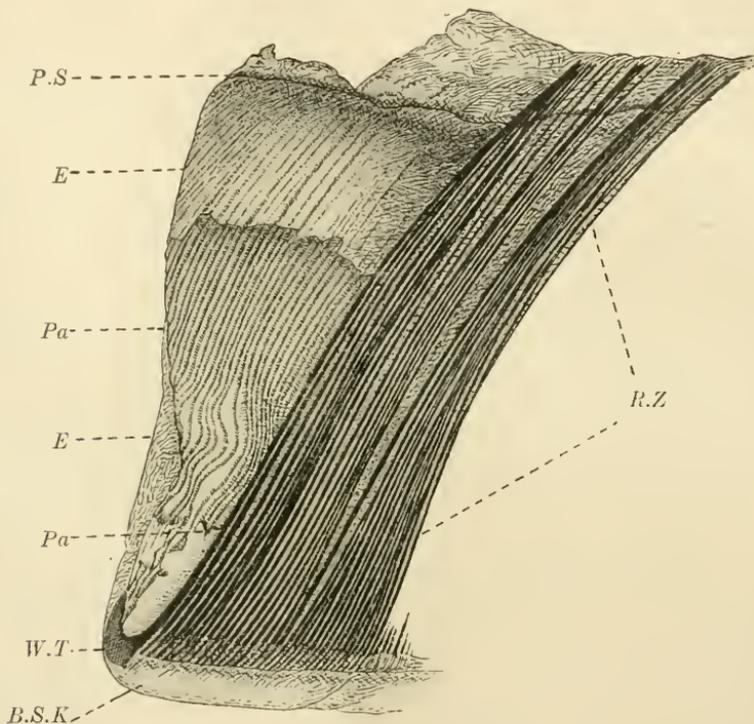
Was die physikalische Eigenschaft der Härte anbetrifft, so zeigen sowohl die größeren wie die farblosen kleinsten Reusen einen gleichen Grad. Beide bringen dem Messer beim Zerschneiden der Substanz großen Widerstand entgegen. Der Grund für diese Erscheinung liegt zunächst wohl in der Beschaffenheit der Grundsubstanz, die als Dentin anzusehen ist, wie die histologische Untersuchung noch näher zeigen wird; dann dürfte auch wohl die zahlreiche Einlagerung von Kalk, wie aus der chemischen Analyse hervorgeht, eine Erklärung für die

Härte geben. Jedoch eine physikalische Eigenschaft, welche sich bei den größeren Reusen in ausgedehntem Maße vorfindet, fehlt den farblosen Hartgebilden fast gänzlich. Die farbigen Reusen besitzen nämlich eine auffallend große Elastizität; man kann den Reusenzahn nach allen Richtungen hin, sowohl rückwärts, vorwärts und seitlich biegen. Die Biegungsfähigkeit des Schaftes der Reuse ist derart, daß derselbe sich zu einer Spiralfeder aufrollen läßt, ohne daß ein Zerbrechen eintritt. Stützt man einen großen isolierten Reusenzahn gegen ein Widerlager und spannt ihn wie einen Bogen, so schnell er beim Loslassen mit großer Heftigkeit zurück. Die mit der Schere angeschnittenen Reusen zeigen keine homogene Schnittfläche; die betreffenden Partien zerbröckeln in kleine Teile, blättchenartig. Wir sehen also, daß die farbigen größeren Reusen bei der großen Härte und Sprödigkeit einen eigentümlich hohen Grad von Elastizität besitzen. Letztere Erscheinung tritt bei den farblosen Reusen kaum hervor. Sie fühlen sich wie Stacheln an, zeigen ebenfalls eine große Härte und vielleicht eine gesteigerte Sprödigkeit und lassen sich nur bis zu einem gewissen Grade hin und her biegen. Doch ein Versuch, die kleineren Reusenzähne vorsichtig zu einer Spirale aufzurollen, führt sofort zu einem Zerbrechen der gespannten Stelle.

Was die Insertion der kleineren Reusen angeht, so ist sie dieselbe, wie bereits für die größeren Hartgebilde geschildert wurde. Indes ist zwischen den am Ende des Kiemenbogens stehenden farblosen Reusen das bindegewebige Polster gewöhnlich doppelt so breit wie sonst. Die Gegenwart des letzteren gibt den kleinsten Reusen, wenn auch nur in toto, eine gewisse Bewegungsfähigkeit. Bei den kleineren Hartgebilden erstreckt sich die glänzende Deckschicht ebenfalls wie bei den übrigen nur bis zur Mitte des Wurzelteiles, die äußere Konvexität enthält hier auch zahlreiche Perforationen, in die aus dem gemeinsamen Lager der Schleimhaut des Kiemenbogens zahlreiche Blutgefäße und Bindegewebsbündel eindringen.

Endlich möchte ich noch die starke Schleimhautbildung unterhalb der Reusen erwähnen, die durch verschiedene Abbildungen (Fig. 4, 5, 6, Taf. XVIII und Textfig. 2, S. 441) veranschaulicht wird. Sie erreicht eine ziemliche Größe und Dicke und wird von einzelnen Reusen vollständig überdeckt, während die kleineren Hartgebilde nur bis zur Hälfte der mächtigen Bildung ragen. Zum größten Teil besteht die Schleimhaut aus festgefügttem Bindegewebe, das zahlreiche elastische Fasern aufweist, wie die histologische Untersuchung ergibt. Darüber erhebt sich eine stark ausgeprägte Papillenschicht, deren Längsrichtungen, wie auf Textfig. 2 bei *Pa* zur Darstellung kommt, mit der Richtung der

Reusen fast parallel geht. Die Stärke und Größe der Papillen nimmt von der Ansatzstelle der Reusen bis zum freien Ende der Schleimhaut hin ab, hier zeigt die Schicht keine besondere Färbung, während in der Nähe des Reusenbasalteiles die Papillen eine dunkelgraue Farbe aufweisen. Mit bloßem Auge erkennt man schon den Verlauf der mächtigen Papillen an einer angeschnittenen Stelle der Schleimhaut, zugleich auch



Textfig. 2.

Pa, Papillenschicht; *E*, Epithel; *R.Z*, Reusenzahn; *W.T*, Wurzelteil; *P.S*, Pigmentstreifen; *B.S.K*, bindegewebige Schleimhaut des Kiemenbogens.

das darüber gelegene mehrschichtige Epithel. Letzteres blättert sehr leicht ab, so sehen wir z. B. auf Textfig. 2 bei *Pa* eine Stelle, wo die Papillenschicht frei liegt, bei *E* ist das Epithel noch erhalten. Die Dicke der Schleimhaut in der Nähe der Reusenansatzstelle beträgt 15 mm, wovon auf Epithel und Papillenschicht 5 mm fallen. Zum freien Rande hin nimmt dieselbe ab und ist hier nur noch 5 mm dick. Auf Textfig. 2 sehen wir ferner noch bei *P.S* eine Linie angegeben, die einen pigmentierten Streifen andeuten soll, der sich in einer Breite von 0,1 bis 0,15 cm über die ganze Schleimhaut parallel dem äußeren freien Rande hinzieht.

Letzterer fühlt sich infolge zahlreicher sog. Schlundzähne chagrinartig an; die Spitzenteile ragen bei einigen Zähnen schon aus dem Bindegewebe heraus und verursachen die Rauigkeit der betreffenden Stelle. O. STEINHARD (65), der diese Gebilde Schleimhautschuppen nennt, hat dieselben bei sehr vielen Haifischen nachgewiesen und gefunden, daß dieselben sich bei einzelnen Species über die ganze Mund- und Rachenhöhle und die Kiemenbögen bis zum Eingang in den Oesophagus ausbreiten können.

Unter den Squaliden besitzt, wie in der Einleitung bereits erwähnt, neben *Selache* noch *Rhinodon typicus* einen prächtigen Reusenapparat. Letztere Bildung des »Whale Shark« Südafrikas schildert SMITH (62) mit folgenden Worten: »The inner extremity of each branchial canal obstructed by a sievelike apparatus, consisting of a congeries of cartilaginous tubes closely set together, directed laterally, and the inner extremity of each fringed with a delicate membrane offering an obstruction to the passage of anything but fluid.« Die Zähne dieses Seeriesen waren sehr klein, und so vermutet denn SMITH, daß die Nahrung aus Mollusken und sonstigen kleinen Seetierchen bestand.

Analoge Kiemenbogenanhänge sind in dem »Crag d'Anvers« gefunden worden und von VAN BENEDEN (3, 4) näher beschrieben. Im Anschluß an die genaueren Mitteilungen, die HANNOVER (21, 22) über kammartige Kiemenbogenanhänge gab, die er im Museum von Kopenhagen vorgefunden hatte, hielt VAN BENEDEN auf Grund der Ähnlichkeit, die zwischen letzteren und dem Antwerpener Fund bestand, den Hai aus dem »Crag d'Anvers« für eine ausgestorbene Species, die er *Hannovera aurata* nannte. Letztere Bezeichnung wurde später von VAN BENEDEN (4) durch den Namen *Selache aurata* ersetzt, als STEENSTRUP (63, 64) den Beweis erbracht hatte, daß die Kiemenanhänge, die HANNOVER beschrieben hatte, mit dem Reusenapparat von *Selache maxima* identisch seien. GERVAIS (18) meint, daß diese Gebilde der knöchernen Natur halber während der langen Zeit sich haben erhalten können. Auf Grund eines Fragmentes des Fundes bei Antwerpen stellte er ebenfalls die Ähnlichkeit mit den Reusen von *Selache maxima* fest.

Bei den übrigen Plagiostomen finden sich ebenfalls Kiemenbogenanhänge vor, die aber bei den verschiedenen Species in Form und Struktur bedeutende Variationen aufweisen. Sie zeigen aber nirgends die geschilderte Größe wie bei den genannten Squaliden. So hat HERTWIG (24) auf der Kiemenbogenschleimhaut von *Hexanchus* und *Acanthias* zahlreiche Zähnen konstatiert. IMMS erwähnt bei *Acanthias vulgaris* die Anhänge als lanzettliche Vorsprünge, die hauptsächlich längs der inneren

Seite der Bögen entwickelt sind. Bei *Scyllium* sah STEUER erwähnte Bildungen als kleinere Höcker und Zapfen, bei denen bereits die »vorderständigen« größer und zahlreicher sind als die »hinterständigen«.

Was die Rajiden betrifft, so sollen nach LEYDIG die Kiemenbögen von *Raja clavata* mit Zähnen besetzt sein. STEUER hingegen hat die Bögen der Rajiden speziell bei *Torpedo* und *Raja* glatt gefunden. Bei den Holocephalen zeigen sich ebenfalls ähnliche Gebilde, so hat z. B. IMMS die »gill-rakers« bei *Chimaera* als kleine warzenartige Erhebungen feststellen können.

Unter den Ganoiden besitzt der *Acipenser* auf den Kiemenbögen je zwei Reihen ineinander greifender »dreieckiger Blättchen«, um den Terminus TROSCHELS (74) zu gebrauchen. Für einen andern Ganoiden, *Polyodon*, hat IMMS (31), wie bereits in der Einleitung erwähnt, das Filter näher beschrieben.

Bei den Teleostiern erlangen die Filterapparate die stärksten Modifikationen, wie aus den Arbeiten von ZANDER, STEUER und POPTA hervorgeht, auf die ich bereits eingangs hingewiesen habe.

Auch die Dipneusten, und zwar sämtliche drei Genera, haben, nach den Angaben IMMS, reusenartige Gebilde auf den Kiemenbögen. Die längsten und stärksten Reusen beobachtet man bei *Neoceratodus*, während bei *Protopterus* und *Lepidosiren* die Kiemenbogenanhänge kleiner und schmaler sind.

2. Die physiologische Bedeutung des Reusenapparates.

Nach dieser makroskopischen Beschreibung mögen noch kurz einige Betrachtungen über die physiologische Bedeutung der mächtigen Kiemenbogenanhänge von *Selache maxima* angestellt werden. Es sei mir gestattet, an dieser Stelle zunächst allgemein auf die biologische Wichtigkeit des Filterapparates bei den Fischen überhaupt hinzuweisen unter gleichzeitiger Berücksichtigung der neuesten Forschungen, die auf diesem Gebiete gemacht wurden.

Die älteren Forscher erblickten in dem zum Teil sehr kunstvollen Filter eine Schutzeinrichtung, um einen Eintritt von größeren Gegenständen in die Kiemenhöhle, die die Kiemenblättchen verunreinigen und verletzen könnten, zu vermeiden. Andre Autoren glauben, auf Grund des zuweilen sehr feinen Baues des Reusenapparates, die größte Bedeutung des Filters darin zu suchen, daß es in vorzüglicher Weise eine Vorrichtung für die Nahrungsaufnahme bilde. So macht MÖBIUS (46) die interessante Mitteilung, daß er im Magen eines Herings einen Inhalt fand, der nach genauer Zählung aus 60 895 Copepodenindividuen

(*Temora*) bestand. POPTA (53) hält die Bedeutung des Filters für die Atmung nicht für wesentlich, da verschiedene Species nur schwach entwickelte oder gar keine Kiemenbogenanhänge aufweisen; er glaubt, daß die Größe der letzteren vor allem durch die Nahrung bedingt ist. Ferner möchte ich noch die trefflichen Forschungen STEUERS (68) erwähnen, der schreibt: »für die Ausbildung der Siebfortsätze scheinen phylogenetische, biologische und wahrscheinlich noch andre uns vorläufig noch unbekannte Faktoren maßgebend gewesen zu sein, und es ist in vielen speziellen Fällen die Entscheidung schwierig, welcher ausschlaggebend gewesen sein mag.« ... »soviel dürfte feststehen, daß dem Filterapparat zunächst die Aufgabe zufällt, das erste Kiemenloch zu verschließen, und daß die Sicherung der folgenden Kiemen erst in zweiter Linie in Betracht kommt, und das aus folgenden Gründen: Das erste Kiemenloch ist das größte und daher ein Nahrungsverlust und eine Verunreinigung der Kiemen auf diesem Wege in hohem Maße möglich.« Endlich sei noch auf ZANDERS (79, 80, 81) meisterhafte Arbeiten hingewiesen. Nach ihm (80) sind, was die physiologische Bedeutung des Filters anbetrifft, drei Fälle möglich. Das Filter ist entweder ein Schutz für die Kiemen gegen Verunreinigung und Verletzung, oder eine Vorrichtung, um die Nahrung im Munde zurückzuhalten, schließlich könnten in ihm beide Funktionen zugleich kombiniert sein. SCHIEMENZ (58, 59), auf dessen praktische Untersuchungen ich hier nicht näher eingehen kann, erblickt in dem Filterapparat der Fische eine Einrichtung, die hauptsächlich eine Verunreinigung der Kiemen verhüten soll.

Wie aus vorstehendem hervorgeht, schreibt man dem Filter der Fische eine verschiedene Funktion zu. Was nun die physiologische Bedeutung des Reusenapparates von *Selache maxima* betrifft, so muß ich mich auf die Ansichten, die über den biologischen Wert des Filters im allgemeinen bestehen, stützen und speziell für *Selache* in der vorhandenen Sonderliteratur Anhaltspunkte suchen. Die ersten eingehenden anatomischen Untersuchungen über *Selache maxima* stammen von E. HOME (27, 28, 29), die er in den Philosophical Transactions of the Royal society of London aus dem Jahre 1809 und 1810 niedergelegt hat. Genannter Forscher findet unter andern in dem Magen von *Selache maxima* oder *Squalus maximus*, wie er den Riesenhai nennt, Strukturen, die große Ähnlichkeit mit analogen Bildungen bei Wal-fischen und Knorpelfischen zeigten. Er gibt diesen Gedanken in der betreffenden Abhandlung (28) auf S. 212 mit folgenden Worten wieder: »From the account, which has been given the *Squalus maximus* appears

in many respects to be similar in its structure to the shark, but it differs essentially from it in the form of the stomach, and that respect forms an intermediate link between the shark and whale. It probably lives on nearly the same kinds of food as the whale.« Ein anderer älterer Autor, PENNANT (51), glaubt, daß die Nahrung von *Selache maxima* in Seepflanzen, Schnecken (*Limnaeus*) und Medusen bestände; Fischer meinten sogar, daß der Riesenhai auch Heringe verschlingt. Eine spätere interessante Mitteilung enthält der Bericht von R. FOULIS (16) aus dem Jahre 1854. Hier dürfte der Schluß, daß die Reusen von *Selache* als Filter für die Nahrungsaufnahme dienen, an Sicherheit dadurch gewinnen, daß durch eine genaue Untersuchung im Magen des Riesenhais nur kleine Überreste von Molluskenschalen vorgefunden wurden. J. STEENSTRUP (63, 64) kommt ebenfalls auf Grund des Vorhandenseins der fransenartigen Bildungen an den Kiemenbögen zu der Schlußfolgerung, daß die Ernährungsweise dieselbe sein muß wie bei den Cetaceen »de sorte que ce Squale colossal ne se nourrit que de petits animaux, qu'il engloutit par masses en rejetant l'eau à travers la dite frange«. In demselben Sinne schreiben ALLMANN (1) und PERCEVAL WRIGHT (78). Letzterer drückt den scharfen Unterschied der beiden größten Haifische *Rhinodon typicus* und *Selache maxima* von den übrigen Plagiostomen dahin aus, daß erstere keine »carnivorous«, sondern »herbivorous« Fische sind. Endlich sei noch an eine diesbezügliche Stelle in der Abhandlung von THOMAS CORNISH (10) erinnert, der sich über die Bedeutung des Reusenapparates für die Nahrung folgendermaßen ausdrückt: »The size of the mouth and teeth and the peculiar pectinated arrangements in the gill-rays, and the intestines, suggested that its food was probably small marine animals of some sort and that its mode of feeding was analogous to that of the whale.« GERVAIS (18) und TURNER (75) erblicken in der mächtigen Reusenbildung ein Filter, das dem Tiere bei der Nahrungsaufnahme besondere Dienste erweist.

Aus vorliegenden Angaben dürfte sich wohl die Schlußfolgerung ziehen lassen, daß der bei *Selache maxima* besonders stark ausgebildete Reusenapparat in physiologischer Beziehung die erste Aufgabe hat als Filter zu dienen, d. h. die mit dem Wasser aufgenommenen Tierchen bleiben auf den stabartig verlängerten Reusenzähnen liegen und bilden so die Nahrung, während das Wasser durch die Kiemenpalten abströmt. Gleichzeitig dürften natürlich Unreinigkeiten des Wassers durch die Reusen von den Kiemen fern gehalten werden, und somit kommen denn auch die »kammartigen Kiemenbogenanhänge« als

Schutzvorrichtung gegen Verletzung und Verunreinigung der Kiemen selbst in Betracht. Schließlich möchte ich noch auf die Tatsache hindeuten, daß *Selache* außergewöhnlich kleine Zähne besitzt; sie sind nicht scharfkantig und zugespitzt, sondern schmal und kegelförmig, so daß dieselben beim Ergreifen der Beute kaum eine spezifische Geltung haben. E. HOME macht ferner noch darauf aufmerksam, daß die Zähne in sechs Reihen »towards the middle of each side of the jaw« (S. 206), angeordnet sind, während sie an andern Stellen weit geringer an Zahl vorkommen. Vielleicht dürfte auch aus diesem Grunde auf eine besondere Bedeutung des Reusenapparates von *Selache maxima* für die Ernährung geschlossen werden. Die spärliche Bewaffnung der Mundhöhle mit Zähnen zeigt auch, daß der ehemals als gefährlicher Raubfisch so sehr gefürchtete Riesenhai einer der harmlosesten Elasmobranchier ist, der trotz seiner immensen Größe und Kraft nur von kleinen Seetierchen lebt, die der kunstvolle Filterapparat ihm indirekt in Mengen zuführen dürfte.

Endlich möchte ich noch auf eine analoge interessante Tatsache hinweisen, die die Tunicaten anbetrifft (STEUER [68]). Man findet nämlich z. B. bei *Ciona intestinalis* im Buccalsipho einen Tentakelring, der sich als ringförmige Verdickung darstellt und auf dem in regelmäßigen Abständen eine Anzahl kurzer Tentakel stehen. Beim lebenden Tier ragen sie weit in den Hohlraum des Sipho hinein und bilden hierdurch wohl eine Art Reuse, die größeren Fremdkörpern den Eintritt in die Kieme verwehren dürfte. Was nun den Kiemendarm anbelangt, so besteht seine Wandung aus einem Maschenwerk von Leisten, die sich gewöhnlich rechtwinkelig kreuzen. An diesen Kreuzungsstellen befinden sich kurze Papillen, die als zapfenartige Erhebungen in das Lumen des Kiemendarmes hineinragen. Im Innern der Papillen hat man noch lacunäre Blutbahnen vorgefunden, O. SEELIGER (61) meint, daß der Hauptzweck dieser Papillen darin zu suchen ist, die atmende Kiemenfläche zu vergrößern, »nebenbei mögen sie aber auch dadurch von einiger Bedeutung sein, daß sie in den Kiemendarm eingetretene Nahrungstiere zurückhalten, oder wenigstens den Wiederaustritt erschweren«.

3. Chemische Untersuchung der Reusen.

Die außergewöhnliche Härte der Reusen trotz der großen Elastizität dürfte darauf hinweisen, daß eine Menge Kalk einen Hauptbestand der Grundsubstanz bildet. Nach der Entkalkung der Reusen durch Salzsäure oder schweflige Säure ließen sich nämlich die Hartsubstanz-

gebilde leicht biegen und schneiden. Gewöhnlich war der Reusenzahn auch durchsichtiger, besonders nach vorhergegangener Entkalkung mit EBNERscher Flüssigkeit. Zwecks Entfernung der Weichteile versuchte ich Wurzelteile von Reusen in 15%iger Kalilauge langsam zu erhitzen; jedoch blieben die Basalteile nicht unversehrt, sondern die äußerste Hälfte zerbröckelte und zerstäubte durch Abblättern. Der helle, staubige Rückstand, der als Kalk angesehen werden muß, da die Bindesubstanz durch die KOH zerstört wurde, ließ sich zwischen den Fingern zu feinem Pulver zerreiben. Aus letzterer Tatsache zieht RÖSE den Schluß, daß die Kalkniederschläge in den Hartsubstanzgebilden der Selachier mechanisch nur lose untereinander verbunden sind. Er meint, daß die Niederschläge als Kalkkrümel oder zusammenhängende Massen in die fertig gebildete fibrilläre Bindesubstanz abgelagert werden.

Gehen wir jetzt zur Betrachtung der chemischen Analyse über¹. Eine größere Anzahl ausgewachsener und kleiner Reusen hatte ich durch Maceration von dem Bindegewebe vollständig befreit. Die einzelnen Hartsubstanzgebilde wurden zunächst mit der Schere in ziemlich kleine Stücke zerlegt. Die Spitzen- und Basalteile wurden getrennt aufbewahrt und auch die Analyse für beide Teile getrennt durchgeführt. Die Untersuchung erstreckte sich sowohl auf die organische wie anorganische Zusammensetzung der Substanz. Bei der Veraschung derselben ergab sich nun die auffallende Erscheinung, daß dieselbe nach der gewöhnlichen Methode nicht gelang. Infolgedessen wurde die Substanz mit rauchender Salpetersäure mehrmals eingedampft, wodurch eine Oxydation der organischen Stoffe eintrat. Nach dem Eindampfen wurde das Ganze gelinde erhitzt, worauf die mineralischen Bestandteile als eine schöne weiß aussehende Masse zurückblieben. Die qualitative Untersuchung ergab neben größeren Mengen von Kalk und Phosphorsäure nur Spuren von Eisen und Kohlensäure. Bei der quantitativen Untersuchung wurde die Asche mehrmals eingedampft, um vielleicht Kieselsäure abzuscheiden, doch löste sich nachher die Substanz vollkommen in heißem Wasser.

Es kamen bei der Untersuchung 2,6639 g Teile des Reusenzahnes und 0,7282 g Stücke des Wurzelteiles zur Verwendung.

¹ Die chemische Analyse wurde durch die freundliche Vermittlung des Herrn Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. KÖNIG, Vorsteher der agr. chem. Versuchsstation zu Münster i. W. in der Versuchsstation angestellt. Es sei an dieser Stelle noch Herrn Geheimrat KÖNIG dafür mein verbindlicher Dank ausgesprochen.

Die Analyse ergibt nun folgende Tabellen, in denen die Zahlen-
größen Prozentsätze ausdrücken.

Tabelle I.
Allgemeine Zusammenstellung.

	Reusenzahn	Wurzelteil
A. Anorganische Bestandteile.		
1) Wasser	9,08	9,79
2) Asche	66,41	62,44
B. Organische Bestandteile		
3) Protein	22,69	22,88
4) Ätherlösliche.	1,63	4,69
Stoffe (Fette u. a.)	99,81	99,80

Wir ersehen aus dieser Tabelle, daß Protein und Wasser fast zu gleichen Teilen in Wurzelteil und Reusenzahn vorhanden sind, während die Bestandteile der Asche um einige Prozente mehr im Reusenzahn vorkommen als im Wurzelteil. Hervorzuheben ist hingegen die Tatsache, daß der Basalteil beinahe dreimal soviel ätherlösliche Stoffe enthält als der Reusenzahn.

Tabelle II.
Zusammenstellung der Asche.

	Reusenzahn	Wurzelteil
a. Kalk (CaO)	39,39	49,43
b. Magnesia (MgO)	0,73	1,34
c. Phosphorsäure (P ₂ O ₅)	56,19	44,76
	96,31	95,53

Der Rest von 100 Prozent ist wahrscheinlich Kohlensäure, die sich auch beim Behandeln der Substanz mit Salzsäure durch Aufbrausen zu erkennen gab.

Tabelle III.
Zusammenstellung der in der Asche enthaltenen Bestand-
teile aus Tabelle II auf die Substanz umgerechnet.

	Reusenzahn	Wurzelteil
a. Kalk (CaO)	26,13	30,86
b. Magnesia (MgO)	0,47	0,84
c. Phosphorsäure (P ₂ O ₅)	37,28	27,95

Wie aus den einzelnen Tabellen hervorgeht, bestehen die mineralischen Bestandteile der Substanz demnach zur Hauptsache aus phosphorsaurem Kalk. Doch könnte die P_2O_5 auch noch an die geringen Spuren von Magnesia (MgO) gebunden sein, außerdem die Kohlensäure (CO_2) an Kalk.

Als Vergleich mögen hier noch einige Zahlen dienen, die wir in dem Buche »Anatomisch-physiologische Tabellen für Mediziner« von H. VIERORDT (76) über die Zusammensetzung des Zahnbeins bei den Zähnen der höheren Vertebraten, speziell des Menschen, finden.

Zahnbein: phosphorsaurer Kalk:	59,90%;
organische Substanz:	28,93%;
kohlensaurer Kalk:	12,93%;
phosphorsaure Magnesia:	1,08%;
Wasser:	4,29%.

