

Beiträge zur Kenntnis des Baues und der Entwicklung der Zähne bei den Reptilien.

Von

Dr. Hugo Levy,
Zahnarzt in Hamburg.

Hierzu Tafel XI.

I. Der Kieferapparat und die Bezahnung bei Reptilien.

Meine Untersuchungen, welche im zoologischen Laboratorium zu Leipzig unter Herrn Geheimrat Prof. Dr. RUDOLF LEUCKART angestellt sind, beschränken sich durchweg auf *Anguis fragilis*, *Lacerta muralis*, *L. vivipara*, *L. agilis* und *L. viridis*, sowie auf *Tropidonotus natrix* und *Pelias berus*, zu Vergleichen stellte ich auch Schnitte vom Triton und von der Ratte her.

Der Kieferapparat bei den Reptilien setzt sich aus einer großen Anzahl teils untereinander beweglicher, teils auch unbeweglicher Knochen zusammen.

Die wichtigste Funktion haben natürlich die zahortragenden Teile, unter denen besonders das *Os maxillare*, *Os pterygo-palatinum* und der Unterkiefer hervorzuheben sind.

Die übrigen Belegknochen der Mundhöhle, sowie die beim Kauakt besonders thätigen Knochen werden bekanntlich vom *Praemaxillare*, *Vomer*, *Parasphenoid*, *Transversum*, *Quadratum* und *Squamosum* gebildet.

Das *Transversum*, welches den Amphibien und übrigen Wirbeltieren fehlt, stellt eine Verbindung zwischen dem hinteren Ende

des Maxillare und dem Pterygoid her und ersetzt in gewisser Hinsicht das sonst zur Befestigung des ersten dienende Zygomaticum.

Bei den Sauriern sind die Knochen der Kieferreihe fest untereinander verbunden, was bei den Ophidiern weniger der Fall ist, da der Kieferapparat der Schlangen wegen der Nahrungsaufnahme einer bedeutenden Dehnbarkeit bedarf.

Die Bezaehlung der Reptilien beschränkt sich teils auf das Maxillare, teils greift sie auch noch, und zwar bei den Ophidiern konstant, auf das Pterygo-palatinum über, unter Umständen sogar auf Praemaxillare und den Vomer.

Die Zähne bestehen aus Dentin und Schmelz und sind an ihrer Basis mit dem Knochen verwachsen. Die Stellung ist im allgemeinen derart, daß ein Zahn hinter dem anderen steht, doch treten dabei die verschiedensten Abweichungen auf, so auffallend, daß man gelegentlich sogar 2 Zahnreihen vorfindet.

Schon bei den Amphibien bemerkt man eine reichere Bezaehlung als bei den Reptilien. In seinem Zahnsystem der Amphibien berichtet HERTWIG ¹⁾, daß bei größeren Exemplaren die Zähne vielfach in 2 Reihen stehen, aber nicht unmittelbar nebeneinander, sondern derartig geordnet, daß sie eine Zickzacklinie bilden, indem die Zähne der zweiten Reihe hinter die Interstitien der ersten zu liegen kommen. — CUVIER ²⁾ und OWEN ³⁾ sprechen von einer vielreihigen Stellung der Zähne, während im schroffsten Gegensatz zu diesen Forschern SIRENA ⁴⁾ die Gaumen- und Kieferknochen nur eine einzige Zahnreihe tragen läßt.

Auch HERTWIG fand bei den Amphibien vorherrschend nur die einreihige Zahnstellung. Nur *Siredon pisciformis* trug auf Operculare, Vomer und Palatinum mehrere Reihen.

LEYDIG ⁵⁾ dagegen schreibt den Molchen mehrreihige Zahnstellung zu. Man soll dieselbe deutlich bei Behandlung des Schädels

1) O. HERTWIG, Ueber das Zahnsystem der Amphibien und seine Bedeutung für die Genese des Skeletts der Mundhöhle. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 11, 1874.

2) CUVIER, Leçons d'anatomie comparée. Uebersetzung, III. Teil, Leipzig 1810.

3) OWEN, Odontography 1840—1845.

4) SIRENA, Ueber den Bau und die Entwicklung der Zähne bei den Amphibien und Reptilien. Verh. d. phys.-med. Ges. in Würzburg 1872.

5) LEYDIG, Ueber die Molche der württembergischen Fauna. TROSCHEL's Archiv für Naturgeschichte, 1867.

mit Kalilauge zu Gesicht bekommen. — Dieselbe Ansicht vertritt LEYDIG¹⁾ beim Schlangenschädel, indem er hier von Querreihen spricht. Hierbei ist jedoch zu bemerken, wie es HERTWIG bereits für die Amphibien dargelegt hat, daß diese kleinen Zähnen, welche in der Schleimhaut zerstreut liegen, als Ersatzzähne anzusehen sind und noch nicht in Funktion stehen, vielmehr erst mit dem Knochen verwachsen müssen, bevor sie nach Ausfall der aktiven Zähne an die funktionelle Stelle derselben treten.

Auf phylogenetischem Wege muß man zu der Schlußfolgerung gelangen, daß die einreihige Stellung der Zähne immer mehr um sich greift, je weiter der Wirbeltierkörper in seiner Entwicklung vorschreitet, daß sie mit anderen Worten allmählich aus den vielen Zahnreihen der niederen Wirbeltiere sich entwickelt hat.