4. Histologische Untersuchungen.

a. Methode der Untersuchungen.

Die makroskopische, speziell die chemische Untersuchung hat ergeben, daß sowohl Wurzelteil wie Reusenzahn einen großen Kalkreichtum aufweisen und daher nach Einbettung mit Paraffin nicht direkt mit dem Mikrotom geschnitten werden konnten. Um nun für die feineren histologischen Untersuchungen geeignete Präparate zu erhalten, brachte ich verschiedene Reusen in gewöhnliche Entkalkungsflüssigkeiten. Als letztere kam am häufigsten die 6%ige schweflige Säure in Betracht, da sie bei vorsichtiger Behandlung ausgezeichnete Resultate lieferte und keine Schrumpfung des Gewebes eintrat. Die für die Serienschritte besonders zugeschnittenen Stücke kamen etwa 2 Tage in absoluten Alkohol und dann 2 Stunden in Aq. dest. Darauf ließ ich etwa 2—3 Tage die 6%ige schweflige Säure auf die Teile einwirken, gewöhnlich richtete sich die Dauer der Entkalkung nach der Größe der Objekte. Fast immer wurde in dieser Weise eine vollständige Entkalkung erzielt, die Reusen ließen sich biegen und mit dem Messer anschneiden, Gestalt und Farbe war unverändert geblieben. Aus der Säure gelangten die Stücke für 6—8 Stunden in fließendes Brunnenwasser, um erstere vollständig abzuspülen und somit jegliche Schwierigkeit bei der Färbung zu vermeiden. Nachdem die Objekte dann noch 2 Stunden in Aq. dest. gelegen hatten, wurden sie mit Alkohol von allmählich steigender Konzentration behandelt.

Weniger für die Entkalkung geeignet, wenigstens speziell für vorliegende Untersuchungsobjekte, zeigte sich die 8%ige Salpetersäure,

ihre Benutzung hatte eine Aufquellung und Verlagerung der Gewebs-
teile zur Folge. Schließlich gebrauchte ich noch diejenige Lösung für
Entkalkung, die von EBNER angegeben wird. Diese Flüssigkeit eignet
sich sehr bei feineren histologischen Studien; sie verursacht nicht die
geringste Schrumpfung, indes wich der Kalkreichtum aus den Reusen
bedeutend langsamer als bei Anwendung der 6%igen schwefligen Säure.
Die Komponenten der Flüssigkeit wurden nach folgenden Gewichts-
teilen zusammengestellt: Chlornatrium 25 ccm; Aq. dest. 100 ccm;
96%iger Alkohol 500 ccm und konzentrierte Salzsäure 2,5 ccm. Aus
diesen Bestandteilen wurde eine kalt gesättigte Lösung hergestellt.
Während der Dauer der Entkalkung wurden der Lösung von Zeit zu
Zeit einige Tropfen Salzsäure zugeführt, um dieselbe wirksam zu halten.

Zwecks Einbettung in Paraffin kamen die so entkalkten Stücke
24—36 Stunden in Alk. abs., dann 2—3 Stunden in Chloroform und
etwa 3 Stunden in flüssiges Paraffin vom Schmelzpunkt 40° C; zum
definitiven Einbetten nahm ich Paraffin vom Schmelzpunkt 58° C.
Der Wurzelteil wurde nun nach allen Richtungen in Serienschritte zer-
legt, die mit dem Mikrotom von SCHANZE, Leipzig, angefertigt wurden.
Ihre Schrittdicke betrug durchschnittlich 15 μ , zeitweise gelang es mir
auch, Schnitte in der Dicke von 10 μ und mitunter solche von 5 μ zu
erhalten. Bemerken muß ich noch, daß es mir leider unmöglich war,
Serienschritte des Wurzelteiles zu erhalten, die in Richtung parallel
zur Fläche der Platte liefen.

In diesem Punkte habe ich nur Teilschnitte bekommen, und als Er-
satz in dieser Hinsicht wurden, um die Untersuchungsmethode voll-
ständig durchzuführen, noch verschiedene Schliche hergestellt.

Vollständige Serien erhielt ich wohl in Querschnitten, die senk-
recht zur Kante des Wurzelteiles gerichtet sind und in Längsschnitten,
die parallel zur betreffenden Kante hergestellt wurden. Indes wurden
aus dem Reusenzahn nur aus einzelnen Regionen sowohl aus der unteren
Hälfte direkt vor dem Basalteil als auch aus dem oberen Abschnitt
Quer- und Längsschnitte angefertigt. Die so hergestellten Schnitte
wurden vorsichtig mit Hilfe von Pinsel oder Pinzette auf den Objekt-
träger übergeführt und auf letzterem unter Anwendung der kombinierten
Eiweiß-Glyzerin-Wassermethode aufgeklebt. Darauf kamen die in
dieser Weise mit den Serien versehenen Objektträger etwa 2—3 Tage
in den Thermostaten und wurden dann, nachdem ich mich von dem
vollständigen Festkleben der Schnitte überzeugt hatte, von dem über-
flüssigen Paraffin durch Behandlung mit Xylol befreit. Erst dann trat
die Färbung ein. Hierbei stellte sich nun zeitweise eine unerwartete

Schwierigkeit ein, die wohl in der Hauptsache auf die lange Dauer der Konservierung der Objekte in Alkohol zurückzuführen sein dürfte. Hatte ich ferner die Salpetersäure oder EBNERsche Flüssigkeit für die Entkalkung benutzt, so nahm das Chromatin der Kerne kaum oder nur eine sehr schwache Tinktion an. Besser war der Erfolg, wenn die vorausgegangene Entkalkung durch schweflige Säure geschehen war, zwar war auch dann notwendig, daß die Schnitte meistens weit über 24 Stunden im wässrigen Hämatoxylin blieben, um brauchbare Serien zu bekommen. Für die Färbung der Schnitte kam in der Regel die wässrige Hämatoxylinlösung nach DELAFIELD und Nachfärbung mit wässrigem Eosin zur Anwendung. Eine ebenso intensive gleichmäßige Tinktion sämtlicher Gewebekomplexe erzielte ich auch bei Benutzung des wässrigen Hämalauns im Verhältnis 1 : 20. Nur ist erforderlich, daß nach stattgehabter Färbung die Schnitte 12 Stunden in Alaunwasser und wenigstens ebenso lange in fließendes Brunnenwasser kommen, um eine spätere Kristallbildung zu vermeiden. Zum Nachfärben gebrauchte ich auch sehr oft die Pikrinsäure-Fuchsinsolution nach VAN GIESON. Diese Lösung in Kombination mit Hämatoxylin liefert großartige Resultate und ergab eine ausgezeichnete Differenzierung der verschiedenen Gewebekomplexe. Es färbt sich nämlich das Dentin dunkelrot, das Protoplasma der Pulpazellen und die Muskulatur der Schleimhaut gelb, die Kerne braun und das Bindegewebe in den Papillen hellrot. Zuweilen fand auch das HEIDENHAINsche Hämatoxylin und Nachfärbung mit VAN GIESON Verwendung. Im allgemeinen ist die Vorfärbung mit DELAFIELDSchem Hämatoxylin oder Hämalaun vorzuziehen, da diese eine zartere Tinktion ergeben und die feinsten Gewebzüge besser erkennen lassen. Vereinzelt wurden noch Färbungsversuche mit Safranin, Pikrokarmine nach RANVIER, alk. Boraxkarmine und Bleu de Lyon angestellt. Endlich färbte ich noch verschiedene Schnitte mit Orcein und besonders mit der WEIGERTSchen Flüssigkeit, um die elastischen Fasern im Bindegewebe nachzuweisen.

b. Struktur des Wurzelteiles.

Die histologische Untersuchung möge beginnen mit der Betrachtung derjenigen Serien, die Querschnitte aus der Spitze des Basalteiles enthalten. Auf diesen Schnitten sehen wir die Grundsubstanz des Wurzelteiles in ihrer ganzen Ausdehnung von zahlreichen mehr oder weniger großen Kanälen durchzogen. Letztere sind gewöhnlich im Querschnitt getroffen und lassen verschiedene höchst unregelmäßige Formen erkennen, deren Lumen sehr variiert. Die kleineren Kanäle

zeigen gewöhnlich eine runde oder ovale regelmäßige Form, während die größeren Kanäle eine sehr verschiedenartige Gestalt besitzen, oft lang ausgezogen mit zahlreichen Vorsprüngen und Einbuchtungen, so daß das Lumen die eigenartigsten Formen annehmen kann. Letztere geben so in ihrer reichen Anordnung und Vollständigkeit der Grundsubstanz das Aussehen eines unregelmäßigen Netzwerkes von Lücken, die nur in schmalen Ringen von der Hartschubstanz umgeben werden. Der Inhalt dieser zahlreichen Kanäle, den wir in seiner Gesamtheit als Pulpagewebe auffassen müssen, hat eine feinfaserige zellenreiche Struktur, die verschiedene größere und kleinere Blutgefäße enthält, die ihrerseits von einer starken Pigmentanhäufung umgeben sind. Das Pigment liegt ferner noch zerstreut in mehr oder weniger dichten Komplexen in dem ganzen verzweigten Pulpanetz und erschwert dadurch sehr die feinere histologische Untersuchung. Die bald in breiteren, bald in schmälere Ringen die einzelnen Pulpakanäle umgebende Hartschubstanz bildet oft halbinsel- oder zapfenartige Vorsprünge in das zellenreiche Gewebe des Kanalsystems, die sich mit andern gleichartigen Bildungen vereinigen und so das Kanallumen verringern. Die größeren Kanäle selbst anastomosieren durch kleinere miteinander. Gewöhnlich sehen wir die Kanäle im Querschnitt getroffen, so daß die Annahme wohl berechtigt ist, daß dieselben in Richtung der Längsachse des Wurzelteiles, wenn auch teilweise unter schwacher Wellenbiegung, den letzteren durchlaufen. Die Serienschritte ergeben ferner, daß der unter vielen Biegungen verlaufende Hartschubstanzring in den seitlichen Umgrenzungen des Basalteiles unterbrochen ist und hier verschieden große Lücken zeigt, in die das zellenreiche Bindegewebe der Schleimhaut eindringt. Dasselbe umgibt diesen Teil vollständig, so daß die sich zu Bündeln zusammenlegenden Bindegewebsfasern mit zahlreichen Blutgefäßen durch die sowohl in der Mitte wie an den Enden der Hartschubstanz auftretenden Lücken eintreten können und als feinfaseriges Gewebe die zahlreichen Kanäle innerhalb der Grundsubstanz vollständig ausfüllen. Aus dieser Einrichtung resultiert natürlich eine innige und starke Verbindung zwischen Basalteil und Kiemenbogenschleimhaut.

Was nun den feineren Bau der Hartschubstanz in diesem Abschnitte des Wurzelteiles anbetrifft, so beobachten wir, daß das betreffende Gewebe nicht homogen ist. Diejenigen Partien des Dentins, die den Pulpakanälen direkt anliegen, weisen nämlich eine dunklere und zugleich gleichmäßigere Färbung auf als die dazwischen liegenden Teile der Hartschubstanz. Das sich dunkler färbende Dentin, welches als

schmaler Ring die einzelnen Pulpakanäle umzieht, enthält vereinzelt Kanälchen, die mit offener Mündung mit dem Zahnmarkgewebe verbunden sind. Sie sind an Zahl sehr gering und treten meistens als Spalträume auf. Da sie noch keine besonders sich färbende Wandung besitzen, so können sie leicht übersehen werden. Wenn nun auch vorliegende Spalträume von geringerer Kürze sind, als die in andern Teilen der Hartschubstanz auftretenden gleichartigen Elemente, so müssen wir sie doch als die ersten Bildungen von Dentinkanälchen ansehen, die, wie bei schärfster Einstellung zu sehen ist, von bestimmten der Hartschubstanz anliegenden Zellen protoplasmatische Fortsätze erhalten. Zwischen diesen durch Hämatoxylin charakteristisch blau sich färbenden Dentinringen liegt nun ein helleres Hartschubstanzgewebe, das sich in zweifacher Weise imbibiert hat. Zunächst laufen innerhalb der helleren Zwischenschicht der Grundsubstanz, zum Teil von den stärker gefärbten Randzonen der Pulpakanäle ausgehend, zahlreiche blau gefärbte Linien. Sie bilden in ihrer Gesamtheit ein zierliches Gerüst oder Maschenwerk aus dunkeln Linien, die unregelmäßig gelagert sich mehrmals kreuzen. Gewöhnlich sind auch einzelne größere Komplexe solcher Bildungen zu beobachten, so daß sie sich in der Mitte zu knotenartigen Centren zusammenlegen, von denen dann mitunter höchst feine Stränge auslaufen. Auf andern Schnitten, die aber derselben Partie des Wurzelteiles entnommen sind, habe ich die Beobachtung gemacht, daß sich mehrere solcher blau gefärbter Linien zu Komplexen oder besser Bündeln zusammenlegen. Aus letzterem Umstande und auch aus dem Vorkommen derselben innerhalb des Basalteiles läßt sich wohl die Folgerung ziehen, daß genannte blau tingierte Stränge innerhalb der helleren Grundsubstanz nichts andres als collagene Bindegewebsfasern oder Bündel darstellen, die am Aufbau des Wurzelteiles beteiligt sind und infolge einer starken Verkalkung die intensive blaue Färbung angenommen haben.

Auf Querschnitten von embryonalen Stammteilen eines Flossenstachels von einem *Acanthias*-Embryo hat MARKERT (44) ähnliche Beobachtungen gemacht. Er findet zwei sich dunkel färbende Schichten, die, zu außen und innen gelegen, durch eine schmalere heller gefärbte Schicht getrennt sind. Die dunkeln Schichten sind nach ihm auch nicht homogen, sondern helle Grundsubstanz, in der neben dunkelblau gefärbten Dentinröhren ein Netz dunkelblauer Linien auftritt, die er für Bindegewebsfasern hält. Gleichartige Befunde erwähnt noch STUDNICKA (69) bei den Placoidschuppen von *Scyllium* und den Zähnen von *Chimaera* und *Myliobatis*. Wir haben bereits an einer andern Stelle

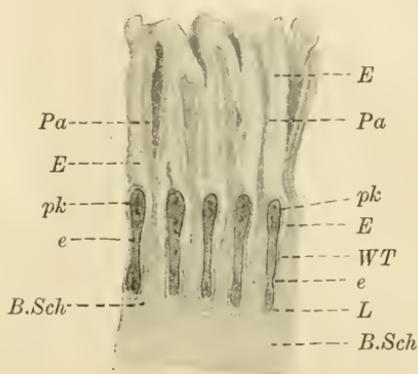
gesehen, daß mit dem unteren Abschnitt des Basalteiles besonders zahlreiche Bindegewebsbündel in Verbindung treten und unter Auflösung in einzelne Fasern als solche in die reichlich vorhandenen Perforationen eindringen. Auf unsern Schnittserienbildern können wir den Verlauf dieser Bindegewebsbündel beobachten. Besonders in der unteren Partie des Wurzelteiles, die in der bindegewebigen Schleimhaut befestigt ist, sieht man, wie von allen Seiten eine große Anzahl Bindegewebsfasern zu breiten Bündeln vereinigt an die Grundsubstanz herantreten und schließlich in sie übertreten. Leider ließ sich bei dem ausgewachsenen Material nicht verfolgen, wie sich diese Bündel zwischen den übrigen Bindegewebsfasern der Grundsubstanz verlieren. An den mittleren Abschnitten des Basalteiles beobachten wir geschilderte Bindegewebsbündel nur noch vereinzelt in kleineren Abständen und unter sich parallel verlaufend. Diese dringen auch durch die Lücken der Grundsubstanz in das Pulpanetz ein, oder gehen, wie bei jüngeren noch nicht vollständig ausgebildeten Wurzelteilen, in letztere über und nehmen so durch starke Verkalkung am Aufbau derselben teil. Genannte Bündel bilden im allgemeinen die sog. »durchbohrenden Fasern«, die sich auch bei andern Placoidorganen wiederfinden, hier wie dort die Basalteile im Corium befestigen und wohl als ein Analogon der SHARPEYschen Fasern angesehen werden dürfen.

Diejenigen Querschnittserien, die aus dem zwischen Spitze und Mitte des Basalteiles gelegenen Abschnitt hergestellt wurden, enthalten Bilder, die bereits eine schwache Differenzierung in dem Aufbau des Wurzelteiles erkennen lassen. Wir beobachten, daß das eine Ende des Schnittes breiter ist und zahlreichere Lücken und Unterbrechungen innerhalb und am Rande der Grundsubstanz besitzt als der übrige Teil desselben Schnittes. Besonders auffallend tritt uns dieser Unterschied auf Schnitten entgegen, die aus den Basalteilen der farblosen Reusen angefertigt wurden. Bereits in der makroskopischen Beschreibung hob ich die sockelartige Verbreiterung des basalen Teiles dieser Reusen hervor. Deutlicher läßt sich diese Erscheinung auf mikroskopischen Schnitten verfolgen, wo in dem betreffenden Abschnitt ein stark vermehrter Gerüstaufbau der Grundsubstanz mit zahlreichen Pulpankanälen stattgefunden hat, so daß letztere Partie der ganzen Reuse einen sehr festen Halt in dem Bindegewebe der Schleimhaut gibt.

Endlich wollen wir diejenigen Schnitte des Basalteiles untersuchen, die aus seiner Mitte genommen sind, bei denen also auch die innere Konkavität des Wurzelteiles in den Querschnitt fällt. Diese Schnittserien ergeben nun deutlich die bereits erwähnte angebahte Differen-

zierung im Bau des Wurzelteiles derart, daß letzterer in zwei Teile zerfällt, zwischen denen durch eine zarte gleichmäßige seitliche Einbuchtung eine Art Einschnürung gegeben ist. Der untere Abschnitt des Wurzelteiles erscheint breiter und zeigt, wie auch auf Taf. XIX, Fig. 16 zur Darstellung gekommen ist, im äußeren Bau der Grundsubstanz an dem einen Ende eine eckige Form. Gleichzeitig besitzt diese basale Partie auch auf diesen Serienschnitten, wie dieselbe Fig. 16 zum Ausdruck bringt, zahlreiche Kanäle, die ebenfalls nur von einer schmalen Zone von Dentin umgeben werden, wie an andern Stellen bereits näher erörtert wurde. Wenn auch schon auf diesen Schnitten die Zahl der Dentinkanälchen größer ist, so ist eine deutliche Anordnung und besondere Wandung, wie wir noch

näher sehen werden, noch nicht scharf sichtbar. Der oben durch die erwähnte Einschnürung abgegrenzte Teil unterscheidet sich im größeren Aufbau vom basalen unteren Abschnitt zunächst dadurch, daß die Zahl der Pulpakanäle erheblich verringert ist. Etwa zwei bis drei Kanäle, die hier, regelmäßig angeordnet, im Centrum der Grundsubstanz in einer Reihe hintereinander gelagert sind, finden sich nur noch vor. Dadurch nimmt das Dentin selbst an Masse zu und um-



Textfig. 3.

L, Lücke des Basalteils; *pk*, Pulpakanäle; *e*, Einschnürung der Grundsubstanz; *E*, Epithel; *Pa*, Papillen; *WT*, Wurzelteil; *B.Sch*, bindegewebige Schleimhaut,

schließt auch in breiten Lagen die einzelnen Kanäle. Ferner schließt der obere Abschnitt des Wurzelteiles in einer allmählichen Rundung ab, die vollständig geschlossen ist und keine Perforationen besitzt, durch die Bindegewebe eindringen könnte. Erwähnen möchte ich noch, daß an den basalen Enden des Wurzelteiles noch ein bis zwei tiefe Einschnitte in der Grundsubstanz auffallen, durch die Blutgefäße und Bindegewebsbündel in das Pulpanetz übergehen. In Textfig. 3 ist uns ein Bild von der Anordnung der Wurzelteile im Bindegewebe gegeben, die tiefen Einbuchtungen sind hier bei *L* als Unterbrechungen in der Linie angedeutet. Die dunkeln Kreise und Punkte bei *pk* sollen die zahlreichen Pulpakanäle wiedergeben, während bei *e* die schwache Einschnürung der Grundsubstanz angegeben ist. Die ausgesprochene Rundung des oberen Abschnittes des Wurzelteiles ist auch auf dieser

Textfigur zu erkennen. Schließlich ergibt noch die feinere histologische Untersuchung manche Unterscheidungspunkte zwischen beiden Abschnitten des Wurzelteiles. Die obere Partie zeigt auf den mit Hämatoxylin und Eosin gefärbten Schnitten, abgesehen von den zahlreichen Dentinkanälchen, auf deren genaue Untersuchung ich an einer späteren Stelle noch zu sprechen kommen werde, einen homogenen Bau. Dagegen beobachtet man auf Schnitten aus dem unteren Abschnitt des Basalteiles zwischen den bereits bekannten dunkleren Dentinzonen eine helle Zwischenschicht, die auch hier ein zierliches Maschenwerk blau gefärbter, verkalkter Bindegewebsfasern enthält. Ferner erkannte man auf diesen Serien zwischen dem feinen Faserflechtwerk, jedoch nur bei schärfster homogener Immersion, eine feine Granulation des Gewebes, die in Punkten und Kreisen hervortritt und gewöhnlich hellgraues Aussehen zeigt. Letztere Erscheinung war in der ähnlichen inhomogenen Grundsubstanz auf früheren Schnitten noch nicht sichtbar. Diese runden Querschnitte liegen nun nicht aneinander, sondern sind von einer helleren Zwischenschicht umgeben, die ihrerseits wieder von dem Fasernetz umsäumt wird. Verschiedene Autoren, so auch MARKERT (44), halten derartige kleinere Querschnitte für Bindegewebsfasern. Auf meinen Präparaten haben letztere aber keine typische Färbung collagener Bindegewebssubstanz angenommen; es wäre ja nicht ausgeschlossen, daß hier und da einzelne Fasern als Querschnitte in dem blau gefärbten Maschenwerk zu sehen sind. Indessen möchte ich eher die Vermutung aussprechen, daß das feine Maschenwerk innerhalb der Grundsubstanz eine Ablagerung von organischen Stoffen in den Basalteil enthält, für welchen Gedanken besonders auch die hellgraue Farbe der zahlreichen Punkte und Kügelchen innerhalb der helleren Grundsubstanz spricht. Vor allem glaube ich aber in der chemischen Analyse einen Anhaltspunkt für meine Vermutung zu haben; dieselbe läßt ja erkennen, daß der Wurzelteil beinahe dreimal soviel ätherlösliche Stoffe enthält als der Reusenzahn, und es wäre demnach wohl nicht ausgeschlossen, daß letztere Stoffe mit dem in dem Wurzelteil in Menge vorhandenen Protein in dem feinen Netzwerk der Grundsubstanz abgelagert sind.

Die obere Partie des Wurzelteiles zeigt hingegen keine Streifung und Granulierung des Hartsubstanzgewebes. Indes findet sich hier auch zahlreiches Pigment innerhalb der Grundsubstanz, das im unteren Abschnitte des Basalteiles meistens auf die Pulpakanäle lokalisiert war. Gewöhnlich zeigt das in größeren Mengen vorkommende Pigment eine leichte Anordnung in konzentrischen Ringen um die einzelnen Pulpa-

kanäle, so daß diese Tatsache fast zu der Annahme führen könnte, als ob eine periodische Schichtung der Grundsubstanz stattgefunden hätte. Eine Schichtung des Dentins selbst, so z. B. das Vorhandensein von Konturlinien, die sich besonders in den Zähnen der Amnioten vorfinden und der Ausdruck für ein periodisches Wachstum der Grundsubstanz sind, läßt sich bei unserm Objekte nicht feststellen. Am äußeren Rande des oberen Abschnittes des Wurzelteiles nimmt das Pigment eine besondere Zone ein und ist hier in fein- und grobkörniger Form vorhanden, fast in gleicher Breite ringartig dem freien Rande parallel laufend. Endlich finden wir in der Grundsubstanz noch zahlreiche feinere Kanälchen, die von den einzelnen Pulpakanälen ihren Ausgang nehmen. Ihrer Anordnung und ihrem Bau nach zeigen sie Ähnlichkeit mit den Dentinkanälchen bei den höheren Vertebraten, wenn diese auch im Dentin der letzteren dichter stehen als bei unsern Objekten. Für das Zahnbein der höheren Wirbeltiere ist das Vorkommen genannter Kanälchen nun charakteristisch. Wir müssen daher die Grundsubstanz der Reusen als Dentin ansehen, die feineren Röhrechen als Dentinkanälchen und die in seinem Innern vorkommenden größeren Kanäle als Pulpakanäle betrachten, die durch ihre Lagerung besonders im unteren Abschnitt des Basalteiles ein netzartiges Aussehen darbieten. RÖSE schlägt für eine derartige Dentinbildung mit reich verzweigter Pulpaöhle den Ausdruck »verästeltes Zahnbein« vor. Was nun den Verlauf und Bau der einzelnen Dentinkanälchen anbetrifft, so nehmen diese sehr oft als größere Lücken oder Spalträume von den einzelnen Pulpakanälen ihren Ursprung. Diese Lücken im Anfangsteil der Dentinröhrechen geben nun bald unter zwei- bis dreifacher Teilung ihr Lumen auf und dringen unter radiärem Verlauf zur Oberfläche hin in die Grundsubstanz ein. Schließlich lösen sie sich peripherwärts dichotomisch als feines Geäst auf. Derjenige Teil der Dentinkanälchen, der als Spalt-raum an der »Zahnmark«-Höhle beginnt, besitzt noch keine eigne Wandung, die infolge bestimmter Färbung deutlich imbibiert wurde. Erst im oberen Teile der Kanälchen und auch in ihren feinen Verzweigungen tritt die sichtbare Umkleidung derselben durch eine deutliche Wandung hervor. Durch die kombinierte Hämatoxylin-Eosinfärbung wird nämlich die Wandung der Kanälchen blau gefärbt, während das dazwischen liegende Dentin einen rötlichen Farbenton erhält. Zwischen den mittleren Pulpenkanälen des oberen Abschnittes des Wurzelteiles treten innerhalb des breiten Dentinringes die Zahnbeinröhrechen oftmals mit denjenigen benachbarter Zahnmarkkanäle in Kommunikation und bilden zahlreiche Anastomosen. Dadurch werden mehr oder weniger

größere Partien von Dentin durch die Zahnbeinröhrchen umschlossen und bilden so Dentin-»Inselchen«, wenn ich mich so ausdrücken soll, die besonders in weniger stark gefärbten Abschnitten durch die blau gefärbte Umgrenzung der Dentinkanälchenwandung hervortreten. Natürlich variieren diese »Inselchen« sehr in ihrer Größe und können selbst kleinste Kreise vorstellen, die aber nicht mit den Kreisen und Punkten zu verwechseln sind, die das Querschnittsbild von den als Ablagerung organischer Stoffe oder etwa von den mit in die Verkalkung eingetretenen Bindegewebsfasern gibt, und deren granulierter Charakter, gerade bei den ersteren, als Ganzes in einer hellen Substanz, nicht zu verkennen ist. Wir haben also gesehen, daß im histologischen Aufbau in der Tat eine Differenzierung im Wurzelteil vorhanden ist, dessen basaler Teil in der Hauptsache aus bindegewebigen Elementen sich aufbaut, während der obere Abschnitt durch besondere Bildungselemente begründet sein muß. Diese Partie besitzt auch nur den hell glänzenden Überzug, wie bereits in der makroskopischen Beschreibung erwähnt wurde und auf deren genaue Struktur ich später noch zu sprechen kommen werde. Inwiefern dieser auffallende Unterschied im Aufbau des Basalteiles der Reuse entwicklungsgeschichtlich begründet ist, habe ich nicht feststellen können; es sei mir aber gestattet, über diesen Punkt einige Angaben hier zu machen, die KLAATSCH (35) bei andern Placoidorganen festgelegt hat. Er findet bei verschiedenen Plagiostomen unregelmäßige Basalplatten, in die vom Rande Buchten ins Innere eindringen und so auf »eine Reduktion der Basalplatte« hinweisen, während der obere Teil im gleichmäßigen Bau »erhalten« ist. Genannter Forscher erklärt vorliegende Tatsache in folgender Weise: »Indifferente mesodermale Elemente stellen die gemeinsame zellige Anlage für den Spitzenteil und den oberflächlichen Teil der Basalplatte dar.« Diese Elemente bezeichnet KLAATSCH als Scleroblasten, »die, dem Bindegewebe des Schuppenkeimes entstammend, eine Hartschubstanz liefern«. Weiter sagt er: »Die Bildung des oberflächlichen Teiles der Basalplatte erfolgt im direkten Anschluß an die Bildung des Dentinkegels. Der Unterschied zwischen beiden Teilen des Placoidorgans beruht nur darin, daß im Spitzenteil die Scleroblasten ihrem Produkte allein auf der Innenseite desselben anlagern, während sie, wo die nahe örtliche Beziehung zur Epidermis aufhört, die sich flächenhaft in der Cutis ausdehnende Basalplatte an der Außen- wie an der Innenseite bedecken.« — »Im Anschluß an die indifferenten Mesodermzellen werden andre Elemente in den scleroblastischen Prozeß einbezogen, welche durch die Abscheidung einer fibrillär zerfallenden Grundsubstanz sich

den differenzierten Bindegewebszellen der Cutis anreihen. Dadurch werden bindegewebige Bestandteile in die Substanz der Basalplatte aufgenommen. So gesellt sich zum oberflächlichen Teil der Basalplatte der tiefe Teil derselben hinzu.«