So trägt der auf einer niederen Stufe der Entwicklung stehende Siredon mehrere Zahnreihen, während die Frösche und Tritonen, die eine höhere Stellung einnehmen, eine fast einreihige Anordnung der Zähne aufzuweisen haben.

Deutlicher noch tritt dieser Umstand bei den Reptilien auf. Bei diesen finden wir im allgemeinen die einreihige Zahnstellung, nur mit geringen Modifikationen, die später bei der Entwicklung unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen werden.

Bei den Sauriern sind nur das Maxillare und Praemaxillare zahntragend; das Palatinum ist bei dieser Ordnung im allgemeinen frei von Zähnen geblieben. LEYDIG²⁾ hat namentlich bei *Lacerta agilis* und *L. viridis* Zähne auf dem Gaumen angetroffen, eine Thatsache, die sich auch bei meinen Untersuchungen, bis auf wenige Ausnahmen, herausstellte. Doch fanden sich die Gaumenzähne nicht in so großer Zahl vor, wie LEYDIG es angiebt.

Die Form der Zähne bei der Blindschleiche ist spitz und hakenförmig, die Krümmung nach dem Rachen zu verlaufend. Abweichungen hiervon treten bei anderen Arten vielfach zu Tage. So hat RÖSE³⁾ beim *Chamaeleon* gefunden, daß die Zähne vorn eine gleichfalls einspitzige Form besitzen, nach hinten zu dieselben aber in eine zwei-, ja sogar dreispitzige verwandeln.

1) LEYDIG, Die Zähne einheimischer Schlangen nach Bau und Entwicklung. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 9, 1873.

2) LEYDIG, Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier. Tübingen 1872.

3) RÖSE, Ueber die Zahnentwicklung vom *Chamaeleon*. Anat. Anzeiger 1893.

Auch bei den Lacertiden finden wir kein Homologon zum Zahn der Blindschleiche, wie diese denn überhaupt ihrer Bildung nach mehr einen Uebergang zu den Ophidiern verkörpert. Eher nähert sich die Form der von RÖSE beim Chamaeleon beschriebenen. Aeltere Forscher berichten von einer stumpf-kegelförmigen Bildung bei den Lacertiden, andere sprechen allmählich von der ein- bis dreispitzigen Zahnkuppe. So hat CUVIER¹⁾ beim Leguan sogar 6—8 Zahnspitzen gesehen. Bei der gewöhnlichen Eidechse sollen die vorderen Zähne nicht sichtbar in eine Zacke auslaufen, die übrigen aber nur einen einzigen Einschnitt besitzen. Bei anderen Arten hat CUVIER auch 3 Einschnitte gefunden. LEYDIG dagegen überzeugt sich, daß wohl 2 Zahnspitzen, niemals aber deren 3, vorhanden sind. Die eine größere soll nach hinten gerichtet und nach einwärts gekrümmt sein, während die zweite kleinere tiefer steht und nach vorn und auswärts sich umbiegt.

Zur Orientierung über diese Verhältnisse wurden die einzelnen Kieferteile genau untersucht und einzelne Zähne unter der Lupe und dem Mikroskope geprüft. Bei der Kleinheit dieser Zähnchen lieferte letztere Anwendung vorzügliche Bilder der Form und Struktur. Als typisch für den Eidechsenzahn muß man, wie LEYDIG, die zweizinkige Form anführen mit der kleineren Spitze nach vorn und der größeren nach hinten. Freilich finden sich auch einzelne Abweichungen. So bemerkte ich gelegentlich ganz vorn im Kiefer nur eine kegelförmige Spitze, außerdem Zähne, bei denen die kleine Zinke nach dem Rachen zu lag, schließlich sogar, jedoch ganz vereinzelt, zwei kleinere Zinken, welche in ihrer Mitte eine größere einschlossen. LEYDIG bestreitet letzteres Vorkommnis, indem er den Anschein einer solchen Bildung der Einstellung des Mikroskopes zuschreibt, da man nicht die ganze Zahnkrone auf einmal in den Focus bringen könne. Hiergegen möchte ich aber einwenden, daß ich die „dreilappige“ Form immer nur bei bestimmten Zähnen und nicht bei anderen beobachtete, mochte die Einstellung sein, wie sie wollte.

Die Größe der Zähne stimmt so ziemlich mit den Angaben LEYDIG's überein. Die mittelsten sind am größten, vor und hinter denselben sind immer kleinere, doch sind die hinteren bedeutend größer als die vorderen.

Wenden wir uns den Ophidiern zu, so sind hier wieder mehrere

1) CUVIER, Leçons d'anatomie comparée. Uebersetzung, III. Teil, Leipzig 1810.