In den central gelegenen Pulpakanälen findet sich gewöhnlich in der Mitte ein Blutgefäß, das dicht mit Blutkörperchen gefüllt ist und eine verhältnismäßig starke Wandung besitzt, auf deren histologische Struktur ich später noch eingehen werde. Um dieses Blutgefäß lagert ein bräunlich-schwarzes Pigment, das zeitweise durch Zellen durchbrochen wird. Letztere füllen nun den ganzen Hohlraum des Dentins vollständig aus. Da die genaue feine Struktur dieser Zellen wegen des stellenweise sehr dichten Pigments sich nicht gut feststellen ließ, so zog ich Schnitte durch die farblosen Reusenbasalteile zum Vergleich heran, in denen nämlich noch keine Spur von Pigment vorhanden ist. Auch in diesen Pulpenkanälen besteht der Inhalt aus einem feinfaserigen, zellenreichen Gewebe, das die verschiedensten Kernformen aufweist. Eine typische Anordnung von Odontoblastenzellen, die in einschichtiger Lage, wie ein Cylinderepithel, dem übrigen Pulpagewebe aufsitzen und als Membrana eboris (KÖLLIKER) vor allem für die höheren Vertebraten charakteristisch ist, habe ich auf meinen Schnitten nicht feststellen können. So schreibt HERTWIG (24) bereits, daß die Odontoblasten in den Hartsubstanzgebilden der Selachier von denen der höheren Tierzähne bedeutend abweichen. Sie liegen auch auf unsern Schnitten entsprechend der besonderen Ursprungs- und Verlaufsweise der Dentinröhrchen im Pulpagewebe zerstreut, ohne eine besondere Zellenlage zu bilden. Gewöhnlich beobachten wir zweierlei Zellarten; die einen sind mehr spindelförmig mit großem Kern und meistens mit spärlichem Protoplasmaleib, die, fast immer senkrecht mit ihrer Längsachse gegen das Dentin gestellt, ihre sehr zarten und nur bei schärfster Einstellung zu sehenden kernlosen protoplasmatischen Fortsätze in die Dentinröhrchen hineinsenden. Mitunter liegen sie auch flach der Grundsubstanz an und schicken nur kürzere Fortsätze aus. Die andre Zellform zeigt mehr rundere Gestalt mit rundlichem Kern und größerem Protoplasmaleib, sie entsenden auch nur kürzere Fortsätze und finden sich vor allem in der Pulpa des Reusenzahnes. Ferner enthält das Pulpagewebe noch größere ovale Kerne mit zierlichem Chromatingerüst, daneben große und kleine rundliche Kerne, endlich noch typische längliche Bindegewebskerne. Im allgemeinen sehen wir zweierlei Kernformen, die länglichen und runden; auch sind meistens die spindelförmigen Odontoblasten vorhanden, die selbst zu zwei nebeneinander

vor der Mündung eines Dentinröhrchens sich lagern können, wie auf Taf. XIX. Fig. 12 gezeigt ist. Die sonstigen verschiedensten Kernformen, z. B. kleine rundliche Kerne, stellen wohl zum Teil auch nur Querschnitte der ovalen Kerne dar. In bezug auf unsern Befund sei nun noch erwähnt, daß RICHTER (54) und MARKERT (44) im Pulpagewebe des Flossenstachels von *Trygon* und *Acanthias* ebenfalls zwei verschiedene Arten von Odontoblasten vorfanden, über deren spezielle Bedeutung sie trotz embryonalen Materials keine näheren Angaben machen können. Letzterer Autor weist noch darauf hin, daß sich bei HANNOVER (21, 22) ähnliche Aufzeichnungen finden, indem er folgende Stelle angibt: »HANNOVER hat die Stacheln eines jungen Dornhaies untersucht, der noch einen großen Dottersack trug. Er weist auf die große Ähnlichkeit zwischen dem Stachelkeim und dem in einer früheren Arbeit von ihm beschriebenen Zahnkeim von Säugetieren hin und kommt bei einer eingehenden Vergleichung zu der Annahme, daß sich beide Bildungen auf dieselbe Weise entwickelt haben, der jüngste Teil ist in beiden Fällen die Basis, der älteste die Spitze. Die Basis des Stachelkeimes besteht aus kleinen runden Zellen mit rundem, ovalem und eckigem Kern, später verlängern sich diese, und es bildet sich allmählich eine faserige Struktur aus.« HANNOVER konnte die Sache des ungenügenden Materials wegen nicht weiter verfolgen; er glaubt indes, daß die langen Kerne in der feinfaserigen Masse den Dentintuben die Entstehung geben.

Schließlich tritt noch auf den Serienschritten durch die farblosen kleinsten Reusenbasalteile die bindegewebige Anlage der Hartschubstanz deutlich hervor. Durch die kombinierte Hämatoxylin-Pikrinsäure-Fuchsinimbibition sind die einzelnen Bindegewebsfaserzüge und auch Querschnitte derselben sichtbar geworden. Ebenfalls zeigen sich auch hier zwischen den Fibrillen vereinzelte Spalträume in der Grundsubstanz, die ihren Ausgang von den Pulpakanälen nehmen und, obgleich sie noch von keiner eignen Wandung begrenzt sind, als die ersten Anlagen von Dentinkanälchen gedeutet werden müssen. Sicherlich dürfte die definitive Gestaltung und besondere Auskleidung der Kanälchen, wenn ich mich so ausdrücken darf, aus der beginnenden Tätigkeit der Odontoblasten resultieren, die darin besteht, daß sie feine, zarte, protoplasmatische Ausläufer in diese Dentinspalträume hineinsenden. Auch entwicklungsgeschichtlich ist bei andern Hartgebilden der Elasmobranchier der Nachweis geführt, daß das Bindegewebe einen großen Anteil hat an der Bildung der Basalplatten. So hat HERTWIG (24) für die Zähne und Placoidschuppen verschiedener Plagiostomen in dieser

Hinsicht die histologischen und entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen durchgeführt. Er bezeichnete daher auch den Basalsockel der Placoidschuppe wegen seines bindegewebigen Aufbaues als Schuppencement. MARKERT (44) fand ebenfalls beim *Acanthias*-Flossenstachel, daß Bindegewebsfasern in allen Entwicklungsstadien bis zum fertigen Zustand die Grundlage für die Stachelhartsubstanz bilden. Erst später lagert sich homogenes Dentin an, »das möglicherweise ganz ohne Beteiligung von Bindegewebsfasern entsteht, wohl sicher aber solche höchstens in ganz spärlichem Maße umschließt«. Den zuerst gebildeten Teil nennt er »primäre Hartsubstanz«, im Gegensatz hierzu das später hinzukommende Dentin »sekundäre Hartsubstanz«. Erstere unterscheidet sich von letzterer »durch den faserigen Bau und geringen Grad von Färbbarkeit namentlich in Hämatoxylin«.

Die Untersuchung der Längsschnitte, die parallel zur Kante des Basalteiles angefertigt sind, bestätigen im allgemeinen die bisherigen Befunde. Besonders schön tritt auf ihnen das reich verzweigte Pulpanetz hervor; die einzelnen »Zahnmark«-Kanäle sind gewöhnlich in ihrer ganzen Ausdehnung getroffen, aus welcher Erscheinung man folgern kann, daß dieselben im großen und ganzen parallel dem Hartsubstanzrande laufen und kaum merkliche Biegungen machen. Auch die Blutgefäße innerhalb der Pulpakanäle zeigen sich auf vorliegenden Schnitten in ziemlicher Länge, wie aus der Wandung und den zahlreich hintereinander gelagerten kernhaltigen Blutzellen festzustellen ist. An einzelnen Punkten bildet das Dentin Brücken und Leisten als Querverbindungen zwischen den beiden äußersten Grundsubstanzrändern. Letztere zeigen die bekannten zahlreichen Lücken zum Durchtritt für das Bindegewebe. Gleichzeitig erkennt man prächtig auf Längsschnitten die schmalen ringartig um die Pulpakanäle ziehenden Dentinmassen. Endlich gibt die feinere Untersuchung vorliegender Längsschnittserien eine Bestätigung für die bereits im Querschnittsbild gegebenen histologischen Befunde.

Was nun schließlich die Flächenschnitte anbetrifft, so ließen sich nur Teilschnitte mit großer Schwierigkeit aus den oberflächlichen Partien des Basalteiles anfertigen. Auf ihnen erkannte man besonders die äußerst dichte Pigmentanhäufung innerhalb der Pulpakanäle und im Hartsubstanzgewebe selbst. Vor allem wurden aber auf diesen Flächenschnitten die Odontoblasten und ihre Fortsätze deutlich und scharf sichtbar. Letztere waren oft von ihren Zellen abgerissen und ragten nur zum Teil am Ursprung der Dentinkanälchen, der hier ebenfalls als Spaltraum erschien, hervor. Nicht minder wurden die proto-

plasmatischen Fortsätze durch ihre hellere Färbung von der umgebenden dunkler gefärbten Dentinsubstanz differenziert. Das aus dem Zahnbeinröhrchen mitunter hervorragende abgerissene Anfangsstück eines Odontoblastenfortsatzes hat eine ziemliche Breite, die gegen das Ende dem Lumen des Dentinröhrchens entsprechend abnimmt. Leider sind die zugehörigen Zellen infolge der intensiven Pigmentanhäufung selten vollständig zu erkennen, meistens nur das breite Kaliber des Anfangsteiles vom Odontoblastenfortsatz.

Da mir besonders die Flächenschnitte nicht in jeder Hinsicht befriedigende Resultate lieferten und überdies die baumartige Verzweigung und feinsten Verästelungen und Endigungen der Dentinkanälchen auf Schnitten überhaupt nicht deutlich genug wurden, so fertigte ich noch einige Dünnschliffe durch den Wurzelteil der Reuse an, um in dieser Beziehung meine histologischen Untersuchungen ergänzen zu können. Es kamen indes nur Flächenschliffe in Betracht, Quer- und Längsschliffe ließen sich infolge der geringen Dicke des Objektes nicht herstellen und dürften dem Gesamtbild auch kaum etwas Wertvolles zugefügt haben. Vor allem kam es mir nun darauf an, die Verzweigungs- und Endigungsart der Dentinkanälchen am Rande des Wurzelteiles scharf und ausgeprägt zu erhalten, da die Schnitte die feinste dendritische Verzweigung nur unvollkommen und am Randteil überhaupt nicht erkennen lassen.

Zu diesem Zwecke benutzte ich die von ZIMMERMANN angegebene Schleif- und Injektionsmethode eines trockenen Zahnes, wie er sie in der Enzyklopädie (13) für mikroskopische Technik schildert. Zunächst wurde der Basalteil entfettet und langsam im Thermostaten getrocknet. Darauf begann ich den betreffenden Teil mit Xylol auf einem Schleifstein ziemlich dünn zu schleifen. Bereits bei diesem Vorgang konnte man einen Schluß auf die zwifache Natur der Hartschubstanz des Wurzelteiles machen. Der basale Abschnitt des letzteren, der bedeutend heller erscheint als die übrigen Partien und, wie aus der makroskopischen Untersuchung bereits hervorging, nicht den für die übrigen Reusenteile charakteristischen Glanz, hingegen zahlreiche Perforationen besitzt, ging beim Schleifen durch Zerbröckeln vollständig verloren. Diejenige Partie des Basalteiles aber, die der inneren Konkavität angehört und auffallenden Glanz und dunklere Farbe besitzt, ließ sich bis zu einer gewissen dünnen Schicht schleifen. Zunächst achtete ich nun darauf, daß beide Flächen ziemlich gleichmäßig glatt geschliffen wurden, ohne daß der Basalteil als Ganzes bereits die äußerste dünne Fläche erreicht hatte. Derartigen Schliff ließ ich dann einige Minuten in einer gesättigten alkoholischen Fuchsinlösung kochen und daraufhin langsam

erkalten. Wiederholt man mehrmals dieses Kochen mit folgendem Verweilen des Schliffes in der sich langsam abkühlenden Lösung, so erreicht man, daß die Luft aus den Dentinkanälchen vollständig herausgetrieben wird und der Fuchsinfarbstoff in die Zahnbeinröhrchen sich ablagert. Die äußersten Verzweigungen und feinsten Endausläufer der Dentinkanälchen sind auf diese Weise scharf sichtbar gemacht worden. Ein bloßes Einschließen der Luft durch Kanadabalsam gibt nicht ein so deutliches und vortreffliches Bild von dem feinsten Kanälchengeäst. Zum Schluß wurde der Schnitt langsam getrocknet und abermals mit Xylol auf dem Schleifstein geschliffen, bis die definitive Dünne erreicht war. Mit einem Pinsel wurde dann der überschüssige Farbstoff vorsichtig von dem Schliff entfernt, letzterer in Xylol nochmals vollständig gereinigt und hierauf in Kanadabalsam eingeschlossen.

Gehen wir nun zur Untersuchung eines derartigen Schliffes, dessen Bild auf Taf. XVIII, Fig. 9 wiedergegeben ist, über. Wir erkennen zunächst, daß der Wurzelteil in ein stark verästeltes Pulpanetz gespalten ist. Die Kanäle selbst haben eine unregelmäßige Form, bald Vorsprünge, bald Einsenkungen zeigend, ihr Zellinhalt ist natürlich gewichen und an die Stelle der Fuchsinfarbstoff getreten. Das Dentin, welches bald große, bald kleine Inseln von Hartschubstanz bildet, wird allseitig von der verzweigten Pulpa umgeben. An einzelnen Stellen treten diese inselartigen Lagerungen zu größeren Streifen zusammen, wie auch bereits auf Schnitten uns ein ähnliches Bild entgegengetreten ist. Innerhalb derartiger Hartschubstanzbildungen finden sich, wie Taf. XVIII, Fig. 9 bei *d* angibt, zahlreiche Dentinröhrchen, die sich baumartig verzweigen, welche Verästelung gerade für die Dentinkanälchen der Elasmobranchier-Hartschubstanzgebilde charakteristisch ist. Sie beginnen von den Pulpenräumen aus mit einem großen offenen Hohlraum, der sich bald in zahlreiche kleine Kanälchen zerklüftet, die sich wieder unter starker Abnahme ihres Lumens verästeln. Die benachbarte Pulpenverzweigung sendet nun ebenfalls von ihrer Wandung aus zahlreiche in ein feines Geäst sich auflösende Zahnbeinröhrchen in die Hartschubstanz, die zeitweise mit den übrigen Dentinkanälchen in Verbindung treten und dadurch ein zierliches Netzwerk darbieten. Zugleich werden kleinste Dentinmassen von den Kanälchen vollständig umgeben. Letztere Erscheinung findet sich gewöhnlich nur bei kleineren Dentinkomplexen. Mitunter treten auf größeren Dentininseln die gegenüberliegenden Zahnbeinkanälchen, wie auch auf Fig. 9, Taf. XVIII angedeutet ist, nicht miteinander in Kommunikation, so daß auf den betreffenden Zahnbeinstreifen in der Mitte eine homogene, durch Kanälchen

nicht zerklüftete Stelle vorhanden ist. Das Pulpanetz bildet ein Kanalsystem, wie die Figur darstellt, das sich in starken Bogen und Kurven um die einzelnen größeren Zahnbeinbildungen herumzieht, bald sein Kaliber bedeutend erweiternd, bald auf enge Spalträume verringernd. Letztere dringen dann anscheinend immer tiefer in die Dentininseln ein, so daß an solchen Stellen nur noch ein schmaler Streifen von Hartsubstanz übrig bleibt. Diese schmälere Pulpakanäle innerhalb einer größeren kompakten Hartschicht sind dann gleichsam stammartig der Ausgangspunkt für zahlreiche kleinere Dentinkanäle, die nun ein verzweigtes Kanalsystem innerhalb der Dentinplatte bedingen.

In dem Pulpanetz tritt nun besonders derjenige Kanal hervor, der, wie in Fig. 9, Taf. XVIII bei *R.K* zur Darstellung gekommen ist, parallel der inneren Konkavität läuft und als Randkanal auch wohl in der Hauptsache seinen zelligen Inhalt mit Blutgefäßen in die Kavität des Reusenzahnes hineinschieben dürfte. Zugleich ist dieser Pulpanal des Basalteiles durch sein im großen und ganzen gleichmäßig bleibendes Kaliber und durch sein starkes Lumen ausgezeichnet. Er dürfte aber deswegen besonders hervorgehoben werden, weil seine Wandung der Ausgangspunkt für zahlreiche Dentinröhrchen ist, siehe Fig. 9, Taf. XVIII bei *D.K*, die radiär zum äußeren Rande der inneren Konkavität laufen. In ihren Haupttrichtungen gehen sie untereinander parallel. Die Kanäle selbst zeigen einen geschlängelten und welligen Verlauf, der demjenigen der Zahnbeinkanäle des menschlichen Zahnes nicht ähnlich ist. Bei diesen setzt sich die Biegung innerhalb des Verlaufes der Kanäle aus der oberen und unteren Krümmung als ein lateinisches **S** zusammen. Die meisten Kanäle beginnen hier schon in einiger Entfernung von der Basis sich zu zweiteilen, wie uns ein Blick auf Fig. 9 u. 10, Taf. XVIII bestätigen wird. Natürlich hängt mit dieser Teilung eine bedeutende Verringerung des Lumens des Stammkanales zusammen. Diese Seitenäste erster Ordnung, wie ich sie bezeichnen möchte, beginnen ebenfalls wieder Nebenäste zu treiben. Gewöhnlich ist dann an den Stellen, wo ein Seitenast sich findet, eine kleine Ausweitung im Lumen des Stammastes zu beobachten. In dieser Weise bildet sich eine zierliche und reiche Verzweigung und Verästelung von Dentinkanälen, die wir gleichsam als eine monopodiale Ramifikation bezeichnen könnten. Solche baumartige Verästelung von Zahnbeinröhrchen ist in den verschiedensten Hartschichtgebilden der Plagiostomen von vielen Forschern beschrieben worden und für betreffende Bildungen geradezu charakteristisch. Aber auch bei andern Fischen, so z. B. bei den Ganoiden, ist eine analoge Ver-

zweigung der Dentinkanälchen konstatiert worden, so hat WILLIAMSON (77) die Verästelung der Zahnbeinröhrchen in der Ganoidschuppe mit einem »entlaubten Baum« verglichen. Mit dieser Verzweigung der Dentinkanälchen ist nun aber eine konstante allmähliche Abnahme des Lumens der Röhrchen verbunden, so daß das Kaliber der Endstücke der Kanälchen nur sehr gering ist. Aus der Darstellung in Fig. 10, Taf. XVIII geht fernerhin hervor, daß die Verzweigung der Dentinröhrchen gewöhnlich unter spitzem Winkel, höchstens unter Winkel bis zu 60° stattfindet. Nur vereinzelt tritt eine Modifikation der Teilungsart der Kanälchen innerhalb derselben Dentinschicht auf, nämlich derart, daß die Änderung des Röhrchenkalibers mitunter plötzlich und nicht immer allmählich geschieht, und daß ferner die Abzweigung dieser Kanälchen oft mehr unter einem Winkel von 90° eintritt. Letztere Verzweigungsart beobachten wir gewöhnlich in der Randzone der Dentinschicht. In diesem peripheren Drittel der Zahnbeinschicht zur inneren Konkavität hin setzt überhaupt eine starke und zahlreiche Verästelung und Verzweigung der Dentinkanälchen ein. Diese nehmen in ihrem Lumen bedeutend ab; sie gehen aber mit ihren feinsten Endverzweigungen nicht direkt auf den äußeren Rand zu, wie auch aus Fig. 17, Taf. XIX zum Teil bei *s* noch zu ersehen ist, sondern biegen noch ganz beträchtlich seitlich um und bieten so der Dentinmatrix eine nicht unwesentliche Verzweigungsfläche und zugleich durch ihren protoplasmatischen Inhalt ein bedeutendes Ernährungsgebiet. Das plötzliche Umbiegen und Umknicken der feinen Endäste der Dentinröhrchen in eine Richtung hin, gibt im Gesamtbild Ähnlichkeit mit einem wogenden Ährenfeld. Es scheint auch beinahe, als ob ein besonderer Grund vorliege, woraus die einseitige Richtung im Umbiegen der Endverzweigungen resultiert. Gleichzeitig ist mit der reichen Verzweigung die Bildung zahlreicher Anastomosen gegeben, die in Gemeinschaft mit dem feinen Dentinröhrchengeäst ein zierliches Netzwerk bedingen. Die Anastomosen treten am zahlreichsten im äußeren peripheren Teile der Dentinmatrix auf, finden sich aber auch, wie aus Fig. 10, Taf. XVIII bei *A* ersichtlich ist, im mittleren Teile der Grundsubstanz. Im allgemeinen behalten sie ihr Kaliber gleichmäßig bei, doch am Übergang zu den partizipierenden Dentinröhrchen hin findet eine sichtbare Erweiterung des Lumens statt, wie uns ein Blick auf die Figur bestätigen wird. Meistens bemerken wir noch Anastomosenbildung zwischen zwei benachbarten Kanälchen, es kommen aber auch Fälle vor, wo die Anastomose ein bis zwei Zahnbeinröhrchen überschlägt und erst mit einem entfernteren Kanälchen in Kommunikation tritt; wie z. B. bei A_1 auf Fig. 10,

Taf. XIX angedeutet ist. Ziehen wir nun die Anordnung und Zahl der Zahnbeinröhrchen, wie sie im vorliegenden Teile der Plagiostomenhartschubstanz vorliegt, in Parallele mit den Dentinkanälchen des menschlichen Zahnes, so ergibt sich die Tatsache, daß erstere nicht so zusammengedrängt und zahlreich vorhanden sind wie im Dentin der Zähne höherer Vertebraten, speziell des Menschen. Auf eine Erscheinung möchte ich ferner noch hinweisen, die sich bei beiden Hartschubstanzen im Prinzip vorfindet, nämlich auf die »Dentinsäulchen« HOEHL'S (26), wie dieser Autor kompakte Dentinmassen, die sich zwischen größeren Gruppen von Dentinkanälchen finden, nennt. Auch das Zahnbein im vorliegenden Abschnitt des Basalteiles von *Selache maxima* zeigt größere Büschel oder Gruppen von Zahnbeinröhrchen, an welchen Stellen die Kanälchen in gedrängterer Masse zusammenstehen, während anderorts die Zahl der Dentinröhrchen sehr spärlich ist oder letztere kaum auftreten. Zwar so deutlich wie im Dentin des menschlichen Zahnes sehen wir die Zahnbeinkanälchen hier nicht zu Gruppen zusammengedrängt, doch eine Differenzierung in der Gruppierung derselben ist zu beobachten. Erwähnen möchte ich denn noch die Erklärung, die LEPKOWSKI (40) für diese Tatsache im Dentin des menschlichen Zahnes gibt. Er schreibt: »Es sind lauter Bilder ungleicher Verkalkung des Dentins, so daß man vermuten könnte, daß der Kalk sich zwischen die Kanälchen nicht gleichmäßig hineinschiebt und sie so zur Seite drängt.«

Nicht immer beginnt, wie vorhin geschildert, vom Grunde aus eine Teilung des Stammkanals; verschiedentlich kann man beobachten, wie einzelne Kanälchen, ohne sich zu verzweigen oder höchstens nur sehr minimal, bis zum Ende hinlaufen. Häufiger ist jedoch der Verlauf derart, daß die Kanäle an der Pulpa mit einem ziemlich breiten Stamm, siehe Fig. 10, Taf. XIX, beginnen, der zwar in der Länge sehr variieren kann und sich dann nachträglich teilt.

Mitunter wird nun noch der Versuch gemacht zwischen Teilungen und Verästelungen einen Unterschied zu eruieren. Erstere finden sich dann gewöhnlich im ersten, während letztere im zweiten und letzten Drittel der betreffenden Dentinmatrix vorhanden sein sollen. Ebenfalls wird dann noch die Erscheinung in Erwägung gezogen, daß bei den Teilungen die Kaliberstärke der Seitenäste hinsichtlich des Stammlumens bedeutend abnimmt, während bei den Verästelungen diese Tatsache sich nicht vorfindet. Letztere sollen noch besonders an den Stellen auftreten, wo vorher eine leichte seitliche Ausbiegung sich zeigt. Da sich diese Einteilung für meine Objekte nicht immer scharf durchführen ließ, so habe ich dieselbe fallen lassen.