Teile des Oberkieferapparates als zahntragende zu bezeichnen. Man sieht am macerierten Schädel von *Tropidonotus natrix*, daß sowohl das Maxillare wie das Pterygo-palatinum eine Reihe von hakenförmigen Zähnen trägt, deren Krümmung sich ebenso, wie bei der Blindschleiche, nach hinten neigt. Im natürlichen Zustande sind dieselben so gut wie gar nicht zu sehen, da sie fast vollkommen von der Mundschleimhaut bedeckt sind. Nur der äußerste Teil der Spitze ragt über das Niveau der Schleimhaut hervor. Die Stellung der Zähne war typisch einreihig; doch befand sich nicht immer ein Zahn genau hinter dem folgenden, sondern stellenweise sah man etwas kleinere zur Seite gerückt, etwa im Interstitium zweier Zähne, ab und zu auch unmittelbar neben einem anderen. Dieser letztere Fall kommt jedoch viel seltener vor. Trotzdem spreche ich nur von einer Reihe, da die Zähne, wie bereits für die Amphibien angegeben, gewissermaßen alternierend in Zickzacklinie stehen, wobei der 2. Zahn die Funktion des alsbald ausfallenden Nebenmannes zu übernehmen hat. Dieselben Bildungen wiesen z. B. auch Schädel von *Python Sebae* und *Boa constrictor* aus der Sammlung des Leipziger zoologischen Institutes auf. Vielfach sieht man im Kiefer neben und hinter dem einzelnen Zahn noch die Vertiefung, welche von dem Vorgänger herrührt.

Was die Größe der Zähne betrifft, so steigt dieselbe bei der Ringelnatter von vorn nach hinten kontinuierlich, während Schädel von *Python Sebae* und *Boa constrictor* dazu einen krassen Gegensatz liefern, indem die Größe der Zähne vorn den Höhepunkt erreicht und nach dem Rachen zu allmählich abnimmt. Eine weitere Differenzierung zeigt sich zwischen Kiefer- und Gaumenzähnen. Erstere übertreffen im allgemeinen die letzteren an Größe. Auch die Zahl der Zähne bei den Reptilien unterliegt großen Abweichungen, was die Angaben verschiedener Forscher bestätigen. Dieser Umstand ist auch nicht zu verwundern, da fortwährend Zähne ausfallen und neue an ihre Stelle rücken. Vielfach bleiben auch die entstandenen Lücken eine Zeit lang leer. LEYDIG hat bei der Ringelnatter auf dem Maxillare 18 und auf dem Palatinum ungefähr 29 Zähne gefunden. Meine Beobachtungen stimmen, soweit es den Kiefer angeht, in der Zahl vollkommen mit LEYDIG'S Angaben überein, auf dem Gaumen aber konnte ich nur 26 Zähne wahrnehmen.

Die übrigen zahntragenden Knochen der Mundhöhle, Vomer und Praemaxillare, lieferten bei den Ringelnattern ein negatives

Ergebnis; andere Schlangen aber, wie Python Sebae, Python molurus und Boa constrictor besitzen auf diesen Knochen Zähne.

Neben den Hakenzähnen kommen bei den Schlangen noch Röhren- und Furchenzähne vor, die ja als sog. Giftzähne bekannt und bereits vielfach beschrieben sind, so daß es nicht notwendig ist, näher darauf einzugehen.

II. Bau und Befestigung der Zähne.

Da es sich um verschiedene Reptilien handelt, so ist von vornherein ersichtlich, daß die Befestigung der Zähne, wie außerdem hinlänglich bekannt, keine durchaus einheitliche sein wird, während man vom Bau derselben eher dieser Erwartung Raum geben könnte. Doch ist dies keineswegs der Fall. Gewöhnlich ist an jedem Zahne, wenigstens bei den höheren Wirbeltieren, deutlich abgegrenzt, Krone, Hals und Wurzel zu unterscheiden. Bei den niederen Vertebraten kommen gemäß der Befestigungsart der Zähne diese unterschiedlichen Merkmale weniger in Betracht. Höchstens könnte man, wie LEYDIG für die Amphibien, die Benennungen „Zahnkrone und Zahnsockel“ anwenden. Ich möchte die Bezeichnungen „Spitze und Basis“ vorziehen, denn von einem ausgesprochenen Sockel kann eigentlich nicht die Rede sein, sondern der Zahn wird von der Spitze nach der Basis zu gleichmäßig stärker im Umfange, bis er schließlich mit dem Knochen sich verbindet. Von einem Halse kann man erst recht nicht sprechen. So verhält es sich wenigstens bei den Schlangenzähnen und denen der Blindschleiche, während bei den Zähnen der Eidechsen der Durchmesser an der Spitze und der Basis nicht bedeutend variiert, sondern der Zahn fast mit einer Säule zu vergleichen ist, die oben in eine, resp. zwei Zinken ausläuft. Auch findet man, während der Querschnitt bei den Schlangenzähnen beinahe kreisförmig ist, den Zahn der Eidechse ein wenig seitlich komprimiert.

Die Oberfläche der Zähne hat auf den ersten Blick im allgemeinen eine ebene Beschaffenheit, doch sieht man bei genauerer Betrachtung, daß ab und zu Unebenheiten auftreten, welche teils in niedrigen Leisten zu linearem Verlauf, teils in kleinen höckerigen Erhebungen bestehen und besonders der Krone der Eidechsenzähne anhaften. Die eigentliche Substanz des Zahnes hat den Forschern manchen Anlaß zu Meinungsverschiedenheiten gegeben. Während

Autoren, wie SIRENA¹⁾, LEYDIG und OWEN²⁾, diesen Zähnen jeglichen Schmelz abstreiten, haben TOMES³⁾, HEINCKE⁴⁾ und besonders HERTWIG^{5 6)} den Beweis erbracht, daß auch den niederen Wirbeltieren eine Substanz zukommt, die dem Schmelze der Säugetiere homolog ist, wenn sie auch nicht vollkommen dieselbe Struktur durchblicken läßt.

So bestehen denn auch die Zähne der Reptilien aus Schmelz und Zahnbein.

Der Schmelz, Substantia adamantinae, bedeckt durch eine mehr oder minder dicke Kruste die Oberfläche der Zahnspitze in Form einer Kappe, welche sich nach der Basis zu als feine Membran, Schmelzoberhäutchen oder Cuticula genannt, fortsetzt. Er ist stark lichtbrechend und fast durchsichtig. Die Farbe, die bei den Salamandern gelblich braun ist, erscheint bei den Schlangen weniger intensiv, wohl aber bemerkt man auch bei ihnen einen hellgelblichen Anstrich, welcher allerdings teilweise nur undeutlich ist, in den meisten Fällen aber doch klar zu Tage tritt. Etwas dunkler gefärbt kommen mir die Zahnspitzen der Eidechsen vor, während der übrige Teil des Zahnes ein glänzend weißes Aussehen besitzt.

Durchweg aber ist der Schmelz von ganz geringer Dicke, auch meistens nur an der Spitze vorhanden. Infolgedessen ist es auch äußerst schwierig, ihn beim Schleifen zu erhalten, da er sehr leicht abspringt. Der Versuch, den Schmelz durch Kochen des Zahnes in 50-proz. Schwefelsäure zu isolieren, scheiterte an der Kleinheit des Objektes.

1) SIRENA, Ueber den Bau und die Entwicklung der Zähne bei den Amphibien und Reptilien. Verh. d. phys.-med. Ges. in Würzburg 1872.

2) CUVIER, Leçons d'anatomie comparée. Uebersetzung, III. Teil, Leipzig 1810.

3) TOMES, On the Structure and Development of the Teeth of Ophidia, 1874. Proceedings of the Royal Society of London, Vol. XXIII.

4) HEINCKE, Untersuchungen über die Zähne niederer Wirbeltiere. Inaug.-Diss., Leipzig 1873.

5) O. HERTWIG, Ueber den Bau und die Entwicklung der Placoidschuppen und der Zähne der Selachier. Jen. Zeitschr. für Naturwissensch., Bd. 8, 1874.

6) O. HERTWIG, Ueber das Zahnsystem der Amphibien und seine Bedeutung für die Genese des Skeletts der Mundhöhle. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 11, 1874.

Vom Dentin ist der Schmelz scharf abgegrenzt, so daß bei meinen Untersuchungen die Annahme, die Schmelzschicht sei eine andere Art Dentin, wie es z. B. bei den Zähnen der Haifische der Fall ist, von Anfang an hinfällig war.

Die meisten Autoren bezeichnen den Schmelz im Gegensatz zu dem der Säugetiere als strukturlos. Bei diesen besteht derselbe aus lauter 4—6-seitigen Prismen, die in Bündeln wellenförmig von der Dentinegrenze zur Schmelzoberfläche verlaufen. Auch HERTWIG¹⁾ konnte bei den Tritonzähnen keine feinere Struktur erkennen, nur beim Frosch erblickte er „zwei Arten von Streifen, von welchen die einen parallel zur Oberfläche verlaufen und abwechselnd hell und dunkel schattiert sind, die anderen als feine, dicht gedrängt stehende, dunkle gerade Linien rechtwinkelig dieselben durchsetzen“. Von den letzteren behauptet er, daß sie eine direkte Verlängerung der Dentinröhrchen bilden. Sollte dies in der That der Fall sein, dann könnte man der Vermutung Ausdruck geben, daß HERTWIG keinen Schmelz, sondern eine modifizierte Zahnbeinschicht gesehen hat, da sich die Zahnröhrchen, der Entwicklung gemäß, unter keinen Umständen in den Schmelz hinein fortsetzen. Auch bei TOMES²⁾ und KÖLLIKER³⁾ findet man übrigens die Angabe, daß die Dentinröhrchen zum Teil mit ihrem weichen Inhalt in den Schmelz eindringen. Ihre Beobachtungen erstrecken sich namentlich auf Nage- und Beuteltiere, welche aber WALDEYER sowohl wie HERTZ lebhaft bestritten.

Bei den Teleostiern hat HEINCKE⁴⁾ den Schmelz entweder als völlig homogen oder von feinen Fasern durchzogen gefunden, welche, wie er sagt, in ihrem Verlauf oft Zahnkanälchen täuschend ähnlich sehen. Weiter spricht er sich folgendermaßen aus: „Nur soviel läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit vermuten, daß die Fasern des Schmelzes der Fischzähne, die OWEN als kalkhaltige Röhren auffaßte und mit den Prismen des Säugetieres verglich, nichts sind, als von organischer Substanz erfüllte, auch wohl nach Zerstörung derselben leere Spalten zwischen den harten Teilen des Schmelzes“.