Wenden wir uns jetzt zur histologischen Untersuchung des letzten Drittels der inneren Randpartie des vorliegenden Flächenschliffes. In diesem Abschnitt dürfte auch unser Objekt in mancher Beziehung für die Kenntnis der Hartsubstanzgebilde der Elasmobranchier im allgemeinen Beiträge liefern. Bei stärkerer Vergrößerung fällt zunächst auf, daß das Dentin nach außen hin von einem hellen, das Licht stark brechenden Saum begrenzt ist. Auf Fig. 9, Taf. XVIII finden wir diese Stelle bei *SD* angedeutet. Das Dentin selbst besitzt in seinem peripheren Randteil, auf der Figur bei *Pi*, zahlreiche hellere und dunklere braunschwarze Körner, die teilweise zu dichten Knäueln zusammengelagert, teilweise auch nur zu unregelmäßigen körnigen Anhäufungen gruppiert sind. Aus der Darstellung in der Fig. 10, Taf. XVIII geht hervor, daß dieses Pigment, für das wir die dunkeln Körner ansehen müssen, nicht so zahlreich in den übrigen Teilen der betreffenden Matrix vorhanden ist. Am konkaven Rande bildet das Pigment in der Grundsubstanz infolge der dichten Ansammlung einen besonderen Ring, den man als Pigmentzone bezeichnen dürfte, die auch insofern noch eine besondere Grenze bildet, als vor allem außerhalb dieser Pigmentzone die zahlreichen feinsten Dentinröhrchen und Anastomosen sich finden. Ferner tritt außerhalb dieser Zone die Erscheinung klar hervor, wie wir uns durch einen Blick auf Fig. 17, Taf. XIX überzeugen können, daß die Verlaufsrichtung der Kanälchen nicht immer senkrecht zur Peripherie gewendet ist, sondern innerhalb der Röhrchen stärkere Biegungen und Knickungen vorkommen. Die Kanälchen machen einen längeren Weg, zeigen Schwankungen in Lumenstärke und Größe und »stehen im Dienste der Vergrößerung der dentinerhaltenden Fläche«. Die Verlaufsrichtung der Pigmentkomplexe und schwärzlichen Körner ist senkrecht zur Richtung der Dentinkanälchen. Zwischen letzteren nur ist das Pigment abgelagert, im Lumen der Röhrchen habe ich keine Ansammlung von Pigmentkörnchen gefunden.

TURNER (75) hat in den Pulpakanälen des Basalteiles zwar einen gelben oder gelbbraunen Inhalt beobachtet, er vermutet indes, daß dieser Bestandteil wahrscheinlich Rest des »membranigen Inhaltes« sei, der in kleine, unregelmäßige, körnige Stücke zerfiel, als der betreffende Abschnitt geschliffen wurde. Das Vorhandensein echten Pigments in den Reusen stellt er in Frage, innerhalb des Dentins zwischen den Dentinröhrchen hat er überhaupt keine derartige, wie vorliegende Beobachtung gemacht.

Schließlich erkennen wir noch außerhalb der Pigmentzone zum freien Außenrand hin einen feinkörnigen dunkeln Streifen, der auf

Fig. 17, Taf. XIX bei *KD* zur Darstellung gekommen ist. Er bildet gleichsam eine Grenzschiicht zwischen dem Dentin und dem lichtbrechenden Außenrand. Letzteren will ich im Interesse einer einfacheren Darstellungsweise im voraus schon schmelzartige Deckschiicht nennen, auf die feinere histologische Struktur derselben werde ich an einer andern Stelle noch zu sprechen kommen. Die in reicher Anzahl vorhandenen feinsten Pünktchen und Kreise verleihen dieser Grenzschiicht einen körnigen Charakter. Sie sind nur bei homogener Immersion sichtbar und stellen sich dann als zahlreiche kleinste Hohlräume dar. Wie aus Fig. 17, Taf. XIX bei *KD* ersichtlich ist, liegen diese Hohlräume besonders dicht gedrängt unter dem hellen Außenrande (*SD* auf der Figur) und nehmen nach innen zur Pigmentzone hin an Zahl und gedrängter Anordnung allmählich ab. Gleichzeitig beobachten wir, daß diese körnige Schiicht noch zum Dentin gehört, ich möchte sie daher als körnige Dentinschiicht bezeichnen, die zugleich in ihren dunkel erscheinenden Hohlräumen eine scharfe Demarkationslinie zur hellen schmelzartigen Deckschiicht gibt. Ein Analogon findet sich wohl in der Körnerschiicht im Dentin des menschlichen Zahnes, wo sie J. TOMES als »granular layer« bezeichnet hat. Auf vorliegendem Schliff ist die körnige Dentinschiicht etwas mehr als doppelt so breit wie die schmelzartige Deckschiicht. Durch die alkoholische Fuchsinlösung werden die feinen Hohlräume der Schiicht nicht imbibiert, sie sind vielmehr mit Luft gefüllt, daher erscheint ihr Inhalt unter dem Mikroskop geschwärzt. Daher beobachtet man infolge der sehr großen Anzahl der Hohlräume unter dem durchscheinenden Außenrand eine dunkle Zone. Auch O. HERTWIG (24) hat solche »kleine kugelige Räume« bei einigen Placoidschuppen in der homogenen Grundsubstanz an der Basis des Stachels gefunden. Nach diesem Forscher besitzen sie einen von der übrigen Masse verschiedenen unverkalkten Inhalt. LEPKOWSKI (40) führt das Vorhandensein der Körnerschiicht und der Interglobularräume im Dentin des menschlichen Zahnes auf eine ungenügende Verkalkung des Zahnbeins zurück. Auf verschiedenen Schliffpräparaten durch menschliche Zähne ist die TOMESsche Körnerschiicht stets vorhanden, die Interglobularräume kommen hingegen selten vor. Dieser Autor hält die betreffenden Hohlräume für erweiterte Kanälchen; er hat nämlich auf seinen Schliffen beobachtet, wie die Kanälchen in die Hohlräume eintreten und ineinander übergehen. An andern Stellen bemerkte er Räume, die nichts andres sind als zahlreich erweiterte und verästelte Kanälchen, er sagt »das Ganze hat das Aussehen von einer Vene, die sich in ihren Sinus ergießt«. So faßt er denn die Entstehung der »granular

layer« im Dentin des menschlichen Zahnes mit folgenden Worten zusammen: »Ich halte die Hohlräume für erweiterte Kanälchen, deren trennende Wändchen zerstört wurden, so daß statt einzelner voneinander getrennter Buchten ein einziger Hohlraum entsteht, der auf trockenem Schliff mit Luft erfüllt ist.« Auf meinem Schliff durch den Wurzelteil der Reuse habe ich im Dentin keine größeren Hohlräume nach Art der Interglobularräume konstatieren können. Ich glaube nicht, daß auf meinem Präparat die Entstehung der Hohlräume in der körnigen Dentinschicht in Zusammenhang mit den Dentinkanälchen zu bringen ist. Denn die Anzahl der Hohlräume ist bei weitem bedeutend größer als die in dieser Zone vorhandenen feinsten Endausläufer der Dentinröhrchen. Ich möchte eher den Gedanken gelten lassen, daß die Existenz der körnigen Dentinschicht vielmehr durch eine ungleichmäßige Verkalkung der betreffenden Zahnbeinpartien bedingt sein könnte. Ferner habe ich auf gut gelungenen Injektionspräparaten feststellen können, daß zahlreiche feinste Endteile der Kanälchen durch die körnige Dentinschicht dringen und zum Teil in die schmelzartige Deckschicht hineingehen. Auf Fig. 17, Taf. XIX ist bei *E* eine solche Stelle angedeutet. Eine größere Anzahl Zahnbeinröhrchen endigt zwar in der körnigen Dentinschicht. Was nun schließlich noch die Form der Endstücke der einzelnen Dentinröhrchen an betrifft, so sei bemerkt, daß sie in äußerst feine Spitzen auslaufen, deren Gestalt durch die vorzügliche Fuchsininjektion genau kenntlich wird. Knöpfchenförmige Endigungsweise, wie verschiedene Forscher den Endteil der zarten Dentinverzweigungen z. B. im Zahnbein des menschlichen Zahnes beschrieben haben, findet sich bei den Dentinkanälchen der vorliegenden Elasmobranchier-Hartschicht nicht vor.

Endlich finde nun die schmelzartige Deckschicht bezüglich der feineren histologischen Struktur ihre nähere Beschreibung. Ich erwähnte bereits, daß diese Schicht sich durch ihre starke Lichtbrechung vom Dentin scharf abhebt und dadurch schon charakterisiert ist.

In der histologischen Untersuchung der Selachier-Hartschichten, speziell der Zähne, ist die Frage nach dem Vorhandensein eines echten Schmelzes und Schmelzorgans bei den Forschern eine vielumstrittene. Es ist daher an dieser Stelle wohl angebracht, über diesen Punkt einen kleinen Exkurs auf das historische Gebiet zu machen. OWEN (48), der uns in seiner *Odontography* zuerst eine Zusammenstellung seiner umfassenden Untersuchung über die Plagiostomenzähne gegeben hat, stellt die Existenz eines echten Schmelzes in Abrede, da er das Schmelzorgan vermißt. Er bezeichnet die äußere Rindenschicht des Zahnes

als Vitrodentin, das einen sehr harten, durchschimmernden, schmelzartigen Überzug bildet und feine Kanälchen besitzt. Spätere Forscher bestätigen die Angaben OWENS. So erklärt LEYDIG (42) die Tatsache, daß der Rand des Zahnes heller und stärker lichtbrechend erscheint dadurch, daß die äußere Zahnschicht dünner sei als das übrige Dentin und daher einen andern optischen Effekt hervorrufe. Er hält die Zähne der niederen Vertebraten als für nichts andres als verkalkte Papillen. KÖLLIKER (39) leugnet ebenfalls die Gegenwart eines echten Schmelzes, da er kein Schmelzorgan fand, wohl bestätigt er die Anwesenheit einer dichteren Lage von Elfenbein, das nur undeutlich den Besitz der Kanäle erkennen läßt. Gleichfalls hat WILLIAMSON (77) beobachtet, daß derjenige Teil der Placoidschuppe, der aus der Cutis herausragt, auf seiner Oberfläche eine dünne Lage einer glänzenden Substanz zeigt, die von dem Dentin durch keine besondere Grenzlinie geschieden ist. Er bezeichnet diese Substanz als »Ganoin«, den Ausdruck Schmelz findet er deswegen nicht passend, weil durch ihn gerade der prismatische Charakter der hellen Außenschicht auf dem Dentin der Säugetierzähne zum Ausdruck kommen soll. JAECKEL (32, 33) hält denjenigen Schmelz, in den die Zahnbeinröhren noch teilweise eindringen und der keine feste Grenze zum Dentin bildet, wie häufig bei den Selachierzähnen konstatiert ist, für die auf der niedrigsten Entwicklungsstufe stehende Form. Derartigem Schmelz gibt er den Namen »PlacoinSchmelz«. RÖSE (56, 57) endlich stellt den Satz auf: »Die Haifischzähne besitzen zwar ein Schmelzoberhäutchen, aber keinen Schmelz.« Die Zähne sollen sich ähnlich so verhalten wie die schmelzlosen Zähne der Edentaten; indes stellt hier, nach RÖSE, das Schmelzoberhäutchen den letzten Rest eines ehemals vorhandenen dickeren Schmelzes dar, während »das Schmelzoberhäutchen der Haifische als der erste Anfang einer Schmelzbildung überhaupt zu betrachten ist.«

Im Gegensatz zu diesen Beobachtungen nun hat O. HERTWIG in seiner meisterhaften Arbeit: »Über Bau und Entwicklung der Placoidschuppen und der Zähne der Selachier« nachgewiesen, daß sowohl in histologischer wie histogenetischer Beziehung die glänzende Außenschicht für echten Schmelz anzusehen ist. Er kam zu dem Resultat, daß der Schuppen- und Zahnschmelz von den drei Zahnschubstanzen Cement, Dentin und Schmelz zuerst entsteht, und zwar als ein Ausscheidungsprodukt von Zellen einer Schmelzmembran, die vom oberen Keimblatt abstammt. Aus der Basalmembran der Schmelzzellen wird das spätere Schmelzoberhäutchen. Später bestätigte KLAATSCH ebenfalls die Befunde HERTWIGS, daß der Schmelz am frühesten zur Bildung kommt. Er

sieht in ihm »ein Secret der basalen Epidermiszellen«. Gleichfalls weist JENTSCH (34) nach, daß der Schmelz der Selachierzähne, wie jeder andre Schmelz, einen epithelialen Ursprung hat. Bei den Zähnen von *Myliobatis aquila* hat TREUFENFELS (73) nicht minder eine Schmelzschicht festgestellt. Selbst bei den Flossenstacheln von *Acanthias* ist nach MARKERT (44) eine Schmelzlage vorhanden, die zwar keinen prismatischen Aufbau zeigt. Ebenso ist bei den Flossenstacheln von *Trygon* und *Acanthias* durch RITTER (54) konstatiert worden, daß die Oberflächenschicht des Hartsstoffgebildes als Schmelz zu bezeichnen ist; obwohl sich keine »säulenförmige Anordnung« in der Außenschicht sichtbar macht, so zieht genannter Autor auf Grund der Untersuchungen des embryonalen Stachels den Schluß, »daß eine von der Basis der Epithelzellen, die hier dem inneren Schmelzepithel der höheren Zähne entsprechen würden, fortschreitende Umwandlung der Zelleiber die Grundlage des Prozesses bildet«.

Nach diesen historischen Bemerkungen kehren wir zur Feststellung der histologischen Struktur der schmelzartigen Deckschicht zurück. Unter dem Mikroskop fällt bereits bei schwacher Vergrößerung der starke, ungefärbt bleibende, lichtbrechende Rand sogleich in die Augen und besitzt so große Ähnlichkeit mit dem Schmelz der Selachierzähne. Makroskopisch erkannten wir schon, daß der ganze Reusenzahn und der größere Abschnitt des Basalteiles von einem hyalinen harten Mantel gleichsam bedeckt wird, der der ganzen Reuse den eigentümlichen hellen Glanz verleiht. Diese schmelzartige Deckschicht besitzt eine große Härte, sie läßt sich mit der Nadel kaum einritzen. Beim Schleifen treten verschiedentlich Risse und Sprünge auf, wie auch auf der Fig. 17, Taf. XIX bei *r* angedeutet ist, die auf die Sprödigkeit der obersten Schicht hinweisen. Auf dem mit Fuchsin behandelten Schliff kann man deutlich verfolgen, daß einzelne Zahnbeinröhrchen mit ihren feinsten Endverzweigungen in den hyalinen Außenrand hineingehen; auf Fig. 17, Taf. XIX ist diese Erscheinung bei *E* zur Anschauung gebracht. Diese Tatsache beobachtet man beim Schmelz der Plagiostomen-Hartsstoffgebilde allgemein. So erklärt O. HERTWIG (24), daß das Vorkommen von Dentinröhrchen in der Rindenschicht durchaus kein Grund sei, die Schmelznatur der betreffenden Schicht in Abrede zu stellen. Fernerhin hebt KLAATSCH (35, 36) noch hervor, daß sich im Schmelz der Placoidorgane der Selachier die vorhin genannte Erscheinung sehr oft vorfindet. So führt er als Beispiel den Schmelz von *Pristis cuspidatus* an, der von zahlreichen Dentinkanälchen durchlaufen wird, die einander parallel gehen und dadurch große Ähnlichkeit mit dem Schmelz haben,

wie ihn Schliffe von fossilen Haizähnen, z. B. *Hybodus*, zeigen. Bei verschiedenen Nage- und Beuteltieren hat TOMES gleichfalls das Eindringen von Zahnröhrchen in den Schmelz beobachtet. Endlich sei noch v. EBNER (12) erwähnt, der selbst im Schmelz des menschlichen Zahnes Fortsätze von Dentinkanälchen gesehen hat. Er bemerkt, daß auf geeigneten Schliffen sich stets Stellen finden lassen, wo ohne besondere Änderung des Lumens ein Zahnbeinröhrchen ein kurzes Stück in den Schmelz eindringt und sich manchmal noch gabelig teilt. Zwar lassen sich auf unserm Schliff die Fortsätze der Kanälchen in der Rindenschicht nur vereinzelt feststellen, sie hängen aber mit den eigentlichen Dentinröhrchen ununterbrochen zusammen, wie die Fuchsininjektion auf brauchbaren Schliffpräparaten vorzüglich zur Darstellung bringt; sie sind nicht für Spalträume innerhalb der Deckschicht anzusehen. Was nun endlich den Aufbau der schmelzartigen Rindenschicht anbetrifft, ob derselbe homogen ist oder aus einzelnen Strukturelementen sich zusammensetzt, so sei bemerkt, daß eine äußerst feine und zarte Faserung und Strichelung in der hyalinen Außenschicht deutlich sichtbar ist. Ein Blick auf Fig. 17, Taf. XIX läßt bei *SD* erkennen, daß die Streifung ziemlich dicht und die Richtung derselben senkrecht zum Außenrande orientiert ist. Die oberflächlichste Begrenzung der schmelzartigen Deckschicht scheint auf Schliffen als eine dichtere Lage (Schmelzoberhäutchen?) gegeben zu sein. Der ganze helle Außenrand erscheint als eine ziemlich gleichmäßige breite Zone, die wohl ebenso groß ist, wie die direkt darunter liegende dichtere Partie der körnigen Dentinschicht. Leider konnte ich auf meinen Präparaten nicht feststellen, wie die Bedeutung der Strichelung zu erklären ist, ob dieselbe durch reine Faserung bedingt ist, oder ob aus einer Zusammensetzung einzelner Prismen die Struktur der Deckschicht resultiert. Indes bringt O. HERTWIG die Faserung im Schmelz der Elasmobranchierzähne mit den Schmelzprismen der Mammalierzähne in Zusammenhang, indem er schreibt: »Zwar können dieselben wegen ihrer großen Feinheit nicht ohne weiteres als den Schmelzprismen der Säugetiere entsprechende Strukturelemente aufgefaßt werden, dagegen erscheinen sie mit Teilen von Prismen, nämlich feinsten Fasern, gleichartig zu sein.«

Schließlich wollen wir noch das Verhalten der einzelnen Hartschichten gegen Säuren genauer betrachten. Zunächst ließ ich konzentrierte Salzsäure auf einen Schliff einwirken. Hierbei konnte man beobachten, daß die schmelzartige Deckschicht sich vollständig auflöste und verschwand, während das Dentin im allgemeinen keine Veränderungen zeigte, nur vorhandene Kalksalze wurden gelöst. So konnte

ich zeitweise ein schwaches Aufbrausen bemerken, das wohl mit der Bildung von Kohlensäure aus Kalk in Zusammenhang steht. Gleichfalls glaube ich einen schwach gezackten Rand gesehen zu haben, der die Grenze zwischen Dentin und schmelzartiger Deckschicht bilden dürfte und nur bei Auflösung der letzteren in etwas sichtbar wurde. Behandelt man anderseits die Rindenschicht mit einer durch Alkohol verdünnten Salzsäure, so löst sie sich nicht mehr auf, sondern verändert nur ihr Aussehen, und zwar insofern als sie undurchsichtig und grauweißlich erscheint; bei Zusatz von stärkerer Säure verschwindet die Trübung zunächst, und bei Konzentration tritt die Schicht wieder in Lösung über.

Über die Histogenese dieser dem Schmelz auffallend ähnlichen Deckschicht kann ich natürlich keine Angaben machen. Es ist mir nicht möglich, zu entscheiden, inwieweit eine Basalmembran und die Tätigkeit von Ameoblasten bei der Bildung hier von Bedeutung gewesen ist. Da nun gerade in diesem allgemein sehr strittigen Punkte bei der bestimmten Entscheidung über die Natur der Schicht die Genese derselben vor allem gewürdigt werden muß, so nehme ich davon Abstand, die Außenschicht der Reuse als Schmelz schlechthin zu bezeichnen. Jedoch die nahen Beziehungen und analogen Verhältnisse, die wir bei dieser Rindenschicht mit dem echten Schmelz gefunden haben, gestatten wohl die betreffende Schicht der Reuse als schmelzartige Deckschicht zu charakterisieren.

Zum Schluß dieser speziellen Betrachtung möchte ich noch auf eine neuere Arbeit von CHARLES S. TOMES (72) hinweisen, die vornehmlich die Untersuchung des Schmelzes der Elasmobranchierzähne zum Gegenstand hat. Genannter Forscher benutzte bei seinen Studien eine Sammlung von Serienschnitten, die sein Vater und er gesammelt haben; zudem bediente er sich zum Vergleich und für die feinere histologische Untersuchung zahlreichen frischen Materials. So kamen hauptsächlich die Zähne von *Lamna*, *Carcharias*, *Zygaena*, *Scymnus*, *Rhina squatina*, *Raja* u. a. bei seinen Studien in Betracht. TOMES stellt nun drei Merkmale fest, durch die sich die Rindenschicht der Selachierzähne vom echten Schmelz der Säugetierzähne unterscheidet:

1) Spuren (tracts) von Zahnbeingrundsubstanz dringen in den Schmelz ein.

2) Er zeigt eine mit der Oberfläche parallele Schichtung, so daß Querschnitte durch den Schmelz eine besondere Bandstruktur ergeben.

3) Die zwischen den einzelnen Schichten sich findenden Hohlräume anastomosieren mit den Dentinkanälchen.

Auf Grund des Vorhandenseins von Dentinkanälchen in dieser Schicht und der geringeren Härte als Schmelz sah RÖSE diese Schicht für Dentin an und bezeichnete sie als Vitrodentin.¹ TOMES weist aber an verschiedenen Objekten nach, daß die äußere Schicht in vielen Punkten von Dentin wesentlich abweicht und sehr dem echten Schmelz ähnlich ist. Seine gewonnenen Resultate gibt er etwa mit folgenden Worten wieder:

1) Die Rindenschicht ist zwar nicht so hart wie Schmelz, doch übertrifft sie bei weitem die Härte und Glätte des Dentins.

2) Sie erscheint doppelt brechend im polarisierten Licht.

3) Säuren lösen die Schicht bis auf geringen Rückstand auf, während vom Dentin eine collagene Substanz bleibt, die Bau und Struktur des Gewebes behält.

4) Das Dentin fossiler Zähne wird braun, der Schmelz bleibt weiß. Die hier in Betracht kommende Schicht bleibt ebenfalls weiß.

5) Die Salze, die der Schicht die Härte geben, sind denen des Schmelzes ähnlich.

TOMES meint, die Rindenschicht sei ein Gewebe von zwiefachem Ursprung, nämlich Odontoblasten bilden die organische Grundsubstanz, während die Aneoblasten die Haupts substanz, die anorganische, liefern. Die Deckschicht der Plagiostomenzähne ist vom Dentin vollkommen verschieden, es liegt hier eine Übergangsform des Schmelzes vor, und nicht, wie RÖSE annimmt, Dentin.

Bevor wir nun die Struktur des Reusenzahnes näher betrachten, wollen wir zunächst noch auf die histologische Untersuchung des zelligen Polsters, das sich zwischen die Wurzelteile einschiebt, genauer eingehen. Dasselbe baut sich in der Hauptsache aus Bindegewebe, welches zugleich die gemeinschaftliche Basis für die einzelnen Basalteile bildet, und aus mehrschichtigem Epithel auf. Die Epithelzellen zeigen in den unteren Lagen konische oder birnförmige Gestalt, in deren bauchigem Teile der Kern beherbergt wird. Im allgemeinen entsprechen die Kerne in der Form der der Zelle und nehmen fast die Hälfte des Zelllumens ein. Sie besitzen ein ausgeprägtes Chromatingerüst und sind verhältnismäßig groß. Die obersten Zellen sind abgeplattet, so daß hier ein typisches Plattenepithel vorliegt. Zwischen den einzelnen Zellen findet sich mitunter Pigment, das sternförmig und verästelt erscheint. Pigmentzellen dagegen, in denen ein Kern zu konstatieren wäre, habe ich nirgends beobachtet. Schließlich finden wir noch vereinzelt modifizierte

Epithelzellen vor, die nämlich auf spezielle Färbungen, wie Safranin und Pikrofuchsin, reagieren. Diese umgebildeten Elemente des Epithels sind Schleimzellen von beinahe kugelige Gestalt, die häufig in der Epidermis der Selachierhaut anzutreffen sind, deren Vorhandensein besonders aber für die Teleostierhaut charakteristisch ist. In diesen Schleimzellen liegt der Kern oft seitlich der Wandung an oder erscheint auch im Protoplasma aufgehängt, so daß letzteres zuweilen in Fäden vom Kern ausgeht, die sich zu einem Netze vereinigen. Der untere Teil des Epithels bildet zahlreiche zapfenartige Einsenkungen, die in Fig. 16, Taf. XIX zwar nur teilweise bei *EZ* zur Darstellung gebracht sind, und die sich zwischen besondere Bildungen des Bindegewebes einschieben. Letztere stellen sich als lange, fadenförmige, einfache oder verzweigte Papillen dar, siehe *Pa* in Fig. 16, Taf. XIX, die tief in die Epithelschicht eindringen und so zwischen beiden Gewebsarten eine innige Verbindung vermitteln. Diejenigen Zellschichten des Epithels nun, die den papillenartigen Erhebungen des Bindegewebes aufliegen, verlieren ihre ursprüngliche birnförmige Gestalt, als Grenzzellen sind sie cylinderförmig gebaut und bilden so in ihrer Gesamtheit ein einschichtiges Cylinderepithel, das kappenartig die Papillen umzieht. Auf Schnitten, die aus dem Endteil der Rachenschleimhaut genommen sind, macht man die Beobachtung, daß die Epithelzapfen in keine Verbindung mit dem Bindegewebe treten und gleichsam in einen Hohlraum, zwischen den bindegewebigen Papillen, frei hineinragen. Indes treten die gleichartigen Epithelbildungen auf Schnitten, die aus breiteren, dem Kiemenbogen näher liegenden Schleimhautstücken angefertigt sind, dicht und fest an die auch hier seitlich vorhandenen Papillenverzweigungen des Bindegewebes heran und bilden so eine starke Gewebsverbindung. Natürlich ist dann auch auf der den Papillen anliegenden seitlichen Epithelschicht eine einschichtige cylinderförmige Zellenlage wahrzunehmen.

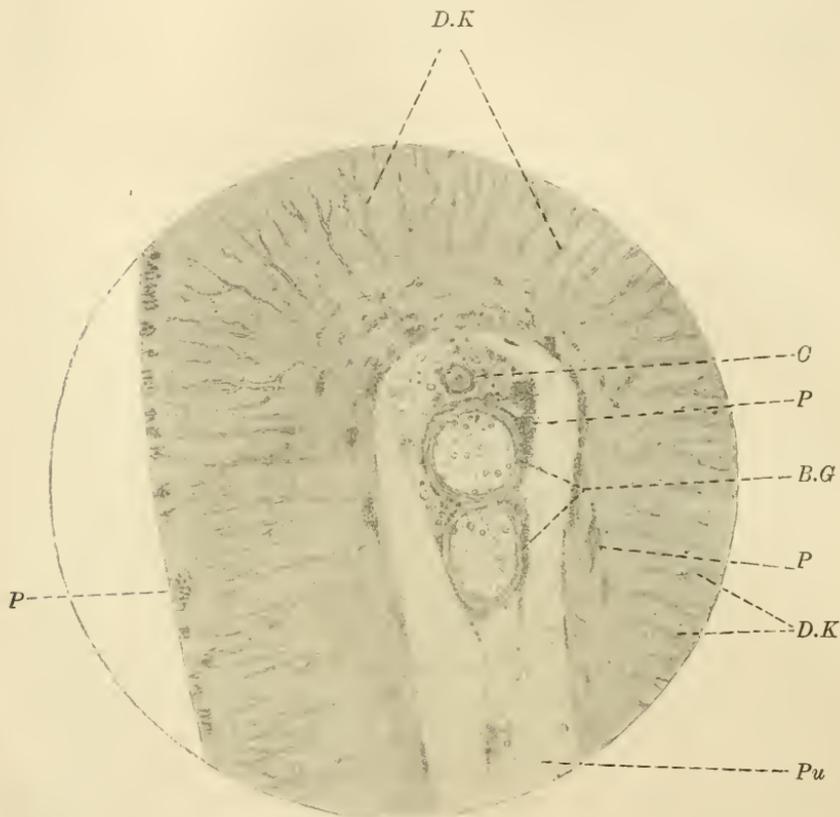
Ein vollständiges Bild von der Beziehung und Lagerung der Papillen und Epithelzapfen zu den Wurzelteilen ist in Textfig. 3, s. S. 455, wiedergegeben. Wir bemerken hier, daß das Epithel nur die obere Partie des Basalteiles umschließt, während dem unteren Abschnitt das Bindegewebe anliegt, das bei *B.Sch* angedeutet zu fadenförmigen, langen Papillen (*Pa*) auswächst und in die oberen Schichten des Epithels fingerartig fest eindringt. Auf Fig. 16, Taf. XIX erkennen wir noch, daß das kappenartig den unteren Abschnitt des Wurzelteiles eng umschließende Bindegewebe in wellenförmig sich hinziehenden Bündeln zu den benachbarten Basalteilen läuft. Ebenfalls bemerken wir in dieser

Figur bei *EZ* die Epithelzapfen und bei *Pa* die Papillen, die beide nur in ihren unteren Partien wiedergegeben sind. Die Papillen bestehen aus faserigem Bindegewebe mit zahlreichen Zellen und länglichen Kernen, die von dem oberen Teil der bindegewebigen Schleimhaut ihren Ursprung nehmen. Gleichzeitig sehen wir noch auf Fig. 16, Taf. XIX bei *Pi* ein schwärzliches feinkörniges Pigment, das von außen dem unteren Abschnitt des Wurzelteiles anliegt. Endlich enthalten die tiefer gelegenen Partien der bindegewebigen Schleimhaut noch zahlreiche elastische Fasern, die durch Färbung mit WEIGERTScher Flüssigkeit kenntlich wurden. Sie treten in verschiedener Dicke auf, zeigen zeitweise einen stark welligen Verlauf und legen sich oft zu Bündeln und netzartigen Gruppen zusammen. Auch nehmen wir auf den Schnitten noch eine große Anzahl von Muskelbündeln wahr, die, im Querschnitt getroffen, durch die Pikrofuchsinfärbung gelbliche Tinktion annehmen; zwischen letzteren beobachten wir ebenfalls viele elastische Fasern und verschiedentlich Bindegewebsbündel, so daß in diesem Abschnitt ein zugfestes starkes Gewebe vorliegt. Nirgends aber habe ich elastische Fasern an die Grundsubstanz des Wurzelteiles herantreten, noch viel weniger in diese übergehen sehen. Ferner durchziehen den bindegewebigen Anteil zahlreiche Gefäße, Arterien und Capillaren, die sowohl in Quer-, wie in Schräg- oder Längsschnitten angetroffen sind. Demnach besteht das Polster zwischen den Wurzelteilen der Reusen in der Hauptmasse aus Bindegewebe, das von einem mehrschichtigen Epithel überzogen ist. Den ersteren Anteil könnten wir seinem histologischen Aufbau nach in zwei Schichten zerfallen lassen, nämlich in das Stratum papillare, die oberflächliche papillenträgende Schicht, und in eine tiefere Schicht, das Stratum reticulare. Im letzteren Abschnitt sind die Bindegewebsbündel bedeutend lockerer gelagert als im oberen Teile. Indes findet sich keine scharfe Trennung zwischen beiden Partien, sie gehen vielmehr allmählich ineinander über.

c. Struktur des Reusenzahnes.

Für die Untersuchung des Reusenzahnes kamen nur Quer- und Längsschnitte, die aus verschiedenen Regionen desselben hergestellt wurden, in Betracht. Ein Querschnitt aus der unteren Hälfte des Reusenzahnes gibt uns nun folgendes Bild. Wir erkennen zunächst, daß derselbe in der äußeren Form eine mehr spindel- oder birnförmige Gestalt zeigt. Das eine Ende ist breiter und besitzt eine allmähliche Abflachung, während der gegenüberliegende Abschnitt spitzer erscheint und schmaler zuläuft. Fast immer beobachten wir in diesem Teile

des Reusenzahnes zwei »Zahnmarkhöhlen«, eine größere und eine kleinere, die im Centrum des betreffenden Hartsubstanzgebildes hintereinander gelegen sind. Gewöhnlich sind die beiden Dentinhohlräume durch eine breite Dentinmatrix voneinander getrennt. Der obere



Textfig. 4.

P, Pigment; *B.G.*, Blutgefäße; *C*, Capillare; *D.K.*, Dentinkanälchen; *Pu*, Pulpa.

schmälere Teil des Querschnittes enthält mitunter auch ein oder zwei bedeutend kleinere Pulpakanäle, deren Inhalt bereits in Zerfall begriffen ist, so daß aus der kombinierten Hämalaun-Pikrofuchsinfärbung eine gelbe Tinktion desselben resultiert. Der die Pulpakanäle umgebende breite Hartsubstanzmantel (siehe Textfig. 4) wird von zahlreichen Dentinröhrchen durchzogen, die auch hier radiär zum freien Außenrand hinlaufen und besonders in der Randzone eine reiche baumartige Verästelung annehmen. Zwar laufen die Dentinkanälchen in diesem Reusenabschnitt nicht so zahlreich und dicht gedrängt parallel neben-

einander, wie in der der inneren Konkavität angehörenden Partie des Wurzelteiles, doch die für die Elasmobranchierzähne charakteristische exquisite baumartige Verästelung kommt hier nicht minder deutlich zum Vorschein. Vereinzelt treten auch hier wieder die Anfangsstücke der Kanälchen als Lücken in der Hartschubstanz auf, ohne eigne, sich dunkel färbende, Wandung zu besitzen. Derartige mehr oder weniger kürzere Spalträume beginnen sich aber bald dichotomisch zu teilen, und die die Kanälchen umgebende Grundsubstanz bildet dann deutlich erkennbare sog. Scheiden, die eine Auskleidung der Dentinröhrchen darstellen. Sie sind analog den NEUMANNschen Scheiden im Dentin des menschlichen Zahnes und im Knochen, und bestehen ihrem Aufbau nach aus einer Substanz, die, wie verschiedene Forscher behaupten, dem Keratin chemisch sehr nahe steht. Die Anwesenheit der Scheiden bedingt ein ungestörtes Verlaufen der weichen protoplasmatischen Odontoblastenfortsätze und das Bestehen eines regelmäßigen gleichweiten Lumens der Zahnbeinröhrchen. Durch die Hämatoxylin-Eosinfärbung läßt sich schon, wie schon früher erwähnt, die Existenz besonderer Grenzscheiden, die blau tingiert werden, nachweisen. Die intensive blaue Imbibition gestattet sicher den Schluß, daß die Wandungen der Kanälchen Kalk enthalten, wenn auch noch nicht festgelegt ist, ob letzterer in feinen Körnchen abgelagert ist oder sich direkt mit den Grenzscheiden verbindet. Da fernerhin Querschnitte durch den Reusenzahn günstige Objekte bilden, um den Nachweis für die tatsächliche Existenz von Grenzscheiden bei den Dentinröhrchen vorliegender Reusen zu führen, so seien an dieser Stelle die Methoden angeführt, die ich bei der Herstellung isolierter Dentinkanälchenwandungen in Anwendung brachte. Im allgemeinen stellt man auf zwei Weisen die Grenzscheiden dar. Man läßt entweder den Schnitt oder Schliff plötzlich zerreißen, wodurch an der Bruchstelle die Wandung der Röhrchen zum Vorschein gebracht wird. Die andre Methode empfiehlt Auflösen der Grundsubstanz mittels Säuren und Alkalien. Zunächst fand ich auf Querschnitten, die durch das Mikrotommesser verschiedene Bruchstellen erhalten haben, zahlreiche Dentinröhrchen an solchen Rissen isoliert hervortreten. Bei der zweiten Methode verfuhr ich nach den Angaben von ZACHARIADES (13). Die betreffenden Querschnitte wurden längere Zeit in einer gesättigten wässrigen Safraninlösung gefärbt. Eine vorhergehende Behandlung mit 1%iger Osmiumsäure unterließ ich, da es mir nicht auf Fixierung des Protoplasmanetzes ankam und solche auch nicht nach andern Autoren für die Fixierung unbedingt notwendig ist. Nachdem der Farbstoff ziemlich intensiv durchgedrungen

ist, wird die überflüssige Lösung abgewaschen und der ganze Schnitt in 40%iger Kalilauge langsam und vorsichtig erwärmt, bis er sich nach eingetretener Schrumpfung wieder geglättet hat. Mit Fließpapier wird die überflüssige KOH entfernt und der Schnitt unter dem Mikroskop beobachtet. Bei gut gelungenen Objekten sieht man nun, wie die Zahnbeingrundsubstanz sich völlig aufgelöst hat und nur die rot gefärbte Wandung der Kanälehen und auch das feine Protoplasmanetz, falls Reste der Pulpa mit auf den Objektträger gekommen sind, übrig geblieben sind. Zwar konnte ich bei meinen Versuchen feststellen, daß die Farbe des Dentins immer heller wurde, und demnach eine allmähliche Auflösung der Grundsubstanz eintrat, während die Grenzscheiden von Anfang bis zum Schluß ihre intensiv rote Färbung gleichmäßig beibehielten. Leider habe ich aber keine vollständige Auflösung der Grundsubstanz erzielen können. Ohne Zweifel ist aber durch den Versuch der Beweis erbracht worden, daß die in vorliegenden Hartsubstanzgebilden auftretenden Zahnbeinröhrchen eigne Wandungen, sog. Grenzscheiden, besitzen.

Kommen wir nun zu Querschnitten, die aus dem mittleren Teile des Reusenzahnes genommen sind, so beobachten wir hier eine einfache Centralhöhle, die durch Verschmelzung der beiden in tieferen Partien sich findenden Pulpahöhlen entstanden sind. Die Bildung einer einzigen Cavität dürfte wohl damit zusammenhängen, daß die schlauchartig in den Reusenzahn aufsteigenden Zahnbeinhöhlen einen schwach geschlängelten Verlauf nehmen, so daß ihr Lumen sich immer näher kommt. Die zwischen beiden Cavitäten keilartig sich einschiebende Hartschubstanz wird immer schmaler und verschwindet schließlich gänzlich. Ferner sehen wir auf den Schnitten, daß der Reusenzahn ebenfalls zahlreiches Pigment enthält, wodurch das charakteristische braunschwarze Aussehen desselben bedingt ist. Dasselbe bemerken wir sowohl innerhalb der Pulpahöhle wie im Dentinmantel, siehe Fig. 12 und 13, Taf. XIX bei *Pi*, und Textfig. 4 (*P*). In der Hartschubstanz selbst liegt es ziemlich dicht im Randteil und bildet hier ebenfalls eine besondere Pigmentzone. Es liegt auch hier zwischen den Dentinkanälchen und verläuft senkrecht zur Richtung der letzteren. Gewöhnlich tritt es in Form feinerer oder gröberer Granula auf, die sich zu Komplexen zusammenlagern. Wir haben also gesehen, daß Pigment in allen Abschnitten der Reuse, sowohl im Wurzelteil wie im Reusenzahn, zwischen den Weichteilen der Pulpa als in der Hartschubstanz selbst, gewöhnlich als körnige Anhäufungen auftritt. TURNER (75) hat demnach durchaus unrecht, wenn er meint, daß »braune oder gelbliche

Teile in den Kanälen « nichts anderes als Stücke des zerriebenen Inhaltes seien, und das Vorhandensein wirklichen Pigments bezweifelt. Im allgemeinen dürfte zwar wohl das Vorkommen von Pigment im Dentin eine Besonderheit sein; indes ist diese Tatsache im Zahnbein der Plagiostomen-Hartsubstanzgebilde verschiedentlich beobachtet worden. O. HERTWIG (24) z. B. gibt in seiner Zeichnung der Placoidschuppe von *Scymnus lichia* die Pigmentanordnung netzförmig wieder. Ebenso kommt HILGENDORF (25) auf das Vorkommen von Pigment in den Selachierzähnen, speziell bei den Rostralzähnen von *Pristis*, zu sprechen. Er äußert sich nämlich darüber mit folgenden Worten: »Die Einstreuung eines schwarzen feinkörnigen Pigments an der dorsalen (belichteten) Seite des Zahnes ist ebenfalls für Dentin ungewöhnlich, wenn nicht überhaupt die einzige Ausnahme.« Ähnliche Befunde haben RITTER (54) und MARKERT (44) in den Flossenstacheln von *Acanthias* gemacht. MARKERT findet, »daß die Placoidschuppen von *Acanthias* in diesem Punkte sich nicht vom Flossenstachel unterscheiden; auch sie enthalten Pigment, und zwar nur an der unteren, d. h. der Haut zugekehrten Seite ihres Stachelteiles. Dasselbe ist stern- oder netzförmig angeordnet und liegt in der oberflächlichsten Dentinschicht, verhält sich also in diesen beiden Beziehungen ganz wie ein Flossenstachel.«

Was nun die Entstehung des Pigments, im allgemeinen betrachtet, anbetrifft, so stehen sich in diesem Punkte zwei Theorien gegenüber. Die Forscher, welche die eine Ansicht vertreten, behaupten, das Pigment wird auf exogenem Wege gebildet, während die andern bemerken, die Bildung des Pigments geschieht in endogener oder autochthoner Weise. Erstere Theorie bringt die Pigmentbildung in eine mehr oder weniger direkte Beziehung zum Blut. Irgendwelche Derivate des Blutfarbstoffes sollen bei der Pigmentbildung in Betracht kommen, daher auch die gleichbedeutende Bezeichnung hämatogener Ursprung des Pigments. Dagegen stützt sich die Theorie von der autochthonen oder endogenen Entwicklung des Pigments auf die sog. metabolische Tätigkeit der Kerne oder des Protoplasmas der Zellen. So ist die Ansicht ausgesprochen, daß eine Kernsubstanz, das Chromatin, oder ein diesem chemisch sehr verwandter Körper die Grundlage für die Pigmentbildung sein kann. ROSENSTADT (55), der die hämatogene Bildung des Pigments nicht annimmt, behauptet, daß die Zellen selbst fähig sind, Pigment zu bilden; er resümiert folgenden Satz: »Die Epidermiszellen ebenso wie die Bindegewebszellen vermögen selbständig Pigment zu bilden.« Auf meinen Präparaten habe ich innerhalb der Blutgefäße keine Pigmentkörnchen gefunden und auch keine Erscheinung von Degeneration

an den Blutkörperchen selbst beobachten können. Hingegen bemerkte ich nur zahlreiches Pigment innerhalb der Pulpazellen, die aus einer großen Zahl zum Teil modifizierter Bindegewebszellen hervorgegangen sind. Hier sah ich verschiedentlich mehrere in Zerfall begriffene Zellen, vor allem verschiedene Kernformen, so daß die Annahme eher berechtigt erscheint, daß das Pigment in den Reusen von *Selache maxima* aus Bindegewebszellen herrührt und nicht als ein Derivat der Blutgefäße zu betrachten ist. An einer früheren Stelle erwähnte ich schon, daß sich mitunter noch ziemlich kleine, ein oder zwei Kanäle, im schmäleren Abschnitte des Reusenquerschnittes vorfinden, die mit der eigentlichen Pulpahöhle nicht mehr verbunden sind. Sie enthalten kein Blutgefäß in ihrer Cavität, wie bei *RP* auf Fig. 15, Taf. XIX zu beobachten ist. Innerhalb dieser kleineren Kanäle bemerkt man ebenfalls fertig gebildetes Pigment und auch zahlreiche größere dunklere Punkte, die noch deutlich als degenerierte Zellkerne zu erkennen sind.

Schließlich möchte ich eine Erscheinung nicht unerwähnt lassen, die man auf verschiedenen Querschnitten durch den Reusenzahn am äußeren Rande wahrnehmen kann. Auf vorsichtig entkalkten Schnitten macht man nämlich die Beobachtung, daß der schmale äußere Rand keinen Farbstoff aufnimmt, sondern transparent und lichtbrechend erscheint, während die übrige Matrix durch spezielle Färbung imbibiert wird. Diese ungefärbte durchscheinende Zone ist nun identisch mit der schmelzartigen Deckschicht, deren Struktur wir auf Schliffen bereits kennen gelernt haben. Gleichzeitig dürfte dieses abweichende Verhalten der Schicht der Hämatoxylin-Eosinfärbung gegenüber, ein ferneres Merkmal für die verschieden chemische Zusammensetzung der beiden Substanzen sein.

Das Pulpagewebe selbst war nur auf den Querschnitten aus den mittelgroßen Reusen vollständig. Die aus den längsten und ausgewachsenen Reusen angefertigten Schnitte enthalten ein Pulpagewebe, das nur noch wenige Zellen besitzt, hingegen ein dichtes schwärzliches Pigment, wie uns ein Blick auf Textfig. 4 bestätigen wird. Im allgemeinen finden wir aber in der Pulpa ein zellen- und pigmentreiches Gewebe (siehe Fig. 12, 13, 14, Taf. XIX), das von mehreren größeren und kleineren Gefäßen durchzogen wird. Mitunter beobachtet man, daß die Oberfläche der Pulpamasse sich von dem umgebenden Dentinmantel infolge eingetretener Schrumpfung gelöst hat. Die Zellen haben in diesem Reusenabschnitt mehr runde oder durch den gegenseitigen Druck eine unregelmäßige, zum Teil polyedrische Gestalt angenommen. Sie besitzen einen verhältnismäßig großen Protoplasmaleib, der durch

die Pikrofuchsinfärbung schön gelb gefärbt ist und körnige Struktur zeigt. Den Kern beherbergt die Zelle gewöhnlich in der Mitte ihres Lumens; er hat die entsprechende Form der Zelle, meistens von runder und regelmäßiger Gestalt, nimmt er gewöhnlich ein Drittel der Zellgröße ein. Ferner besitzt er ein bis zwei Nucleolen, die sich scharf tingieren. In der Nähe der Blutgefäße treffen wir mitunter größere, länglichovale Kerne an, die ein zierliches Chromatingerüst aufweisen. Vereinzelt finden sich noch schmale und längliche typische Bindegewebszellkerne. Endlich beobachtet man zuweilen im unteren Teile der Pulpahöhle modifizierte Bindegewebszellen in der Form von Fettzellen. Größer als die eigentlichen Bindegewebszellen, lassen sie einen hellen und glänzenden Inhalt erkennen, dessen einzelne Fettgranula mitunter deutlich sichtbar waren; der Kern lag gewöhnlich seitlich der Wandung an. Nicht minder ist ferner durch die chemische Untersuchung das Vorkommen von ätherlöslichen Stoffen, Fetten usw., bewiesen worden.

Auch in vorliegenden Querschnitten durch den Reusenzahn haben wir keine besondere Lage von Odontoblasten, die dem Pulpagewebe aufliegen, wahrnehmen können. Sie liegen zerstreut und finden sich nur vereinzelt der Lage und dem Ursprung der Dentinkanälchen entsprechend. Sie zeigen keine cylindrische Form und differenzieren sich nicht in der Gestalt des Zelleibes und seiner Struktur von den übrigen Pulpazellen. Sie entsenden hingegen feine kernlose, protoplasmatische Fortsätze in die Dentinkanälchen. Auf Fig. 12, Taf. XIX ist bei *k* noch eine Stelle angegeben, wo der Kern im Anfangsteil eines Zahnbeinröhrchens liegt, während das Protoplasma bereits resorbiert ist. Die größeren Gefäße, die gewöhnlich in der Zweizahl in der Reusencavität sich vorfinden, liegen immer in der Mitte des Gewebes hintereinander (siehe Textfig. 4). Sie sind von einer verhältnismäßig starken Wandung umschlossen, die aus drei Lagen besteht. Nach innen liegt das Endothel, dessen Kerne länglich und plattgedrückt sind, dann folgt die elastische Haut und schließlich die Tunica muscularis, die Muskelschicht, die besonders breit ist, und deren längliche Kerne, circular gelagert, auf Längsschnitten durch die Reusen, speziell durch die Gefäße, deutlich zu erkennen sind. Diese Arterien, für welche wir die beschriebenen Gefäße ansehen müssen, sind mit zahlreichen kernhaltigen Blutzellen dicht gefüllt. Sie sind im allgemeinen von großer runder Gestalt; nur zuweilen durch den gegenseitigen Druck ein wenig abgeplattet, zeigen sie dann scharf begrenzte Form. In ihrem rundlichen Kern wird ebenfalls ein zierliches Chromatingerüst sichtbar. Neben diesen größeren lagern noch im Pulpengewebe bedeutend kleinere

Gefäße, wie bei *C* auf Textfig. 4 und Fig. 12, Taf. XIX wiedergegeben ist. Es sind Capillaren, die nur wenige Blutkörperchen enthalten; ihre Gefäßwand ist bedeutend vereinfacht; so kann die Ringmuskelschicht vollkommen verschwinden. Schließlich beobachten wir noch zeitweise im Pulpagewebe Venen, die gewöhnlich im Querschnitt als klaffende Räume in der »Zahnmark«höhle erscheinen. Die muskulösen Elemente sind bei ihnen nur sehr gering ausgebildet. Elastische Fasern sind im Pulpagewebe des Reusenzahnes nicht vorhanden.

Ganz besonderes Interesse erregen noch Strukturelemente, die unterhalb der Arterien innerhalb des Pulpagewebes auf Schnitten sich vorfinden, wie auf Fig. 12, Taf. XIX zu sehen ist. Sie nehmen nämlich Anteil an einem sekundären Aufbau des Hartsubstanzgebildes, welche Erscheinung besonders bei den Elasmobranchiern auftritt. Zugleich läßt sich dieser bisher kaum näher beschriebene Vorgang an dem vorliegenden Material deutlich verfolgen, und dürfte damit ein Beitrag geliefert werden zur näheren Kenntnis der Dentinbildung in den Hartsubstanzgebilden der Selachier im allgemeinen.

Was die Zahnbeinbildung im allgemeinen anbetrifft, so gipfelt dieselbe nach v. EBNER (12) in zwei Theorien, nämlich einerseits in dem Secretionsprozeß, d. h. das Dentin entsteht durch Ausscheidung der Odontoblasten (KÖLLIKER, HERTZ, KOLLMANN u. a.) und andererseits in dem Umwandlungsprozeß, d. h. Odontoblasten bilden sich direkt in Grundsubstanz um (WALDEYER, BENDA, CH. TOMES u. a.). Nach v. EBNER findet die Zahnbeinentwicklung in folgender Weise statt: »Die äußeren protoplasmatischen Enden der Odontoblasten wandeln sich zunächst in eine fast homogen aussehende Masse um, welche mit der von den Nachbarzellen gelieferten zu einer gemeinsam membranartigen Schicht zusammenfließt (Membrana praeformativa). So entsteht eine oberflächlich homogene unverkalkte Zahnbeinanlage. Hierauf geht die Umwandlung des Protoplasmas der Odontoblasten so vor sich, daß nunmehr die peripheren Teile des Protoplasmas zu einer gleichmäßigen Grundsubstanz zusammenfließen, während die centralen Teile als Zahnfasern, bzw. Odontoblastenfortsätze, erhalten bleiben. In der zusammengeflossenen Masse (Grundsubstanz) treten dann erst noch weitere Differenzierungen auf, und zwar zunächst leimgebende Fibrillen, wie daraus geschlossen werden kann, daß das unverkalkte Zahnbein sofort doppelbrechend ist, während dies an der Membrana praeformativa noch nicht der Fall ist. — Dann folgt die Verkalkung.« — Demgegenüber kommt nun v. KORFF (37, 38) in seinen neuesten Untersuchungen zu dem Resultat, daß der WALDEYERsche Odontoblast nicht

allein Bedeutung bei der Dentinbildung hat, sondern daß gerade auch in den Zähnen der höheren Vertebraten die Bildung der Zahnbein-Grundsubstanz nicht von den Elfenbeinzellen, sondern von den Fibrillen der Zahnpulpa ausgeht. Die Odontoblasten liefern nur das System der Dentinröhrchen mittels der Zahnbeinfaser, während die leimgebenden Fibrillen der Zahnpulpa die fibrilläre Grundsubstanz des Dentins geben.

Die Dentinbildung in den Hautzähnen der Selachier hat nun zuerst LEYDIG (42) S. 82 genauer untersucht. Er fand an der Oberfläche einer Pulpa, die er aus dem Stachel einer *Raja clavata* herausgenommen hatte, kugelige Kalkkörper, die vereinzelt oder zu mehreren zusammenliegen konnten. Die zwischen den Kalkkörpern bestehenden Lücken treten mit den bereits vorhandenen verästelten Hohlräumen in Kommunikation und bringen so das Kanälchennetz zustande. HERTWIG (24) hat die Dentinbildung in den Plagiostomenhautzähnen in seiner Arbeit nicht näher berührt und kommt auch nicht auf die von LEYDIG gemachte Beobachtung zu sprechen. Er erwähnt nur, daß von ihm keine »gegen die Ausscheidungstheorie sprechenden Beobachtungen gemacht wurden, wohl aber solche, welche wie die Schichtungsstreifen im Dentin sich mit der Umwandlungstheorie schwer vereinbaren lassen«. Erst BENDA (2) nimmt diesen Punkt wieder auf in seiner Arbeit, »Die Dentinbildung in den Hautzähnen der Selachier«. Als Untersuchungsobjekt diente ihm der Schwanzstachel von *Trygon* und der Flossenstachel von *Spinax acanthias*. Das Resultat seiner Forschungen faßt er kurz mit folgenden Worten zusammen: »Die Grundlage der Dentinbildung liegt in der Metamorphose der Odontoblastenkerne. Das gleichzeitige Verhalten des Odontoblastenprotoplasma und die vorbereitenden Vorgänge in der Matrix bedingen Differenzierungen in der Dentinform und dem Bau des Organs.« Hingegen hat JENTSCH (34) in seinen Untersuchungen über Selachierzähne keine Anhaltspunkte gefunden, die für eine Auffassung im Sinne BENDAS sprächen. Ebenfalls weist RITTER (54), der die Angaben BENDAS nachzuprüfen hatte und zu diesem Zweck von dem betreffenden Forscher geeignete Präparate erhielt, darauf hin, daß BENDA »in seinen Schlüssen überhaupt weiter gegangen war als andre, auch fernerhin sich überzeugt hatte, daß seine Angaben für die höheren Wirbeltierzähne nicht haltbar sind«.