1) O. HERTWIG, Ueber das Zahnsystem der Amphibien und seine Bedeutung für die Genese des Skeletts der Mundhöhle. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 11, 1874.

2) TOMES, London. Phil. Transact. 1849, 1850.

3) KÖLLIKER, Gewebelehre, 5. Aufl., 1868.

4) HEINCKE, Untersuchungen über die Zähne niederer Wirbeltiere. Inaug.-Diss., Leipzig 1873.

Nach meinen eigenen Untersuchungen muß in Abrede gestellt werden, daß der Schmelz einer jeglichen feineren Struktur entbehrt. Man erkennt an ihm eine homogene Grundsubstanz, welche von zahllosen Streifen durchzogen ist. Bei den Schlangen verlaufen diese Streifen fast ganz quer, in großer Menge dicht nebeneinander liegend, vergleichbar den säulenförmigen Ablagerungen gewisser Cuticularbildungen. Man hat vielleicht dieselben Bildungen vor sich wie im Schmelze der Säugetiere, nur handelt es sich dabei nicht um ausgesprochene Prismen. Ein Schliff, von dem Fig. 6 uns einen Teil desselben vorführt, zeigt dieses streifenförmige Aussehen deutlich, es hebt sich dabei auch ganz evident die Cuticula, scharf abgegrenzt, vom Schmelze ab. Das Schmelzoberhäutchen ist eine strukturlose dünne Membran, die den ganzen Zahn bedeckt. Ein etwas anderes Bild bringt uns Fig. 7. Dieser Schliff entstammt einem Eidechsenzahne, der eine relativ weit dickere Schmelzschicht aufweist, als wir sie an den Schlangenzähnen kennen. Auch verlaufen die Fasern nur am unteren Teile der Schmelzkuppe eine kleine Strecke in querer Richtung, während sie nach der Spitze zu eine mehr horizontale Lage einnehmen und bogenförmig ausstrahlen, die Konvexität der Außenseite zugekehrt, also annähernd parallel zur Oberfläche. Wodurch dieses Abweichen vom gewöhnlichen Verhalten gerade bei den Eidechsen zustande kommt, darüber kann ich mir kein bestimmtes Urteil bilden. Es herrscht aber kein Zweifel, daß wir es bei den Schlangen, Blindschleichen und Eidechsen mit wirklichem Schmelze zu thun haben, der in keiner anderen, als mechanischer Verbindung mit dem Zahnbeine steht und scharf gegen dasselbe absticht.

Den größten Bestandteil des Zahnes bildet natürlich das Zahnbein oder Dentin, welches allen Zähnen eigen ist und durchweg auch die wenigsten Unterschiede aufzuweisen hat. Einer näheren Beschreibung bedarf dasselbe kaum, da es zur Genüge bekannt ist. Ich will nur kurz rekapitulieren, daß es aus einer homogenen Grundsubstanz besteht, welche von zahlreichen Kanälchen, den Zahn- oder Dentinröhrchen, durchsetzt wird. Bevor ich nun aber auf die Varietäten eingehe, welche sich in der Bildung des Dentins bei den verschiedenen Reptilien zeigen, muß ich zunächst auf den Verlauf der Zahnröhrchen hinweisen, der in seinen Grundzügen dem bei den höheren Wirbeltieren und beim Menschen entspricht. Die Röhrchen gehen von der Pulpahöhle aus und verlaufen radiär nach der Schmelzgrenze, wobei ihr Volumen abnimmt, je näher sie dem Schmelze kommen. In der Nähe

der Pulpa sind sie am zahlreichsten und deutlichsten ausgeprägt, wie ich es in Fig. 6 dargestellt habe. Man könnte das ganze Zahnrohrsystem mit einem Strauchwerk vergleichen, indem die Hauptäste an der Pulpa zu suchen sind, von wo aus dann die kleineren Zweige ausstrahlen. Unterwegs geben sie zahlreiche Seitenäste ab, die ihrerseits untereinander Anastomosen eingehen, so daß alle in Verbindung stehen. Die Kanälchen nehmen keineswegs einen geraden Verlauf, sondern schlängeln sich in vielen Windungen durch die Grundsubstanz. Nur in der Krone finden wir eine Abweichung sowohl bei den Sauriern wie Ophidiern, indem sich hier deutlich eine regelmäßige Ausstrahlung der Röhrrchen zeigt. Eins parallel neben dem andern gehen dieselben ohne Seitenzweige, nahezu von einem Punkte aus, wie die Strahlen eines aufgespannten Fächers. Die Enden setzten haarscharf am Schmelz ab, nie habe ich, wie HERTWIG, gesehen, daß die Kanälchen sich in denselben hinein fortsetzen. Sie lösten sich nicht alle in gleicher Weise an der Dentingrenze auf, vielmehr teils gabelförmig, und das in den meisten Fällen, teils in feine Büschel übergehend. Hin und wieder kam es auch vor, daß die Ausläufer an der Schmelzgrenze in dichtgedrängter Zahl, fast eine besondere Schicht imitierend, parallel nebeneinander lagen. Besonders auffallend schien es, daß die Zahnrohrchen bei den Eidechsen nicht so zahlreich wie bei den Schlangen waren, so daß die Grundsubstanz mehr hervorstach. Die Ursache, die man hierfür annehmen könnte, ist vielleicht darin zu suchen, daß die geraden Zähne der Eidechsen äußeren Einflüssen keinen so großen Widerstand entgegensetzen haben, als es bei den Hakenzähnen der Schlangen zu erwarten ist. Denn der Meinung, daß die Anzahl und Schlängelung der Röhrrchen den Zahn resistenter machen, kann ich nur bestätigen, findet doch dasselbe Prinzip auf verschiedene Weise auch in der Technik Verwendung.