Kommen wir nun nach diesen historischen Vorbemerkungen auf unser Querschnittsbild, speziell auf den Vorgang der sekundären Bildung der Hartschicht bei vorliegenden Reusen zurück. An der Hand der Figur wollen wir die Erscheinung zu erläutern suchen. Auf Fig. 12, Taf. XIX bemerken wir unmittelbar unter der Arterie im seitlichen

bauchigen Teile der Pulpa, mitten im Gewebe, zahlreiche homogene Körper, die durch die kombinierte Hämalaun-Eosinfärbung hellrot tingiert sind. In Gestalt und Größe differieren diese Bildungen sehr; so sehen wir, daß dieselben bald in runder, länglicher und eckiger Form erscheinen und von kleineren Kreisen bis zu großen Kugeln die verschiedensten Variationen zeigen. Die einzelnen Körper stoßen nicht aneinander, sondern zwischen ihnen ist ein feinkörniges Pigment abgelagert, das in der Figur auch zum Ausdruck kommt. Endlich erkennen wir noch ein feinfaseriges Stroma, das, zwar nur bei stärkster homogener Immersion sichtbar, die Basis für die gesamte Bildung gibt. Genannte Bildungen, die sich durch die Cavität des Reusenzahnes hinziehen, sind als Bindegewebsbündel zu deuten, die aus Fibrillen sich aufgebaut haben.

Führen wir nun Schnitte durch bereits weiter entwickelte Reusen, so beobachten wir ein Bild, das in Fig. 13, Taf. XIX wiedergegeben ist. Hier finden wir die Bündel schon zu einem kompakten Ganzen zusammengelagert und auf Querschnitten sog. »Platten« darstellend. Oft besitzen letztere dieselbe Größe wie die benachbarten Arterien. Das Pigment, welches zwischen den einzelnen Bündeln lag, wird zuweilen mit in die Platte eingeschlossen. Gleichzeitig sind auf der Platte (siehe *B.P* in Fig. 13, Taf. XIX) noch sehr zarte und schwache Linien sichtbar, die die Konturen der einzelnen Bündel andeuten. Das ganze Gebilde hat bereits an der starken Verkalkung der Reuse teilgenommen und zeigt nämlich beinahe denselben Farbenton wie die Hartschubstanz der Reuse selbst. Auch enthält derselbe Schnitt, wie die Figur bei *Bi.B* andeutet, noch Bindegewebsbündel zwischen Arterie und Platte (*B.P*), die noch nicht zu kompakten Körpern vereinigt sind. Diese Bindegewebsplatten liegen nun niemals an der Wandung der Arterien oder stehen sonstwie mit den Blutgefäßen in Kommunikation. Sie sind fast immer in der Mitte des betreffenden Pulpagewebes gelagert und werden vollständig von Pigment und Zellen umschlossen. Die anliegenden Zellen modifizieren sich dann zu Odontoblasten, indem sie zarte protoplasmatische Fortsätze in die Platten hineinsenden. Letztere werden vermutlich in die Reste des feinfaserigen Stromas, das auf den Platten noch durch schwache Umgrenzung angedeutet ist, wohl zuerst hineingeschickt. Jedenfalls dürfte betreffendes Gewebe eine günstige Basis für die Bildung der Dentinkanälchen sein. In der Tat kann man auf einzelnen Platten eine schwache Andeutung von Dentinkanälchen sehen, so beobachtet man selbst nach kurzer Strecke eine Teilung derselben, jedoch heben sie sich noch nicht von der übrigen neugebildeten

Hartschubstanz durch eine dunkel gefärbte Wandung ab. Auf weiteren Stadien sieht man; wie die »Platte« sich innig an die Hartschubstanz des Reusenzahnes anlegt und an der Berührungsstelle schließlich vollständig in den Dentinmantel übergeht. Die Vereinigungsstelle ist zwar an derartigen Stellen schmal, während der übrige Teil der Bindegewebsplatte, die nun Dentin vorstellt, in stärkerer Breite halbinselartig hervorragt, wie Fig. 14, Taf. XIX veranschaulicht. Das Pigment ist gleichsam von der Platte vorgeschoben und eingeschlossen, so daß es sich jetzt mitten in der Matrix der Verbindungsbrücke vorfindet, während die Zellen, die die Platte innerhalb des Pulpagewebes umgeben haben, beiseite gedrängt sind, nirgends habe ich wenigstens die Beobachtung gemacht, daß Pulpazellen mit in die Grundsubstanz eingeschlossen worden sind.

In Fig. 15, Taf. XIX wird nun endlich ein Schnitt dargestellt, auf dem die Platte vollständig in dem primären Dentinmantel liegt, so daß kaum eine Differenzierung gegen letzteren vorhanden ist. Der Vorgang ist nämlich in der Weise, daß die Platte sich vollständig in den schmäleren Teil der Pulpahöhle eingeschoben hat und in gleicher Höhe mit dem inneren Rande der Pulpa orientiert ist, ohne halbinselartig hervorzuragen. Diese sekundären Hartschubstanzbildungen, für welche wir die Platten ansehen müssen, sind gewöhnlich durch hellere Färbung gegenüber dem primären Dentin und durch ihr homogenes Aussehen leicht kenntlich, wie in den verschiedenen Fig. 13, 14, 15, Taf. XIX auch deutlich zum Ausdruck gekommen ist. Gleichzeitig erkennen wir wieder auf dem letzten Stadium, daß ein Teil des Pigments der Pulpahöhle von der Platte vorgeschoben und schließlich in die eigentliche Grundsubstanz übergegangen ist, wie besonders scharf am Rande der betreffenden Platte auf Fig. 15, Taf. XIX kenntlich ist. Diese Tatsache dürfte zum Teil eine Erklärung in sich enthalten, auf welche Weise das Pigment eigentlich in die Grundsubstanz hineinkommt. Ferner ist bei *RP* in Fig. 15, Taf. XIX noch eine kleinere Cavität mit einigen Zellen und zahlreichem Pigment zu beobachten, die den äußersten spitzeren Abschnitt der Pulpahöhle als Restpulpa darstellt und von der runden Platte nicht vollständig ausgefüllt werden konnte. Sollte der Inhalt der betreffenden Stelle sich schließlich degenerieren und die Zellen eine Pigmentbildung beginnen, so dürfte durch letztere im allgemeinen seltener Erscheinung des Lostrennens von Pulpateilen vielleicht ebenfalls eine Erklärung für die Bildung von Pigment innerhalb der Hartschubstanz gegeben sein. Endlich bemerken wir in diesem Stadium auf der Platte schon recht scharf die erste Anlage von Dentin-

kanälchen. Innerhalb der bedeutend helleren Hartschubstanz lassen sich bereits Verzweigungen der Röhren, wie uns ein Blick auf Fig. 15, Taf. XIX bestätigt, etwas verfolgen. Eine eigne Wandung läßt sich zwar noch nicht bei ihnen feststellen. Gleichzeitig sehen wir dem oberen Teile der Platte mehrere Zellen anliegen, die ihre Tätigkeit als Odontoblasten beginnen, d. h. sie schicken weiche, kernlose protoplasmatische Fortsätze in die zur Hartschubstanz umgebildete Bindegewebsplatte hinein. Die Bedeutung der Anlagerung dieser sekundären Bildungen an das primäre Dentin liegt nun darin, daß die in verschiedenen Partien der Reuse sehr unregelmäßig gestaltete Pulpa eine regelmäßige Form annimmt. Die Pulpaöhle, selbst besonders die des Reusenzahnes, wird durch vorliegende Erscheinung bis auf ein bestimmtes Lumen reduziert (siehe Fig. 15, Taf. XIX). Die primäre Hartschubstanz wird durch den sekundären Zuwachs bedeutend mächtiger und breiter.

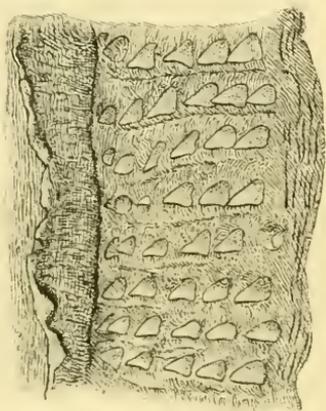
Führen wir nun Tangentialschnitte durch den Reusenzahn, so tritt uns das in Fig. 11, Taf. XVIII wiedergegebene Bild entgegen. Wir erkennen zunächst die Dentinkanälchen im Querschnitt bei *DK* als kleine Kreise, während die Nebenanälchen, gewöhnlich schräg angeschnitten, sich bei *DK*₁ als länglichovale Räume darstellen. Ferner beobachten wir bei sämtlichen Zahnbeinröhren auch in ihren Querschnitten die eigne Wandung (*W* in der Figur), die sich auf den vorliegenden Schnitten als tiefblaue Linien von dem hellroten Dentin abheben. Auf Tangentialschnitten durch die obersten Schichten des Reusenzahnes tritt das Pigment in feinkörnigen netzförmigen Komplexen entgegen. Besonders sind die auf diesen Schnitten ringförmig erscheinenden Dentinkanälchen dicht von Pigment umlagert, wie uns ein Blick auf Fig. 11, Taf. XVIII bestätigt. Indes findet man nirgends eine Andeutung, die dasselbe innerhalb der Cavität der Dentinröhren vermuten läßt. Auf Längsschnitten durch das Pulpagewebe konnte man besonders deutlich die breite Ringmuskelschicht der Arterien, ihre Fasern und Kerne erkennen.

Aus der äußersten weißlichen Spitze des Reusenzahnes wurden natürlich der geringen Größe wegen keine Schnitte angefertigt, sondern dieselbe in toto untersucht. Die Kanälchen dieser Partie wurden dadurch sichtbar, daß die in ihnen enthaltene Luft mit dem ganzen Präparat in Kanadabalsam eingeschlossen wurde. Bereits bei schwacher Vergrößerung beobachten wir nun, daß die helle durchscheinende Reusenspitze durch das Fehlen des Pigments bedingt ist. Die Pulpaöhle selbst endigt unterhalb dieser weißlichen Partie in einer schwachen Rundung, von der zahlreiche Kanälchen in die Hartschubstanz ausgehen.

Sie stehen dicht nebeneinander in verhältnismäßig großer Anzahl und dringen so in die äußere Spitze des Reusenzahnes ein. Für letzteren Abschnitt dürfte neben dem Fehlen des Pigments gerade die ausgesprochene büschelartige Gruppierung der Dentinröhrchen charakteristisch sein, während seitlich von der Pulpahöhle nur wenige Zahnbeinkanälchen mit ihren Verzweigungen ihren Ausgang nehmen.

d. Struktur der Kieferzähne.

Zum Vergleich der in vorstehenden Kapiteln gewonnenen Befunde über den histologischen Aufbau der Reuse wurden noch verschiedene Schnitte durch Zähne von *Selache maxima* angefertigt. Letztere stammten aus dem Unterkiefer des Riesenhai, wo sie die für Selachierzähne typische Anordnung in Reihen zeigen. Aus Textfig. 5 ersehen wir, daß dieselben gewöhnlich in sechs bis sieben Reihen gestellt sind. Der untere Teil des Zahnes steckt im Integument des Kiefers, während der helle obere Abschnitt frei herausragt. Letztere Partie ist in ein und dieselbe Richtung orientiert und etwas gebogen. In der äußeren Form können die Plagiostomenzähne die größte Formenfülle annehmen; es finden sich bald pflasterartige und kleine, oder zugespitzte und kegelförmige,



Textfig. 5.

mige, dreieckige mit gezähnten Seitenrändern und andre mehr. Die Odontographien von OWEN (48) und GIEBEL (19) enthalten eine treffliche Zusammenstellung über die in so variierender Gestalt auftretenden Zähne der Elasmobranchier, und möchte ich auf die sich dort findenden Kapitel hinweisen.

Der äußeren Form nach zerfällt jeder Zahn in einen basalen Abschnitt und einen Spitzenteil. Ersterer ist sockelartig verbreitert und von schmutzig grauer Farbe; er ruht in der bindegewebigen Schleimhaut des Kiefers und besitzt zahlreiche Perforationen, die, bereits bei schwacher Lupenvergrößerung sichtbar, den sockelartigen Abschnitt in ganzer Ausdehnung ausfüllen, wie in Fig. 8, Taf. XVIII bei *B.S* zu erkennen ist. Diese Öffnungen dienen zum Durchtritt bindegewebiger Elemente und Blutgefäße in den Zahn und bedingen so gleichzeitig eine feste Verbindung zwischen Zahn und Integument. Im allgemeinen zeigt der

Basalsockel eine runde Begrenzung; aus seiner Mitte erhebt sich der Spitzenteil und gibt so eine scharfe Abgrenzung von dem unteren Abschnitt. Der obere Teil des Zahnes läuft konisch zu und endigt in einer scharfen Spitze, etwas an der oberen und unteren Fläche abgeplattet, wie aus der in vierfacher Vergrößerung und seitlicher Ansicht dargestellten Fig. 8, Taf. XVIII sichtbar wird. Auszackungen oder gesägte Seitenränder sind nicht vorhanden, die Oberfläche des Spitzenteiles ist vollkommen glatt. Er ist von einer weißen, hellglänzenden Farbe, die vor allem in dem äußersten Ende an Intensität zunimmt. Die Größenverhältnisse des Zahnes finden in folgenden Zahlen ihren Ausdruck. Die Breite des Basalsockels beträgt 5 mm, die Höhe desselben 2,5 mm und seine Dicke 3,5 mm. Die Länge des Spitzenteiles ist 4,5 mm, die Breite an seinem basalen Ende 4 mm und an der äußersten Spitze 2 mm; die Dicke, für dieselben Stellen gemessen, geht von 3 mm auf 1 mm an der Spitze zurück.

Zur Erkennung der Strukturverhältnisse wurden zunächst Schriffe durch den Zahn angefertigt, der durch Kochen in 15%iger Kalilauge oder durch Maceration von den Weichteilen befreit war. Bei diesem Vorgang zerfiel der Basalsockel infolge seines lockeren Aufbaues vollständig, während sich durch den oberen härteren Abschnitt des Spitzenteiles brauchbare Schriffe herstellen ließen. Behufs Anfertigung von Serienschritten wurden die Zähne zuerst in schwefliger Säure und EBNERScher Entkalkungsflüssigkeit entkalkt. Ihr Kalkreichtum war sehr groß, so daß die Entkalkung, besonders in der EBNERSchen Flüssigkeit, sehr viel Zeit erforderte.

Die bei schwacher Vergrößerung untersuchten Quer- und Längsschnitte lassen keine Centralpulpa erkennen. Basalsockel wie Spitzenteil werden von einem reich verästelten Pulpasystem durchzogen. HERTWIG macht bereits darauf aufmerksam, daß nur eine geringe Anzahl von Haifischspecies im Innern der Zähne eine centrale Pulpa besitzen. Im Basalsockel vor allem sind die einzelnen Kanäle weit und unregelmäßig gestaltet, die Hartsubstanzmatrix liegt nur in schmalen Streifen zwischen ihnen. Sie bilden in ihrer Gesamtheit gleichsam ein »Lager für bindegewebige Elemente und Blutgefäße«, die von der Schleimhaut aus in die Hohlräume eindringen. Wie auf Schnitten zu beobachten ist, geht diese untere Partie des Zahnes, die HERTWIG als Cement bei den Plagiostomenzähnen bezeichnet, ohne besondere Grenze in den Spitzenteil des Zahnes über; sie besitzt aber keine Knochenkörperchen und besteht also nicht aus Knochen, wie die Bezeichnung leicht zu der fälschlichen Annahme führen könnte. Der Spitzenteil selbst wird von

der Basis bis zum Ende von großen Kanälen unregelmäßig durchzogen, die in dieser Richtung im Lumen abnehmen. Sie stellen so gleichfalls ein reich verästeltes Pulpagewebe dar, deren größere und kleinere Kanäle miteinander kommunizieren. Jedoch bildet hier die Grundsubstanz breitere Matrixringe zwischen den geschlängelt verlaufenden Zahnmarkkanälen als im Basalsockel. Ebenfalls sind in diesem Zahnabschnitt die Hartsubstantringe breiter als in der im allgemeinen gleichzeitig gebauten Partie des Wurzelteiles der Reuse. Das Kanalsystem des Spitzenteiles führt ein dichtes Bindegewebe, Blutgefäße und Odontoblasten. Letztere senden ihre protoplasmatischen Fortsätze in zahlreiche Röhren der Hartsubstantringe hinein und charakterisieren so die Grundsubstanz des Zahnes als Dentin. Die Zahnbeinkanälchen sind in diesem Teil des Zahnes bedeutend breiter und stärker als in der Reuse, sie besitzen einen stärkeren welligen Verlauf, indes kommt hier die dendritische Anordnung nicht so schön zum Vorschein wie in der Reuse. Die die Cavität der Dentinröhren ausfüllenden zarten Odontoblastenfortsätze nehmen durch die Hämalaun-Eosinkombination eine hellrote Färbung an, während die zwischen den einzelnen Kanälchen liegende Hartschubstanz tiefblau tingiert ist. Gleichzeitig tritt durch die Färbung der bindegewebige Charakter der Matrix scharf hervor, indem dieselbe ihre Struktur aus einzelnen Bindegewebsfibrillen erkennen läßt, deren blaue Imbibition wahrscheinlich aus einer starken Verkalkung resultiert.

Führen wir Querschnitte durch das oberste Ende des Spitzenteiles, so beobachten wir noch ein Strukturelement, das die zierlich verzweigte Pulpa mit ihren Dentinringen vollständig umschließt. Dasselbe behält im allgemeinen gleiche Breite und ist durch den gänzlichen Mangel an Gefäßkanälen und Pulparäumen überhaupt charakterisiert. Diese Schicht stellt eine Modifikation des Zahnbeins auf unsern Schnitten dar, nämlich das einfache Dentin oder nach RÖSE (56, 57) »Röhrenzahnbein« oder normales Dentin. Sie enthält nur Zahnbeinröhren (tubes calcigères, OWEN), die senkrecht zum äußeren Rand gehen. Letztere durchziehen auffallenderweise in starker Anzahl vorliegenden Hartschubstanzring und unterscheiden sich von den übrigen homologen Elementen des Zahnes noch darin, daß sie nur einen schwach welligen Verlauf nehmen, keine Krümmung und Biegung und nur spärliche Verästelung zeigen. Vorliegende Matrix stellt so eine gleichmäßig gebaute Schicht dar, deren Kanälchen dicht gedrängt fast parallel zur Peripherie hinlaufen. Fernerhin besitzen die Kanälchen dieser Partie eine resistente Wandung, die durch Hämalaun schwachblau tingiert wird,

ihr Lumen ist indes sehr gering, zu äußerst kaum noch sichtbar; zuweilen bemerkt man eine spärliche Verzweigung, deren Äste so zart sind, daß der dichotomische Charakter der Zahnbeinröhrchen in vorliegender Dentinmodifikation kaum zu konstatieren ist. Der so gleichartig strukturierte Matrixring zeigt sowohl zur inneren Partie des Zahnes gegen das verästelte Dentin hin als auch nach außen gegen eine nur auf Schlifflinien sichtbare helle Rindenschicht hin eine scharfe Abgrenzung. Letztere besteht nun vor allem in der starken Transparenz des betreffenden Dentinmantels; die Schicht bleibt hell wie Schmelz und nimmt kaum eine Färbung an, ferner ist sie durch ein gewisses Lichtbrechungsvermögen und große Härte ausgezeichnet. Charakteristisch für die Dentinnatur vorliegender Zone ist das Auftreten zahlreicher Kanälchen mit sichtbarer Wandung, so daß die betreffende Schicht nicht als Schmelz, sondern als eine Dentinmodifikation, als Vitrodentin angesehen werden muß, wie verschiedene Forscher analoge Abschnitte des Haifischzahnes bezeichnet haben. In histogenetischer Beziehung sei noch angeführt, daß derartig modifiziertes Dentin in derselben Weise in den Plagiostomenzähnen angelegt wird wie das übrige Zahnbein. Vor allem differieren die Kieferzähne von den Reusen durch den gänzlichen Mangel an Pigment. In keinem Teil des Zahnes, auch nicht in den Endabschnitten der Dentinkanälchen, ist irgendwelche Spur von netzartigen Pigmentanhäufungen zu sehen, wie sie HERTWIG in den Zähnen bzw. Placoidschuppen einiger Selachier beobachtet hat.

Außerhalb der Vitrodentinschicht wird noch bei scharfer homogener Immersion auf Schlifflinien eine dünne Lage sichtbar, die in histologischer und physikalischer Beziehung vollständig mit dem echten Schmelz übereinstimmt. Histogenetische Argumente können hier für die Natur der betreffenden Schicht nicht angeführt werden. Letztere ist hingegen auf Schnitten nicht mehr zu erkennen, da aus der starken Säureeinwirkung eine vollständige Resorption des betreffenden Zahnabschnittes resultiert. Diese Schmelzzone besitzt eine große Transparenz und starkes Lichtbrechungsvermögen; sie behält in jeder Hinsicht ihr rein weißes Aussehen bei, nicht die geringsten Tinktionsspuren sind zu konstatieren. Ebenfalls besitzt vorliegender Schmelz die im allgemeinen charakteristische außergewöhnliche Härte, irgendwelche Kanälchen sind in ihm nicht wahrzunehmen. Fernerhin bedeckt der Schmelz nur die obere Partie des Spitzenteiles und ist so vornehmlich die Ursache des hellglänzenden Aussehens dieses Zahnabschnittes. Hervorheben möchte ich noch, daß also auch die Zähne von *Selache maxima*, die ein verästeltes Pulpasystem enthalten, zwei mehr oder

minder abgegrenzte Dentinschichten besitzen, die ebenfalls bei den übrigen Plagiostomenzähnen mit verästeltem »Zahnmark« festgestellt worden sind.

Schlußbetrachtungen.

In diesem Abschnitt will ich die im vorstehenden dargelegten Befunde kurz zusammenfassen und gleichzeitig das gesamte Material nach Gesichtspunkten prüfen, die sich aus der einschlägigen Literatur ergeben.

Die Reusen auf den Kiemenbögen von *Selache maxima* sind lange, schmale Bildungen, die, lateral abgeplattet, gewöhnlich in zwei Reihen stehen, mit Ausnahme des Os hyoideum und der Ossa pharyngea, wo sie in »einzeiliger« Gruppierung sich finden. Die Anordnung ist nun derart, daß an den beiden Enden des Kiemenbogens, dem dorsalen und ventralen, die kürzeren Reusen (18 mm lange) sitzen, während letztere zur Mitte des Bogens hin immer länger und stärker werden, und sich somit hier die längsten und ausgewachsenen Filterelemente (125 mm lang) befinden. Diese unterscheiden sich äußerlich noch wesentlich in ihrer dunkelbraunen Farbe von den endständigen kleinsten Strahlen, die vollständig weiß und farblos sind, so daß eine auffallende Analogie mit verlängerten Zähnen von Placoidschuppen zu erkennen ist (vgl. Taf. XVIII, Fig. 2 u. 7). Fransenartig den Kiemenbögen aufsitzend, richten sie ihre Kanten nach vorn und hinten und verzüngen sich distalwärts. Die untere Partie der Reuse, die ich Wurzelteil nannte, steckt in der bindegewebigen Schleimhaut, während der Spitzenteil oder Reusenzahn frei herausragt. Ersterer ist von u- oder halbmondförmiger Gestalt, mit Ausnahme der farblosen Reusen, wo diese reguläre Form sehr variiert, und besitzt in seinem der äußeren Konvexität angrenzenden Abschnitt zahlreiche Perforationen zum Durchtritt bindegewebiger Elemente und Blutgefäße. Jeder Wurzelteil sitzt isoliert in der bindegewebigen Schleimhaut, die, von einem mehrschichtigen Epithel bedeckt, ein vorzügliches Polster zwischen den einzelnen Basalteilen bildet, aus dem so eine freie Bewegung resultiert. Der Reusenzahn hat eine glatte Oberfläche und zeigt einen hellglänzenden Überzug, der sich auch auf den größten Abschnitt des Wurzelteiles erstreckt. Trotz der harten Beschaffenheit besitzen sämtliche Filterelemente eine große Elastizität, die vornehmlich bei den längsten Reusen so weit gehen kann, daß sich ihre Spitzenteile zu einer Spiralfeder aufrollen lassen.

Die chemische Analyse betraf sowohl die Feststellung der anorganischen Bestandteile (Wasser, Asche) wie der organischen Zusammen-

setzung (Protein, ätherlösliche Stoffe, Fette u. a.) der Substanz. Aus der qualitativen Untersuchung folgt, daß neben größeren Mengen von Kalk und Phosphorsäure nur Spuren von Eisen und Kohlensäure vorhanden sind; Kieselsäure wurde nicht festgestellt. Erwähnt sei noch, daß der Wurzelteil etwa dreimal so viel ätherlösliche Stoffe (4,69%) enthält als der Reusenzahn (1,63%) (siehe Tab. I). Aus den übrigen Tabellen geht noch hervor, daß die mineralischen Bestandteile der Substanz vor allem aus phosphorsaurem Kalk bestehen; zwar könnte die P_2O_5 auch noch an die geringen Spuren von Magnesia (MgO) gebunden sein; ferner die Kohlensäure (CO_2) an Kalk.