Die Röhrrchen enthalten die sog. TOMÉ'schen Fasern, welche ihren Ursprung von den Odontoblasten nehmen. Ich konnte sie nur stellenweise bei sehr starker Vergrößerung entdecken.

Schließlich sind noch die sog. Konturlinien im Zahnbein hervorzuheben. Mir traten dieselben in zweierlei Art entgegen. Einmal (bei den Schlangen) sah man sie besonders in der Längsrichtung des Zahnes (Fig. 6), von der Basis bis zum Beginn der Krone sich erstreckend, zweitens bei den Eidechsen (Fig. 7) größtenteils nur in der Spitze, wo sie im Bogen quer zur Oberfläche verliefen. Die Konkavität war regelmäßig der Pulpa zu-

gekehrt. Ich halte dieselben für Schichtungsstreifen, welche zum größten Teil durch die Lage der Zahnbeinröhrchen bedingt sind. Andernfalls kann man auch HERTWIG¹⁾ und LEYDIG Recht geben, welche diese Streifungen, wie von mir bei der Eidechse beobachtet, als Wiederholungslinien des Umrisses der Papille ansehen, die eine dutenförmige Zusammensetzung des Zahnes andeuten. Diese Konturlinien sprechen um so mehr für eine lamellöse Ablagerung der Dentinmassen, als die Röhrchen in der Krone ohne Verästelungen nebeneinander ihren Weg nehmen. Bei den Schlangen ergab die Beobachtung in dieser Beziehung weniger ein entschiedenes Resultat.

Die Pulpa verkörpert im großen und ganzen wieder die Gestalt des Zahnes. Sie besteht aus feinfaserigem Bindegewebe, Zellen und Blutgefäßen. Die Pulpenhöhle weist besonders bei den Schlangenzähnen an der Basis eine große Geräumigkeit auf, worauf sie sich dann plötzlich zu einem ganz feinen Kanale verjüngt, ähnlich wie ein Trichter. Bei den Eidechsen ist das Verhalten gleichmäßiger, nur ein wenig nach der Krone zu verengt.

In betreff der Befestigung unterscheiden sich die Zähne der niederen Wirbeltiere bekanntlich wesentlich von denen der Säugetiere. Wir finden bei ihnen 3 verschiedene Arten der Zusammenfügung, so daß man von akrodonen, pleurodonen und thekodonten Zähnen spricht, abgesehen von jenen, welche durch elastische Bänder befestigt sind. Die thekodonte oder eingekeilte Form findet sich bei dem Krokodil, das unter den Reptilien dem Säugetier am nächsten steht und auch bereits deutlich eine Art Alveole besitzt. Für die anderen beiden Zahnformen haben wir als Vertreter die Schlange und die Eidechse. Die Zähne sind durch Synostose mit dem Knochen verbunden, in ersterem Falle auf dem Kieferrande aufgewachsen, bei der Eidechse an der Innenseite der Knochen. Wie schon LEYDIG²⁾ ganz richtig bemerkt, befinden sich dabei zwischen den einzelnen Zähnen dünne Knochenlamellen, so daß nur die linguale Seite des Zahnes freiliegt. Es ist auf diese Weise bereits eine Andeutung von Alveolen vorhanden, welche durch die Einkeilung einer dritten Wandung nahezu vervollständigt sein würde. Bei der Blindschleiche tritt uns Gleiches

1) O. HERTWIG, Ueber den Bau und die Entwicklung der Placoidschuppen und der Zähne der Selachier. Jenaische Zeitschr. f. Naturw., Bd. 8, 1874.

2) LEYDIG, Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier. Tübingen 1872.

entgegen wie bei den Schlangen, bildet doch dieses Tier in gewisser Hinsicht auch einen Uebergang zwischen den Sauriern und Ophidiern.

III. Entwicklung der Zähne.

Der erste Anlaß zur Zahnbildung wird bekanntlich vom oberen Keimblatt aus gegeben. Die Schleimhaut des Mundepithels besteht aus 3 Zellschichten, der äußeren, mittleren und inneren Schicht. Erstere erscheint als ein Plattenepithel, während die beiden anderen kubische resp. Cylinderzellen enthalten. Letztere Schicht nun ist es, welche durch Wucherung ihrer Zellen zunächst eine lineare Verdickung herbeiführt, die sich nach und nach vergrößert und ins Mesodermgewebe hineinwächst, so daß diese Ein-senkung sich in Form einer Leiste bemerkbar macht. Infolgedessen sprechen wir auch von einer Zahnleiste, eine Bezeichnung, die ich in Zukunft immer anwenden werde, während man vielfach auch das Wort „Schmelz- oder Epithelleiste“ gebraucht. Ein anschauliches Bild hiervon bietet uns Fig. 2; auch stimmt die erste Anlage mit der beim Säugetiere und Menschen vollkommen überein, wie es u. a. RÖSE¹⁾ beschrieben hat.