Quer- und Längsschnitte durch den Wurzelteil ergaben, daß derselbe aus einem Gerüstwerk von Hartschubstanz aufgebaut ist. Der Basalteil wird von einer Anzahl Kanälen durchzogen, die in ihrem Lumen sehr variieren können; ihr Inhalt besteht aus einem feinfaserigen Bindegewebe, das spindelförmige und rundliche Zellen, Blutgefäße und reichlich Pigment enthält. Letzteres ist besonders dicht um die Gefäße abgelagert, es findet sich aber auch in der Hartschubstanz selbst in granulärer Form, die zu Komplexen sich anhäuft. Die einzelnen Kanäle in mehr oder weniger breiten Ringen umziehende Hartschubstanz tingiert sich in zwifacher Weise. Diejenige Partie nämlich, die den Pulpa-kanälen direkt anliegt, wird dunkelblau imbibiert, während die dazwischen liegende Zone bedeutend heller erscheint. Letztere beherbergt ein feines Fasernetz dunkelblauer Linien, die als verkalkte Bindegewebsfasern anzusehen sind. Ähnliche Bildungen sind auch von MARKERT, STUDNÍČKA in den Basalplatten anderer Placoidorgane konstatiert und als Analogon der SHARPEYSchen Fasern betrachtet worden. Gleichzeitig beobachten wir in der Grundsubstanz noch feinere Röhrenchen, die von dem verzweigten Pulpasystem als Spalträume ihren Ausgang nehmen. Sie sind als Dentinkanälchen zu deuten, in die von bestimmten Zellen aus feine protoplasmatische Fortsätze eindringen. Diese modifizierten Bindegewebszellen, Odontoblasten, nehmen in den Pulparäumen vorliegender Hartschubstanz keine bestimmte Lagerung ein, wie bereits in dem betreffenden Abschnitt erläutert ist. Die Kanälchen besitzen eine eigne Wandung; sie laufen in besonders großer Anzahl auf den Rand der inneren Konkavität zu. In dieser Partie ließ sich noch vorzüglich die für Elasmobranchier-Hartschubstanzen charakteristische baumartige Verästelung verfolgen. Endlich ergab die feinere Untersuchung der Schliffpräparate noch Aufklärung über den Grund der hellglänzenden Außenschicht der einzelnen Reusen. Letztere ist durch das Vorhandensein einer besonderen Substanz bedingt, die sehr große

Ähnlichkeit mit dem echten Schmelz der Amnioten zeigt. Vorliegende Schicht ist von hoher Transparenz, großer Härte und besitzt eine feine Strichelung oder Faserung, die senkrecht zum Außenrand verläuft. Sie nimmt keinen Farbstoff an, sondern behält ihr charakteristisches Aussehen bei. Auf Grund dieser analogen Verhältnisse mit dem echten Schmelz habe ich vorliegende Außenschicht der Reusen nur als schmelzartige Deckschicht bezeichnet, da keine Daten über die Genese der betreffenden Partie vorhanden sind. Die schmelzartige Deckschicht ist etwa halb so breit als die gesamte körnige Dentinschicht, die direkt unter ersterer sich hinzieht und eine Abgrenzung der eigentlichen Grundsubstanz gegen die schmelzartige Außenzone bildet. Sie besteht aus größeren und kleineren Hohlräumen, deren Anzahl und Lumenstärke von außen nach innen abnimmt.

In dem Kanalsystem, das den ganzen Kieferzahn durchzieht, offenbart sich eine analoge Struktur mit dem Wurzelteil der Reuse. Blutgefäße und feinfaseriges Bindegewebe bildet auch hier den Inhalt der verzweigten Pulparäume; indes fehlt das Pigment hier vollständig. Odontoblasten senden gleichfalls ihre Fortsätze in die zahlreichen Dentinkanälchen der Grundsubstanz, doch eine exquisite dichotomische Verzweigung ist bei den Zahnbeinröhrchen vorliegender Hartsubstanz nicht so deutlich zu konstatieren wie bei den Reusen. Die Außenschicht des Spitzenteiles der Kieferzähne ist in histologischer Beziehung als Schmelz festzulegen, wie er allgemein bei Haifischzähnen vorliegt. Unterhalb dieser Schicht beobachten wir noch eine transparente Zone, die zahlreiche Kanälchen besitzt, deren eigne Wandung durch deutliche Tinktion scharf hervortritt. Gefäßhaltige Kanäle finden sich nicht in dieser Zone.

Im Reusenzahn tritt das verzweigte Pulpasystem immer mehr zurück und wird in dem oberen Abschnitt desselben durch eine Centralpulpa ersetzt. Diese besitzt denselben Inhalt wie die Pulpa des Wurzelteiles, nicht minder zahlreiches Pigment, das sich auch in den Hartsubstanzmantel ablagert und zum äußeren Rand hin eine besondere Pigmentzone bildet. Ferner ist die »Zahnmark«-Höhle der Ausgang für viele Dentinkanälchen, die senkrecht auf den Außenrand unter reichlicher Ramifikation zustreben. Endlich bemerken wir auf Querschnitten durch den Reusenzahn, unterhalb der Arterien, deren Wandung aus drei Schichten besteht, noch spezielle Bildungen. Es sind nämlich zahlreiche Querschnitte durch Bindegewebsbündel, die sich zu »Platten« zusammenlegen, schließlich in den primären Dentinmantel übergehen und am Aufbau desselben sekundär partizipieren.

Im Zusammenhang ist diese Erscheinung auf Taf. XIX, Fig. 12—15 wiedergegeben.

Was nun den Charakter der Grundsubstanz der Reuse und des Kieferzahnes anbetrifft, so ist zweifellos derselbe als Dentin festzulegen. Die Existenz zahlreicher feiner Kanälchen in der Matrix, ihr Verlauf und Bau, ferner die Anwesenheit feiner protoplasmatischer Fortsätze innerhalb ihres Lumens, die zugleich von bestimmten Zellen ihren Ausgang nehmen, dürften zur Genüge die Dentinnatur der Grundsubstanz bestimmen. Es drängt sich uns nur die Frage auf, welche Dentinmodifikation wir zugrunde zu legen haben. Die Literatur möge uns nun darüber näher Aufschluß geben.

In speziellen Hartsubstanzgebilden der Vertebraten kann das Dentin die verschiedensten Modifikationen aufweisen, denen die Forscher im Laufe der histologischen Untersuchungen besondere Bezeichnungen beilegte. So unterschied OWEN (48) im allgemeinen drei Formen von Dentin: Osteodentin, Vasodentin und Plicidentin. Das Vasodentin = gefäßhaltiges Dentin zeigt zahlreiche Pulpakanäle, die Blutgefäße und Zellen enthalten. Besitzt das Vasodentin noch Knochenkörperchen, dann haben wir das Osteodentin. Endlich haben die Dendrodonten das gefaltete Zahnbein »Plicidentin«. CH. TOMES (71) gibt in seiner Arbeit »on the structure and development of vascular dentine« eine Einteilung des Zahnbeins in vier Gruppen. Er fand nämlich bei verschiedenen Teleostiern, insbesondere bei den Gadiden, ein Dentin, das allein die Bezeichnung »Vasodentin« verdient und der OWENSchen Benennung nicht entspricht. Das OWENSche Vasodentin enthält innerhalb der großen Kanäle zelliges Pulpagewebe und ein bis zwei Blutgefäße, die auch fehlen können. Es entspricht vollkommen der um die HAVERSSchen Kanäle abgelagerten Knochensubstanz. Das TOMESSche Vasodentin besitzt keine echten Zahnkanälchen (dental tubes). Es besteht aus einer einfachen Pulpahöhle, von deren Rand aus zahlreiche Blutgefäße als Capillaren in das Dentin eindringen. Sie füllen den ganzen Hohlraum der Kanäle aus und sind nicht von Pulpagewebe umgeben. Zugleich hält TOMES die Bezeichnung Osteodentin für die bisher von OWEN als Vasodentin angegebene Dentinmodifikation für passender; die Bezeichnung Vasodentin will er nur auf das echte Gefäßzahnbein der Gadiden angewandt wissen. Er unterscheidet demnach vier Formen:

- 1) Hartes, gefäßloses Zahnbein (Mammalier usw.),
- 2) Vasodentin (*Merluccius vulgaris*, *Gadus*),

3) Osteodentin mit zahlreichen Pulpakanälchen; nur harte Dentinschicht auf der Oberfläche, sonst fehlen die Zahnbeinkanälchen,

4) Plicidentin (*Labyrinthodon*).

Endlich sei noch die Einteilung der Dentinmodifikationen von RÖSE (57) erwähnt. Er unterscheidet zweierlei Zahnbein: I. Echtes Zahnbein = Dentin, »Hartgewebe mit glatter Oberfläche, welches von der Innenwand einer Epithelscheide aus einseitig nach der Mitte des einheitlichen Zahnmarkraumes hin wächst«.

a. Röhrenzahnbein = normales Dentin, enthält die bekannten Zahnbeinkanälchen zur Aufnahme von protoplasmatischen Zellausläufern der Zahnbeinbildner (Odontoblasten).

b. Einschlußfreies Zahnbein = Vitrodentin, enthält keine protoplasmatischen Einschlüsse.

c. Gefäßzahnbein = Vasodentin, enthält Blutgefäßcapillaren.

II. Bälkchenzahnbein = Trabeculardentin. »Hartgewebe, welches ohne Beziehung zur Epithelscheide in Gestalt von einzelnen Bälkchen frei im Bindegewebe des jugendlichen Zahnmarkraumes oder in seiner nächsten Nähe entsteht, und welches allseitig wachsen kann. Das Gewebe enthält zahlreiche kurze Zahnbeinkanälchen, welche von protoplasmatischen Zellausläufern angefüllt sind.« Als Beispiel sowohl für die Entstehung als für das fertig gebildete Trabeculardentin führt RÖSE (57) die Zähne von *Myliobatis aquila* an. TREUFELS (73) hat bei *Myliobatis* ähnliche Befunde erhalten, indem er schreibt, daß das Dentin im Kronenteile des Zahnes sich in vertikalen Zapfen abscheidet, die sich mit den unregelmäßigen Dentinvorsprüngen und Lamellen der Basis verbinden. RÖSE nimmt an, daß die Dentinlamellen bei *Myliobatis* auch frei im Innern der Zahnpulpa entstehen.

Im Anschluß an vorstehende Definitionen über die Abänderungen des echten Dentins wollen wir mit der Bestimmung der Grundsubstanz des Kieferzahnes beginnen. Im Spitzenteil des Zahnes folgt vom Schmelz aus nach innen eine Gewebsart, die von hoher Transparenz und heller Farbe ist und von zahlreichen Kanälchen durchlaufen wird. Wir wollen diese Schicht als Vitrodentin bezeichnen, da der Dentincharakter durch die Anwesenheit vieler fast parallel verlaufender Zahnbeinröhrchen ausgesprochen ist. Nach RÖSE zwar ist, im Gegensatz zu andern Autoren, Vitrodentin ein Gewebe, das keine Dentinkanälchen und Fortsätze enthält. Die innere Partie des betreffenden Zahnabschnittes zeigt eine Matrix, die von zahlreichen gefäß- und zellenführenden Kanälen durchzogen wird. Letztere werden von schmalen hin und her schlängelnden Hartschichtsträngen umgeben, die auf beiden

Seiten Dentinröhrchen besitzen, in die Zellen ihre Fortsätze hineinsenden und die daher »allseitig« wachsen können, wie der Terminus RÖSES lautet. Vorliegendes Gewebe stimmt nicht vollständig mit dem OWENSCHEN Vasodentin und dem TOMESSCHEN Osteodentin überein. Wenn auch beide Dentinmodifikationen gefäßführende Kanäle besitzen, so haben genannte Autoren nicht auf die unbedingte Anwesenheit von Dentinkanälchen hingewiesen. Ich halte die Bezeichnung »Trabeculardentin« nach RÖSE für vorliegendes Zahnbein für passend. Den Basalsockel des Kieferzahnes will ich im Anschluß an HERTWIG (24) als Cement benennen.

Bei der Reuse folgt von der schmelzartigen Deckschicht nach innen hin zunächst ein hartes, gefäßloses Dentin. Dasselbe überzieht den Reusenzahn besonders im oberen Teile in ansehnlicher Breite und beherbergt hier eine ausgebildete Centralpulpa. Es bedeckt indes auch den äußeren Abschnitt des Wurzelteiles, ich weise nur auf die innere Konkavität desselben hin. Das Innere der Reuse besteht nun aus einer Grundsubstanz, die der des Zahnes im allgemeinen analog ist. Auch hier sind die gefäß- und zellenreichen Kanäle von schmalen Hartsubstanzringen umgeben, die auf beiden Seiten Dentinkanälchen führen. Gleichzeitig haben wir im Pulpagewebe der Reuse Beobachtungen gemacht, die an die geschilderten Verhältnisse bei den *Myliobatis*-Zähnen erinnern. Die vor allem in basalen Teilen des Reusenzahnes beobachteten sekundären Bildungen fanden auch hier als »Zapfen«, »Bälkchen« oder »Platten« frei im Innern des »Zahnmark«-Raumes statt. Auf Grund dieser Befunde müssen wir ebenfalls das Hartsubstanzgewebe der Reuse, und besonders dasjenige seiner basaleren Partien, als Trabeculardentin bezeichnen. Reuse und Kieferzahn unterscheiden sich indes darin, daß letzterer im Innern bis zur äußersten Spitze den Charakter des Trabeculardentins oder Bälkchenzahnbeins bewahrt, während die Reuse nur im unteren Abschnitt, besonders im Wurzelteil, genannten Dentinaufbau zeigt, der im oberen Teil des Reusenzahnes in ein echtes Dentin oder »Röhrenzahnbein« RÖSES übergeht.

Bisher waren von der Haut der Elasmobranchier die Placoidschuppen und die Flossenstacheln näher untersucht; sie lassen in ihrem Bau wesentliche Übereinstimmungen mit den Zähnen des Mundes erkennen und werden daher als Hautzähne bezeichnet. Vorliegende Studien haben nun gezeigt, daß die Elemente des bei *Selache maxima* Cuvier prächtig entwickelten Reusenapparates, die Reusen, ebenfalls echte Hauptzähne oder »dermal teeth« sind, welchen Ausdruck zuerst

WILLIAMSON für bestimmte Hartsubstanzgebilde der Plagiostomenhaut in die wissenschaftliche Zoologie eingeführt hat. Die Bezeichnung Zahn kann genannten Placoidorganen nicht abgesprochen werden, da die zur Definition eines Zahnes erforderlichen Kriterien, wie Pulpa-höhle, Dentinkegel mit Zahnbeinröhrchen und Schmelz, deutlich und ausgeprägt entwickelt sind. Im histologischen Aufbau zeigen Reusen und Kieferzähne vollständige Übereinstimmung, so daß wir sie für homologe Gebilde ansehen müssen. Somit sind die Reusen auch den übrigen Hartsubstanzgebilden der Elasmobranchierhaut, den Placoid-schuppen und Flossenstacheln, als anatomisch gleichwertige Bildungen an die Seite zu stellen. Infolge ihrer besonderen Stellung und Funktion auf der Kiemenbogenschleimhaut haben vorliegende »dermal teeth« eine spezielle Differenzierung erlangt, da sie höchstwahrscheinlich mit in den Dienst der Nahrungsaufnahme treten und nebenbei als Schutz-vorrichtung für die mächtigen Kiemen dienen. Mit dieser besonderen Leistung dürfte vielleicht zum Teil die auffallende Entwicklung und Gestaltung der Reusen zusammenhängen. Was nun die beträchtliche Zunahme der Grundsubstanz anbetrifft, so will ich schließen mit den Worten MARKERTS, die derselbe für die gleiche Erscheinung beim *Acanthias*-Flossenstachel angibt: »Ich möchte nicht unerwähnt lassen, daß die außergewöhnliche Steigerung der Masse durch eine zeitliche Verschiebung der Anlage ermöglicht erscheint oder in phylogenetischer Betrachtungsweise eine solche zur Folge gehabt hat«.

Historischer Teil.

In diesem Kapitel soll eine in chronologischer Reihenfolge geordnete Übersicht über die Betrachtungen gegeben werden, die bisher bezüglich des Reusenapparates von *Selache maxima* angestellt worden sind. Da ich bereits an andern Stellen auf einige historische Daten habe verweisen müssen, so finden die betreffenden Autoren hier nur so weit Erwähnung, als für eine chronologische Übersicht notwendig ist. Gleichzeitig werde ich noch die verschiedenen Bezeichnungen, die dem Riesenhai in den einzelnen Ländern von Zeit zu Zeit beigelegt wurden, hervorheben.

Der erste Naturforscher, der den Reusenapparat eines sehr großen Haifisches, aus den Meeren Norwegens stammend, erwähnt, ist der Bischof GUNNERUS (20) von Drontheim in Norwegen. Letzterer spricht in seinen aus dem Jahre 1765 stammenden Aufzeichnungen die Vermutung aus, daß die fransenartigen Gebilde auf den Kiemenbögen als Seiapparat dienen und der Hai demnach nur von kleineren Seetierchen

leben müßte. Wegen dieser Einrichtung stellt er noch einen Vergleich mit den Cetaceen an.

Im Jahre 1769 beschreibt PENNANT (51) in groben Zügen den Reusenapparat in seinem Aufsatz: »The basking shark«, »sich sonnender Hai«, wie die englische Bezeichnung für den Riesenhai lautet. Er sagt: »Within the mouth towards the throat is a very short sort of whalebone.« Aus der Größe des Maules und der Zähne und aus der Anordnung der Reusen schließt PENNANT, wie bereits früher erwähnt, daß die Nahrung analog derjenigen der Bartenwale sei.

In den Philosophical Transactions aus dem Jahre 1809 und 1810 befinden sich von E. HOME Arbeiten über den *Squalus maximus*, wie dieser Forscher den Riesenhai nannte. Die Hauptpunkte sind an einer früheren Stelle bereits wiedergegeben.

Unter dem Titel »Note sur plusieurs espèces de *Squalus confondues* sous le nom de *Squalus maximus* de Linné« folgt im Jahre 1810 von BLAINVILLE (5) eine eingehendere Arbeit, die sich vor allem mit den systematischen Merkmalen des Riesenhaies befaßt. Er stellt nämlich fest, daß unter der Bezeichnung *Squalus maximus* mehrere Arten von Haiischen vereinigt würden, die genau zu unterscheiden wären. Selbst bei LINNÉ in der 11. und 12. Ausgabe des Systema naturae finden sich keine Anhaltspunkte. GUNNERUS beschrieb zum erstenmal einen sehr großen Hai in dem Zeitraum zwischen der 11. und 12. Ausgabe des Systema naturae. PENNANT hat dieselbe Art beobachtet. BLAINVILLE stellt als zweite Species diejenige fest, die HOME beschrieben hat; endlich findet sich eine dritte Art zu Paris »le grand pèlerin du Nord«. Indem er so drei Species unterscheidet: 1) *Squalus gunnerus* (Squale de GUNNERUS), 2) *Squalus pelegrinus* (Squale PÉLERIN), 3) *Squalus homianus* (Squale de HOME) läßt er als gemeinsame Merkmale folgende gelten: »Dentibus conicis, minutis numerosis, non serratis«. BLAINVILLE ist ferner der erste Forscher, der eine besondere Gattung, nämlich »*Cetorhinus*« einführen wollte.

In der im Jahre 1813 erschienenen Fauna orcadensis bemerkt G. Low (43) die Kiemenbogenanhänge von *Selache maxima* mit den Worten: »Fringed with a sort of small bristles approaching the nature of whalebone«.

Zwei Jahre später schreibt S. L. MITCHELL (45) über *Selache maxima*, »is remarkable for having something within in his mouth resembling the horny substance called whalebone, which has led some persons to call him the bon shark«.

In den Proceedings of the Boston society of natural history, Boston

1854, gibt R. FOULIS (16) eine interessante Mitteilung über den Fang eines großen Haifisches in der Bucht von Fundy. Die Länge des betreffenden Tieres, welches sich im Fischnetze verstrickt hatte, betrug 40 Fuß. Aus dem Riesenhai wurden »three hundred and twenty gallons (gallon = 4,5435 l) of liver matter« gewonnen. Den Reusenapparat erwähnt FOULIS mit folgenden Worten: »Each gill is provided with a cullender or comb-like apparatus, apparently for retaining or preventing the smaller portions of food from passing through the gill-openings with the water, received by the mouth«.

In einer eingehenderen Abhandlung in französischer und dänischer Sprache aus dem Jahre 1868 richtete HANNOVER (21, 22) die Aufmerksamkeit auf reusenartige Gebilde, von denen sich Stücke in verschiedener Größe in den Museen zu Christiania, Kiel und Kopenhagen vorfinden. Sie setzen sich aus einer großen Anzahl von Strahlen oder dünnen Platten zusammen, die braune Farbe zeigen, ihre Größe war beinahe 6 Zoll. Sie sehen auf den ersten Blick wie junge Platten »de baleine« aus, wie HANNOVER schreibt. Er hat sie auch in der Tat für derartige gehalten, da man weder den Ort noch das Tier, von dem sie herrührten, kannte. Auf Grund der mikroskopischen Untersuchung fand HANNOVER, daß die betreffenden Gebilde in Innern eine centrale Höhlung besitzen, von der nach allen Seiten feine Kanälchen ausstrahlen. Aus dieser übereinstimmenden Ähnlichkeit in der Struktur mit den Hautstacheln von *Raja* schloß er, daß die betreffenden unbestimmten Teilstücke einem bisher unbekanntem Rochen zugehörten; er glaubte, daß diese besondere Species, die HANNOVER *Raja inconnue* nannte, ausgestorben sei.

Im Jahre 1869 folgte von FELIX DE BRITO CAPELLO (8) eine kürzere allgemeine Beschreibung über den *Cetorhinus Blainvillii*, wie er den *Squalus maximus* auch nannte. Das betreffende Exemplar wurde an der Küste Portugals gefangen und befindet sich im Museum von Lisbon.

In dem Werke »The Zoologist«, London 1870, findet man verschiedene Aufzeichnungen von THOMAS CORNISH (10) über einen riesigen Hai, der $\frac{1}{2}$ Meile von der Hafentmole von Penzanze entfernt gefangen wurde. Er gibt eine Beschreibung über den Kopf und die Schnauze »a small head, a very remarkable snout« und über Augen, Farbe und Gestalt des Tieres. Über Kiemen und Reusen erwähnt er folgendes: »The gills were very large and fleshy, even considering the size of the openings and of the fish, and in front of each, attached by a strong flexible cartilage to the ray, was a slight elastic apparatus extending the

whole length of the ray, an inch and a half in depth, and which would be precisely represented by a thin small toothed comb made of whale-bone«.

Einige Jahre später folgt eine Arbeit von STEENSTRUP (63, 64) in »Oversigt over det Kong. Danske Vidensk. Selsk.« 1873 mit einem Resümeé in französischer Sprache. Er stellt fest, daß die von HANNOVER untersuchten Kiemenbogenanhänge von *Selache maxima* stammten, für welchen Hai betreffende Reusenbildungen charakteristisch wären. Als Beweis gibt er GUNNERUS und andre Schriftsteller an, die bereits vor 1¹/₂ Jahrhundert diese Bildungen kannten. Auf Grund der Untersuchungen HANNOVERS hält STEENSTRUP die Reusen für stark verlängerte, sehr dünne Zähne, die in ihrer Gesamtheit die Funktion eines Filters erfüllen. Genannter Forscher dürfte der erste sein, der die Ähnlichkeit der Reusen mit den Zähnen erkannt und zum Teil auch bewiesen hat.

In den umfangreichen und ausgezeichneten Arbeiten über die Selachier gibt PAVESI (49, 50) eine Beschreibung über einen großen Hai, der 1870 in der Nähe von Lerici im Golf von Spezia gefangen wurde, ferner über dieselbe Species, die 1877 im Hafen von Vado in Gefangenschaft kam. Gleichzeitig finden sich in dem Werke Abbildungen über die Kiemenbögen mit Anhängen. PAVESI erwähnt ebenfalls, daß die von HANNOVER beschriebene Species eine Selache sei, wie die von ihm angeführten zwei Arten *Selache maxima* gewesen seien.

Im Jahre 1876 folgt von P. WRIGHT (78) in »Nature« (10. August 1876) ein Beitrag über *Selache maxima*. Er beschreibt Länge, Aussehen und Vorkommen des Tieres, das an den Bofni-Inseln gefangen wurde. Er gibt ebenfalls eine Abbildung über Kiemenbogen mit Reusen. WRIGHT erwähnt noch, daß den Fischern dieser Hai bekannt sei unter dem Namen »Sun-fish« oder »Pélerin«.

Auf diesen Artikel hin erfolgt von ALLMANN (1) in derselben Zeitschrift (Nature, 21. August 1876) die Notiz, daß er bereits vor 30 Jahren in den SAUNDERS's News-letter eine Beschreibung über einen Hai gegeben hätte, der an der südlichen Küste von Irland gefangen wurde. Er betont noch, daß er zurzeit schon den Gedanken ausgesprochen habe, die Reusen von *Selache maxima* bestünden nicht aus Fischbein; trotz großer Elastizität seien sie hart und spröde (brittle).

Endlich erscheint in demselben Jahre, in dem Journal de Zoologie, Paris 1876, eine dritte Abhandlung über den Riesenhai von PAUL und HENRY GERVAIS (18). Der betreffende Fisch wurde zu Concarneau gefangen, hatte die Länge von 3,65 m und ein Gewicht von 250 kg;

die Species war den dortigen Fischern unbekannt. In ihren historischen Bemerkungen erwähnen sie noch, daß CUVIER die Bezeichnung »*Selache*« einführte, während M. COUCH den Namen *Polyprosopus* annahm und LESUEUR (41) die Bezeichnung »*Squalus elephas*«. Sie geben in der Arbeit Abbildungen über die Kopfform des Tieres und über die Kiemenbögen mit Reusen. Letztere zeigen nicht die Struktur des Fischbeins, sondern die von Zähnen. Pigment sei vorhanden, durch welches zugleich die Dentinkanälchen sich leicht auffinden lassen. Ferner erwähnen sie die kleinen Zähne, von denen ein Längsschnitt sich als Abbildung findet. Die gröbere mikroskopische Struktur der Reusen ist in zwei Abbildungen dargestellt.

Vier Jahre später erscheint von TURNER (75) eine Arbeit über den Reusenapparat und die Zähne von *Selache maxima* in dem »Journal of anatomy and physiology«, London 1880. Die betreffenden Kiemenbogenanhänge stammten von einem Hai, der an der Küste von Neufundland gefangen genommen war; das für seine Studien zur Verfügung stehende Stück war $5\frac{1}{2}$ Zoll lang und zählte 154 Reusen. Zunächst gibt er historische Daten; die Untersuchungen selbst erstrecken sich nur auf den Bau der Hartsubstanz, die Weichteile und histologischen Feinheiten sind bei seinen Forschungen unberücksichtigt geblieben. Auf andre Punkte seiner Arbeit bin ich bereits an einer früheren Stelle zu sprechen gekommen. Er glaubt ferner, daß die Reusen die Funktion eines feinen Filters ausführen und daher bei der Nahrungsaufnahme von Wichtigkeit sind. Zum Schluß schreibt er über die Genese der »comb-like branchial appendages« wie folgt: Die Reusen sind subepitheliale Bildungen und stammen daher vom Mesoblast, während das Fischbein der Walfische eine Verhornung des Epithels der Papillen darstellt und somit seinen Ursprung vom Epiblast nimmt.