Bei einem 3 cm langen Embryo der Ringelnatter konnte man noch keine Spur von Zahnleiste wahrnehmen, während dieselbe bei einer Länge von fast 6 cm bereits deutlich vorlag. Dabei glaube ich übrigens gelegentlich die Wahrnehmung gemacht zu haben, daß im Unterkiefer die Zahnbildung in einem etwas früheren Zeitpunkte anhebt als im Oberkiefer. Als maßgebende Thatsache kann solches jedoch nicht hingestellt werden, da mir darüber hin und wieder Zweifel auftraten. Vom Säugetiere und Menschen ist es ja nachgewiesen, daß der Kieferwall im Unterkiefer schon stärker entwickelt ist als im Oberkiefer, also auch die Zahnentwicklung in ersterem eher beginnt. RÖSE²⁾ hat bei Krokodilen primitive Zahnanlagen gefunden, welche uns in Form von frei hervorstehenden Papillen entgegentreten. Bei den übrigen Reptilien hat er jedoch diese Bildungen nicht mehr angetroffen, ob-

1) RÖSE, Ueber die Entwicklung der Zähne des Menschen. Arch. f. mikrosk. Anatomie, Bd. 38.

2) RÖSE, Ueber die Zahnentwicklung der Krokodile. Verhandl. d. Anat. Ges. 1892.

gleich er es für möglich hält, daß sie ab und zu vorkommen. Ich habe ein solches Papillenstadium nirgends beobachten können, sei es nun, daß die untersuchten Embryonen an relativer Größe denen von RÖSE nicht entsprachen, sei es, daß eine derartige Bildung in der That nicht vorkommt.

Letzteres ist mir um so wahrscheinlicher, als auch LECHE¹⁾ bei *Iguana tuberculata* sowie bei Knochenfischen zu demselben negativen Resultate gelangt ist. Wohl aber hat derselbe, wie auch RÖSE bei den Krokodilen, oberflächliche Zahnanlagen entdeckt, welche sich von den später auftretenden durch ihre geringe Größe und ihre Funktionslosigkeit unterscheiden, außerdem schon lange vor der Geburt verkümmern sollen. RÖSE²⁾ hat bei den von ihm untersuchten Sauriern nichts Derartiges gefunden, wohl aber bemerkte ich bei ganz jungen Embryonen der Ringelnatter und Kreuzotter eine solche Anlage, welche direkt dem Epithel aufsaß, ohne daß von einer Zahnleiste die Rede sein konnte. Die Anlage entsprach deutlich der eines normalen Zahnes in seinem ersten Stadium.

Also die erste Zahnanlage beginnt mit einer Einsenkung der innersten Schicht der Schleimhaut ins mesodermale Bindegewebe als Zahnleiste. Sie verläuft in verschiedener Richtung, worüber ich weiter unten mich näher aussprechen werde.

Der Rand ist nicht immer gleichmäßig, sondern weist wellenförmige Erhebungen und Einbuchtungen auf, ja bildet mitunter geradezu hervorspringende Höcker. Die Leiste erstreckt sich der ganzen Länge nach durch den Kiefer und ist für gewöhnlich stetig mit dem Mundhöhlenepithel in Verbindung. Bei den höheren Wirbeltieren treten hier bereits Variationen auf. Nach bestimmter Zeit, wenn sämtliche Zahnkeime bereits angelegt sind, löst sich hier der Zusammenhang der Zahnleiste mit dem Schleimhautepithel, so daß sie dann isoliert im Bindegewebe des Kiefers liegt. Ein Sagittalschnitt durch den Unterkiefer einer Ratte vergegenwärtigte mir dieses Bild deutlich. Die Keime der 3 Molaren waren sämtlich durch Verbindungsbrücken miteinander in Zusammenhang, wie es auch KOLLMANN³⁾ vom menschlichen Embryo

1) LECHE, Ueber die Zahnentwicklung von *Iguana tuberculata*. Anat. Anzeiger, 1893.

2) RÖSE, Ueber die Zahnentwicklung der Reptilien. Deutsche Monatsschrift f. Zahnheilkunde, Aprilheft 1892.

3) KOLLMANN, Entwicklung der Milch- und Ersatzzähne beim Menschen. Zeitschrift f. wissenschaftl. Zool., 1870.

angeführt hat. In späteren Stadien sieht man bereits die Keime von einander getrennt im Kiefer liegen.

Wie uns die verschiedenen Abbildungen zeigen, setzt die Zahnleiste sich aus einer von Cylinderzellen gebildeten Randzone entsprechend der untersten Zellenlage des Kieferepithels und aus einer Mittelzone zusammen, die bedeutend kleinere rundliche Zellen aufweist, welche den Typus der mittleren Lage, der Cuboidalzellen wiederholen. Die letzteren geben gewissermaßen ein Füllsel der Leiste ab. Die dem Mesoderm zugewandten Zellen haben nicht immer eine typische Cylinderform, vielfach trifft man darunter auch rundliche, ja sogar mehr längliche Zellen an.