Schließlich kommt BRANDT (7) im XVIII. Bd. des Biologischen Centralblattes (Jahrg. 1898) noch auf den Reusenapparat von *Selache maxima* zu sprechen. Dieser Forscher meint, daß die Reusen, wie eingangs dieser Abhandlung bereits erwähnt, einen Übergang zwischen Zähnen und Haaren darstellen. Neben einer näheren Besprechung der verschiedenen Theorien über den phyletischen Ursprung der Haare, besteht der Inhalt seiner Arbeit in der Aufstellung der Hypothese über die Homologie zwischen Zähnen und Haaren, zu der erwähnte Reusen und vor allem borstenartige Gebilde von der Schnauze eines Haifisches Material lieferten. Letztere Bildungen stammten von einem 6 m langen, ausgestopften Exemplar, welches 1870 im Saale der Buchhändlerbörse zu Leipzig ausgestellt war und von BRANDT für eine *Selache maxima*

gehalten wurde. Er sei von dem »durch den Besuch von Zoologen geschmeichelten Impresario« auf eine große Anzahl ganz unansehnlicher Borsten aufmerksam gemacht worden, »mit welchen die Schnauze des Fisches besät war«. In diesen Gebilden erblickt der Autor ebenfalls »Vorstufen zur Umbildung von Zähnen zu Haaren«. Die betreffenden Borsten waren von schwarzgrauer Farbe und nur 3,3 mm lang, da die Spitze abgebrochen war; die wirkliche Länge hält er für das Doppelte der angegebenen. Sie stachen wenig von der Hautfarbe des Tieres ab und wurden daher leicht übersehen. Der Verfasser glaubt, daß »aus diesem Umstande eine absichtliche Täuschung des Publikums so gut wie ausgeschlossen sei«; auch wären keine Spuren eines »Artefakts« oder von Leim und Verletzungen der Haut sichtbar gewesen.

Was nun das Vorkommen von solchen borstenartigen Gebilden an der Schnauze von *Selache maxima* anbetrifft, so möchte ich darauf hinweisen, daß in der gesamten Literatur, soweit sie mir zur Verfügung stand, nirgends Andeutungen oder irgendwie Anhaltspunkte für betreffende Bildungen sich vorfinden. Auch auf den verschiedensten Abbildungen über Kopf und Schnauze von *Selache maxima* sind nirgends solche Gebilde wiedergegeben. So zeigt zwar die Schnauze von *Selache maxima* in der Abbildung von GERVAIS (18), wie BRANDT gleichfalls erwähnt, zahlreiche Punkte, die als die vom Verfasser erwähnten Schleimporen zu betrachten sind. BRANDT schreibt nun über diese Poren folgendes: »Immerhin wäre es a priori nicht unmöglich, daß gerade diesen Poren im höheren Alter borstenartige Gebilde entsproßen«. Hierzu sei nun eine Stelle von R. FOULIS (16) angeführt, die BRANDT nicht bekannt gewesen sein dürfte. Dieser Autor gibt eine genaue Beschreibung von Kopf und Schnauze und schreibt über letztere noch wie folgt: »... around this snout there were a number of regular lines of pores or papillae that on pressure gave out a gelatinous secretion«. Hier liegt doch anscheinend auch eine genaue Beobachtung des Baues der Schnauze vor, borstenartige Gebilde sind aber von FOULIS nirgends erwähnt worden. Soweit mir bekannt ist, hat auch der Riesenhai, der bei Bergen gefangen wurde und das Material zu vorliegender Arbeit lieferte, keine borstenartigen Gebilde an der Schnauze besessen. In betreff der Reusen sei nochmals bemerkt, daß dieselben in ihrem histologischen Aufbau vollständige Übereinstimmung mit den übrigen Hartsubstanzgebilden der Elasmobranchier, wie Kieferzähnen, Placoidschuppen und Hautstacheln zeigen, sie sind daher als echte Hautzähne anzusehen.

Vorstehende Untersuchungen wurden im Laboratorium des anatomisch-zoologischen Instituts der Königlichen Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster i/W. ausgeführt.

Am Schluß dieser Abhandlung erfülle ich gern die angenehme Pflicht, meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. med. et phil. E. BALLOWITZ für die Anregung zu der Arbeit und die Benutzung des wertvollen Materials meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Herrn Privatdozenten Dr. BRODERSEN, Prosektor am anatomischen Institut, schulde ich verbindlichen Dank für die Unterweisung in der Technik der Untersuchungen.

Münster i. W., im Mai 1908.

Literaturverzeichnis.

1. J. ALLMANN, The basking shark. Nature. Vol. XIV. Aug. 31. 1876. p. 368.
2. G. BENDA, Die Dentinbildung in den Hautzähnen der Selachier. Arch. f. mikr. Anatomie. Bd. XX. 1882.
3. VAN BENEDRN, Bulletin de l'académie Royale de Belgique. 1871.
4. — Dasselbst 1876.
5. BLAINVILLE, Note sur plusieurs espèces de Squalus confondues sous le nom de Squalus maximus de LINNÉ. Nouveau bulletin des sciences par la soc. phil. de Paris. 1810. p. 169.
6. BÖHM u. OPPEL, Taschenbuch der mikroskopischen Technik. München 1900.
7. ALEX. BRANDT, Über borstenartige Gebilde bei einem Hai und eine maßliche Homologie der Haare und Zähne. Biol. Centralbl. Bd. XVIII. Leipzig 1898. S. 257.
8. CAPELLO FELIX DE BRITO, Memoria relativa a un exemplar de Squalus maximus Lin. pescado nas costas de Portugall. Journ. des Sc. Math. Phys. et Nat. de Lisbonne. Lissabon 1870.
9. D. CARAZZI, Sulla Selache maxima Gunn. Zool. Anz. Bd. XXVIII. S. 161.
10. THOMAS CORNISH, On a shark captured in Mount's Bay on June 11., 1870, supposed to be identical with the Basking Shark of Pennant and the Broadheaded Gazer of Couch. The Zoologist. London 1870. p. 2253.
11. CUVIER et VALENCIENNES, Histoire naturelle des poissons. Paris 1828.
12. v. EBNER, Histologie der Zähne mit Einschluß der Histogenese. Sep.-Abdr. aus SCHEFF, »Handbuch der Zahnheilkunde«. Heft 3—4. Wien 1890.
13. Encyclopädie, der mikroskopischen Technik. 1903.
14. LEO FLEISCHMANN, Über Bau und Inhalt der Dentinkanälchen. Arch. f. mikrosk. Anatomie. Bd. LXVI. 1905. S. 501.
15. — Die Entwicklung der Zahnscheiden; gleichzeitig ein Beitrag zur Entwicklung der Zahnbeingrundsubstanz. Arch. f. mikr. Anat. Bd. LXVIII 1906. S. 297.

16. R. FOULIS, Proceedings of the Boston society of nat. hist. Vol. IV. Boston 1854. p. 202.
17. GEGENBAUR, Unters. z. vergl. Anatomie der Wirbeltiere. Heft III. 1872.
18. PAUL GERVAIS et HENRI, Observations relatives à un squalé pélerin (pêché à Concarneau). Journ. de Zool. Tome V. Paris 1876. p. 319.
19. GIEBEL, Odontographie 1855.
20. GUNNERUS, Trondj. Selsk. Skrifter. Drontheim 1765.
21. A. HANNOVER, Om Bygningen og Udviklingen af Skjael og Pigge hos Bruskfisk, tilligemed udforligere Beskrivelse af tvende herten hørende Former. Kong. Dansk. Vidensk. Selskabs Skrifter. Kopenhagen 1868. p. 485.
22. — Recherches sur la structure et le développement des écailles et des épines chez les poissons cartilagineux. Ann. d. sc. nat. V série. Zoologie. IX. Bd. 1868.
23. HEINKE, Untersuchungen über die Zähne niederer Wirbeltiere. Diese Zeitschr. Bd. XXIII. 1873.
24. O. HERTWIG, Über Bau und Entwicklung der Placoidschuppen und der Zähne der Selachier. Jen. Zeitschr. f. Naturw. Bd. VIII. N. F. Bd. I. 1874. S. 331.
25. F. HILGENDORF, Einige Bemerkungen über die Histologie der Pristis-Zähne. S. B. Ges. Naturf. Berlin 1880.
26. E. HOEHL, Beitrag zur Histologie der Pulpa und des Dentins. Arch. f. Anat. und Physiologie. Anatom. Abt. S. 31. Leipzig 1896.
27. EVERARD HOME, On the Nature of the intervertebral substance in Fish and Quadrupeds. Phil. Transactions. London 1809. p. 177.
28. — An anatomical account of the *Squalus maximus* (of Linnaeus) which in the structure of its stomach forms an intermediate link in the gradation of animals between the whale tribe and cartilaginous fishes. Phil. Trans. of the roy. soc. of London. 1809. p. 206.
29. — Additions to an account of the anatomy of the *Squalus maximus*, contained in a former paper; with observations on the structure of the branchial artery. Phil. Trans. London 1813. p. 227.
30. A. D. IMMS, On the oral and pharyngeal denticles of Elasmobranch fishes. Proc. Z. Soc. London. Vol. I. p. 41.
31. — Notes on the gill-rakers of the Spoonbill Sturgeon, *Polyodon spathula*. Proc. of the Zool. Soc. of London. Vol. II. p. 22. 1904.
32. O. JAECKEL, Die Selachier aus dem oberen Muschelkalk Lothringens. Abh. z. geol. Spezialk. v. Els.-Lothr. III. Bd. 1889.
33. — Über die Gattung *Pristiophorus*. Arch. f. Naturg. 1891.
34. B. JENTSCH, Beitrag zur Entwicklung und Struktur der Selachierzähne. Inaug.-Diss. Leipzig 1897.
35. H. KLAATSCH, Zur Morphologie der Fischechuppen und zur Geschichte der Hartschubstanzgewebe. Morph. Jahrb. Bd. XVI. S. 97—196 u. S. 209 bis 258. Leipzig 1890.
36. — Über die Herkunft der Scleroblasten. Leipzig 1894.
37. K. v. KORFF, Die Entwicklung der Zahnbeingrundsubstanz der Säugetiere. Arch. f. mikr. Anat. Bd. LXVII. 1906. S. 1—17.

38. K. v. KORFF, Die Analogie in der Entwicklung der Knochen- und Zahnbein-
grundsubstanz der Säugetiere nebst kritischen Bemerkungen über die
Osteoblasten und Odontoblastentheorie. Arch. f. mikr. Anat. Bd. LXIX.
1907. S. 515.
39. KÖLLIKER, Epitheliale Struktur des Schmelzorgans. Mikr. Anat. II. 1852.
40. W. LEPKOWSKI, Beitrag zur Histologie des Dentins mit Angabe einer neuen
Methode. Anat. Anz. 16. Jahrg. 1892. S. 274.
41. LESUEUR, Description of a Squalus of a very large size which was taken
on the coast of New-Jersey. Journ. of the Acad. of Nat. Hist. of Phila-
delphia. 1822.
42. F. LEYDIG, Beiträge zur mikroskopischen Anatomie und Entwick-
lungsgeschichte der Rochen und Haie. Leipzig 1852.
43. G. LOW, Fauna orcadensis. Edinburgh 1813.
44. F. MARKERT, Die Flossenstacheln von Acanthias. Ein Beitrag zur Kenntnis
der Hartsubstanzgebilde der Elasmobranchier. Zool. Jahrb. Abt. f.
Anatomie. Bd. IX. 1896. S. 665.
45. S. L. MITCHELL, On the fishes of New York. Trans. Lit. and Phil. Soc.
New York. Vol. I. 1815. p. 486.
46. MÖBIUS, Kommissionsberichte. Kiel 1871.
47. MUMMERY, Some points in the structure and development of dentine. Phil.
Trans. Vol. CLXXXII. London 1892.
48. OWEN, Odontography. 1840.
49. PAVESI, Annali del Museo Civico di storia naturale di Genova. Vol. VI. 1874.
50. — ibid. Vol. XII. p. 23. 1878.
51. PENNANT, British Zoology. Vol. III. p. 80. 1769.
52. MARIANNE PLEHN, Die Fische des Meeres und der Binnengewässer. LAMPERT,
Bild.-Atl. des Tierreiches. IV. Tl. Verlg. J. F. Schreiber, Eßlingen
und München.
53. C. M. L. POPTA, Les appendices des arcs branchiaux des poissons. Ann.
sc. nat. 7 sér. Tom. XII. p. 139. 1901.
54. P. RITTER, Beiträge zur Kenntnis der Stacheln von Trygon und Acanthias.
Inaug.-Diss. Rostock.
55. B. ROSENSTADT, Studien über die Abstammung und die Bildung des Haut-
pigments. Arch. f. mikr. Anat. Bd. L. p. 350. 1897.
56. C. RÖSE, Über die Zahnentwicklung von Chlamydoselachus anguineus
Garm. Morph. Arb. (SCHWALBE) Bd. IV. S. 193. Jena 1895.
57. — Über die verschiedenen Abänderungen der Hartgewebe bei niederen
Wirbeltieren. Anat. Anz. Bd. XIV. Jena 1898. S. 21—31 und
S. 33—69.
58. SCHIEMENZ, Die Zoologie im Dienste der Fischerei. Verh. V. Intern. Zool.-
Kongr. Berlin 1901.
59. — Wie frißt der Fisch? Vortrag, gehalten am 28. Okt. 1905 in Weimar
in d. Hauptvers. d. Thüring. Fischereivereins. Deutsche Fisch-Ztg.
Stettin.
60. O. SCHNEIDER, Histologie der Tiere. Jena 1902.
61. O. SEELIGER, Manteltiere. In: BRONN, Klassen und Ordnungen des Tier-
reiches. 1893 ff.
62. ANDREW SMITH, Illustrations of the Zoology of South-Africa. London 1849.

63. J. STEENSTRUP, Om Gjaellegitheret eller Gjaellebarderne hos Brugden. Oversigt over det Kongelige Danske Vidensk. Selskabs Forhandlingen. Kopenhagen 1873. p. 407.
 64. — Sur les appareils tamiseurs ou faunous branchiaux du Pélerin; als Résumé im Anhang des vorhin erw. Werkes. p. 8. 1873.
 65. O. STEINHARD, Über Placoidschuppen in der Mund- und Rachenhöhle der Plagiostomen. Arch. f. Naturg. 69. Jahrg. Bd. I. p. 1—46. Berlin 1903.
 66. PH. STÖHR, Lehrbuch der Histologie. Jena 1905.
 67. A. STERNFELD, Über die Struktur des Hechtzahnes, insbesondere die des Vasodentins (OWEN). Arch. f. mikr. Anat. Bd. XX. 1882.
 68. A. STEUER, Über das Kiemenfilter und die Nahrung adriatischer Fische. Verh. k. k. zool. bot. Ges. Wien. Bd. LV. S. 275. 1905.
 69. F. K. STUDNICKA, Über collagene Bindegewebsfibrillen in der Grundsubstanz des Hyalinknorpels, im Dentin und im Knochengewebe. Anat. Anz. XXIX. Bd. 1906. S. 334.
 70. JOHN TOMES, On the structure of the dental tissues of marsupial animals, and more especially of the enamel. Phil. Transact. London 1849. p. 403.
 71. CH. TOMES, On the structure and development of vascular dentine. Phil. Trans. Vol. CLXIX. London 1878.
 72. S. CH. TOMES, Upon the structure of the enamel of Elasmobranch fishes. Phil. Trans. of the royal society of London. 1898. Vol. CXC. p. 443.
 73. P. TREUFELDS, Die Zähne von *Myliobatis aquila*. Inaug.-Diss. Basel 1896.
 74. F. H. TROSCHEL, Über die Bewaffnung der Kiemenbogen der Fische. Arch. f. Naturg. Bd. I. 1849.
 75. TURNER, The structure of the comb-like Branchial appendages and of the teeth of the Basking shark (*Selache maxima*). Communicated to the royal society, Edinburgh, March 1. 1880. Journ. of anatomy and physiology. Vol. XIV. London 1879. p. 273.
 76. HERM. VIERORDT, Anatomische, physiologische und physikalische Daten und Tabellen für Mediziner. III. Aufl. Jena 1906.
 77. W. G. WILLIAMSON, On the microscopic structure of the scales and dermal teeth of some Ganoid and Placoid Fish. Phil. Transact. London 1849. p. 435.
 78. P. E. WRIGHT, Nature. Vol. XIV. p. 313. Aug. 10. 1876.
 79. ENOCH ZANDER, Studien über das Kiemenfilter bei Süßwasserfischen. Diese Zeitschr. Bd. LXXV. S. 233. 1903.
 80. — Das Kiemenfilter der Teleostier. Diese Zeitschr. Bd. LXXXIV. S. 619. 1906.
 81. — Das Kiemenfilter bei Tiefseefischen. Diese Zeitschr. Bd. LXXXV. S. 157. 1907.
-

Erklärung der Abbildungen.

Die Zeichnungen, welche sich sämtlich auf *Selache maxima* beziehen, wurden zum Teil mit dem Zeichenapparat von C. ZEISS, Jena, angefertigt. Der Güte des Konservators Herrn Dr. A. APPELLÖF verdanke ich die Textfig. 2, 3 und 5, ferner die Fig. 4, 5 und 6 auf Tafel XVIII. Die in Textfig. 1 und Fig. 1 auf Taf. XVIII wiedergegebenen Photographien sind vom Konservator des Bergener Museums, Herrn JAMES A. GRIEG, aufgenommen worden.

Tafel XVIII.

Fig. 1. Photographische Aufnahme eines Kiemenbogenendes mit Reusen. *K.B.*, Kiemenbogen; *R.*, Reusen; *K.*, Kiemen.

Fig. 2. Die ganze isolierte Reuse in natürlicher Größe. *W.T.*, Wurzelteil von u- oder halbmondförmiger Gestalt, mit zahlreichen Kanälchen am äußeren Rand; *R.Z.*, Reusenzahn stark verlängert; *w.S.*, weibliche Spitze desselben.

Fig. 3. Wurzelteil der Reuse in vierfacher Vergrößerung gezeichnet. Der Rand der äußeren Konvexität ist gezackt. Form, Größe und Anordnung der Kanälchen sind im helleren Abschnitt sichtbar. Dem dunkleren Teile gehören zahlreiche körnige Anhäufungen an, die als Pigment zu deuten sind.

Fig. 4. Einzelne Reuse in Verbindung mit der Kiemenbogenschleimhaut. *R.Z.*, Reusenzahn ragt isoliert aus der Schleimhaut; *W.T.*, Wurzelteil ist von der bindegewebigen Schleimhaut bedeckt und dient als Polster. Basalteil steht nicht in Verbindung mit dem Knorpel des Kiemenbogens. *E.*, Epithel; *B.Sch.*, Bindegewebige Schleimhaut.

Fig. 5. Eine Anzahl Reusen in Verbindung mit der bindegewebigen Schleimhaut. Seitliche Ansicht. Die einzelnen Reusenzähne stehen isoliert, glatte Oberfläche. Ihre Breite nimmt von der Basis zur Spitze hin ab. Das bindegewebige Polster schiebt sich zwischen die einzelnen Wurzelteile ein. *R.Z.*, Reusenzahn; *Sch.*, Schleimhaut; *K.*, Kiemen.

Fig. 6. Verschiedene Reusen in Aufsicht. Dichte Anordnung; regelmäßiger, gleicher Abstand zwischen den einzelnen Reusen. In Richtung der Querachse durch die Kanten des Reusenzahnes keine Biegung oder Krümmung. Bezeichnungen wie vorher.

Fig. 7. Isolierte farblose Reuse vom Ende des Kiemenbogens in natürlicher Größe. Unterschied in der Farbe, Biegung des Reusenzahnes und Form des Wurzelteiles von den homologen größeren Gebilden, siehe Fig. 2.

Fig. 8. Isolierter Kieferzahn, vierfache Vergrößerung, in seitlicher Ansicht. *B.S.*, Basalsockel mit Perforationen; *S.T.*, Weißer Spitzenteil mit glatter Oberfläche.

Fig. 9. Teil eines Flächenschliffes durch den Wurzelteil; Abschnitt der inneren Konkavität. *V.P.*, Verästelte Pulpahöhle; *D.I.*, Dentininseln mit *d*, Dentinröhrchen; *R.K.*, Randkanal der Pulpa; von seiner Wandung aus zahlreiche Dentinkanälchen = *D.K.*; *S.D.*, Schmelzartige Deckschicht; *P.*, Pigment, hier eine besondere Zone bildend. Zwischen den Dentinröhrchen innerhalb der Grundsubstanz ist das Pigment auf dieser Zeichnung nicht dargestellt, damit die Deutlichkeit

des Verlaufs der Zahnbeinröhrchen nicht beeinträchtigt wurde. LEITZ: Ocul. I, Obj. 3.

Fig. 10. Teil der inneren Konkavität, aus Fig. 9 bei *D.K.*, in stärkerer Vergrößerung; *P.*, Pigment zwischen den Dentinröhrchen und am Grunde derselben; *D.K.*, Dentinkanälchen; *W.*, Wandung derselben; *A.*, Anastomose zwischen benachbarten Kanälchen; *A₁*, Anastomose zwischen entfernteren. LEITZ: Oc. 3, Obj. 7.

Fig. 11. Längsschnitt durch den mittleren Teil eines Reusenzahnes. Bei *D.K.* sind die Dentinkanälchen, im Querschnitt getroffen, kreisförmig; bei *D.K₁* sind die Nebenanälchen schräg angeschnitten. *W.*, Wandung der Dentinröhrchen; *P.*, Pigment, das ringartig in körnigen Komplexen die Zahnbeinkanälchen umlagert. LEITZ: Oc. 3, Obj. 7.

Tafel XIX.

Fig. 12. Querschnitt durch die basale Partie eines mittelgroßen Reusenzahnes. Teil der Pulpa und des Hartschubstanzmantels ist sichtbar. *D.K.*, Dentinkanälchen mit vorgelagerten Odontoblasten; *Pi.*, Pigment innerhalb der Pulpa und im Dentin; *k.*, Zellkerne im Anfangsteil eines Zahnbeinröhrchens; *Ar.*, Arterie; *C.*, Capillare; *BiB.*, Bindegewebsbündel. LEITZ: Oc. 3, Obj. 7.

Fig. 13. Querschnitt aus derselben Region. Die Bindegewebsbündel haben sich zu einer Platte zusammengelegt; *B.P.*, Bindegewebsplatte; *BiB.*, Bindegewebsbündel; *Ar.*, Arterie mit zahlreichen kernhaltigen Blutzellen; *Pi.*, Pigment. LEITZ: Oc. 3, Obj. 7.

Fig. 14. Bindegewebsplatte lagert halbinselartig dem primären Dentinring an und wird zur Dentinplatte *D.P.*; *P.*, Pulpa; *Pi.*, Pigment; *D.K.*, Dentinkanälchen. LEITZ: Oc. 3, Obj. 7.

Fig. 15. *D.P.*, Dentinplatte hat sich in den schmälere Teil der Pulpa eingeschoben; die vor ihr lagernden Zellen beginnen ihre Tätigkeit als Odontoblasten. Kanälchen sind bereits auf der Platte sichtbar. *Pi.*, Pigment; *D.K.*, Dentinkanälchen; *Ar.*, Arterie; *R.P.*, Restpulpa mit Pigment und in Zerfall begriffenen Zellen und Kernen. LEITZ: Oc. 3, Obj. 7.

Fig. 16. Teil eines Querschnittes durch den Wurzelteil. *G.D.*, Gerüstbau des Dentins; *V.P.*, Verästelte Pulpa mit pigment- und zellenreichem Gewebe; unterer Abschnitt der *EZ.*, Epithelzapfen und Papillen, *Pa*; *Pi.*, Pigment; *Bi.*, Bindegewebe; *M.*, Muskelschicht. LEITZ: Oc. 1, Obj. 3.

Fig. 17. Flächenschliff durch die innere Konkavität des Wurzelteiles. *S.D.*, Schmelzartige Deckschicht; *K.D.*, Körnige Dentinschicht; *Pi.*, Pigment; *D.K.*, Dentinkanälchen; *r.*, Rißstelle der schmelzartigen Deckschicht; *E.*, Mündung eines Dentinröhrchens in der letzteren; bei *s* eine Stelle, wo die Dentinkanälchen in eine Richtung hin plötzlich umbiegen. ZEISS: homog. Immers. Komp.-Oc. 18; 4,0 mm Tubuslänge. 160 mm, Apert. 0.95.

3



8



w.S

ST

BS

7

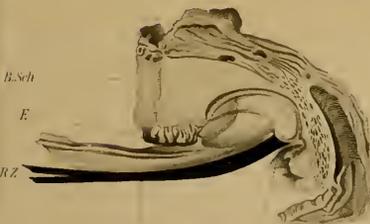


R.Z

2

WT

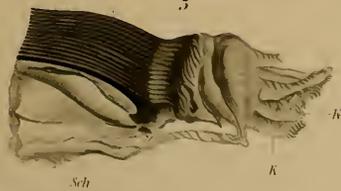
4



R.Z

WT

5



Sch

K



Sch

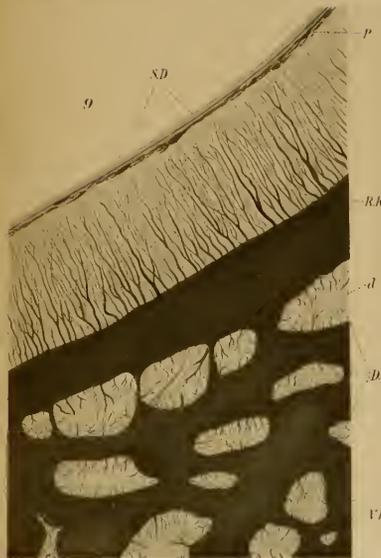
G

R.Z

WT

K

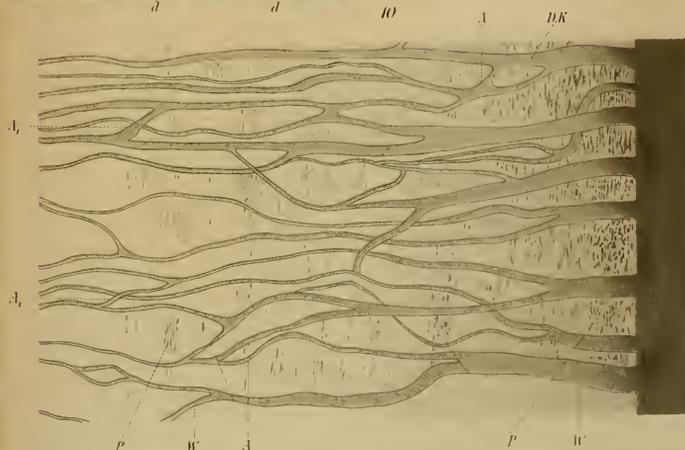
WT



10

A

DK



A

A

P

W

A

P

W