Während des Einwachsens der Zahnleiste sind nun aber auch im umliegenden Bindegewebe Veränderungen eingetreten. Man sieht, daß die Bindegewebszellen in der Nähe der Zahnleiste in weit größerer Zahl vorhanden sind als im übrigen Gewebe. An einzelnen Stellen scharen sie sich besonders dicht zusammen und beginnen gegen die Zahnleiste vorzurücken. Man bemerkt jetzt, wie letztere an verschiedenen Punkten zu wuchern beginnt, indem sie sich kolbenartig verdickt. Dieser Verdickung tritt aber in Form der vordringenden Zellansammlungen, welche später die Dentin- oder Zahnpapille verkörpern, ein Hindernis entgegen, so daß die kolbenförmige Anschwellung sich ausbuchtet und die Papille glockenartig umwächst, bis letztere nach und nach immer weiter sich einstülpt und schließlich von den Ektodermzellen vollkommen wie von einem Mantel eingeschlossen ist. In mehreren der Zeichnungen treten uns diese Bildungen entgegen wie in Fig. 3.

Der Annahme, daß der Anlaß zur Zahnkeimbildung vom mesodermalen Bindegewebe aus gegeben wird, muß ich in jeder Hinsicht beipflichten, während RÖSE¹⁾ dem Epithel diese Funktion zuschreibt, welches als aktives Element einen Zapfen des indifferenten Bindegewebes umwachsen soll.

Indirekt könnte man ja der Zahnleiste diese Wirkung zuschreiben, da durch das Eindringen des Epithelzapfens in das Bindegewebe auf letzteres ein Reiz ausgeübt wird, der eine Beisetteschiebung und Vermehrung der Zellen veranlassen könnte. Weiter aber kann man meiner Ansicht nach nicht gehen. Auch kann ich das Bindegewebe keineswegs für indifferent halten, im Gegenteil, man sieht darin Haufen von größeren runden Zellen,

1) RÖSE, Ueber die Zahnentwicklung der Reptilien. Deutsche Monatsschrift f. Zahnheilk., Aprilheft 1892.

deren Kerne meistens deutlich sichtbar sind, vom übrigen Gewebe sich abheben, wie denn auch die Bindegewebsfasern in denselben von den Zellen vollkommen in den Hintergrund gedrängt sind.

Hat die Anlage so ziemlich ihre definitive Größe erreicht, so sieht man eine Umwandlung der Zellen auftreten, die denn die Bildung der die Zahnsbstanzen liefernden Organe einleitet. Eine nähere Beschreibung vergleiche man bei der Schmelz- und Dentinbildung.

Allmählich macht sich auch eine Trennung des noch bisher mit der Zahnleiste zusammenhängenden Zahnkeimes bemerkbar, so daß dieser sich schließlich vollkommen von der Leiste abtrennt und dann zur Seite rückt oder oberhalb derselben gefunden wird, was denn auch meistens der Fall ist. Im Gegensatz zu den Säugetieren und zum Menschen, bei denen die Umwandlung der Zellen und die Substanzbildung erst beginnt, nachdem sich die Zahnanlage von der Leiste losgelöst hat, geschieht dieselbe bei Reptilien, wie man es wiederholt auf den Schnitten wahrnehmen konnte, zuweilen schon bis zur Dentinbildung zu einer Zeit, in der noch ein direkter Zusammenhang mit der Leiste vorhanden ist. Dasselbe hebt auch LECHE¹⁾ hervor: „Im Verhalten der Schmelzleiste zum Schmelzkeim der zweiten Dentition unterscheidet sich Iguana — und wohl auch übrige Saurier — dadurch, daß die Zahnanlage bei Iguana viel weiter entwickelt ist, bevor sie sich von der Schmelzleiste emanzipiert.“

Auch hat derselbe Autor bei Iguana gefunden, daß die Zahnpapillen sich nicht am tiefsten Punkte der Zahnleiste einstülpen, sondern mehr seitlich. Ich meinerseits habe bei Sauriern und Ophidiern beide Formen der Einstülpungen wahrgenommen, doch will ich diesen Erörterungen hier nicht vorgreifen, da sie für meine späteren Auseinandersetzungen von großem Werte sind.

Bei meinen Untersuchungen legte ich nämlich mein Hauptaugenmerk nicht nur auf die Entwicklung des Zahnes, sondern auch speziell auf die Komplikationen, welche sich einesteils durch die Anlage von Gaumen- und Kieferzähnen ergeben, andererseits durch die kontinuierliche Bildung der Zähne und deren Stellung, mögen dieselben nun nebeneinander oder in Zickzacklinie stehen.

Unsere Litteratur enthält fast keine Angaben, auf welche Weise denn eigentlich die Zahnleisten für das Maxillare, Pterygo-

1) LECHE, Ueber die Zahnentwicklung von Iguana tuberculata. Anat. Anzeiger 1893.

palatinum etc. entstehen. Die meisten Beobachter übergehen diesen wichtigen Punkt mit Stillschweigen, indem sie immer nur im allgemeinen von der Zahnleiste sprechen und den sich daraus entwickelnden Zähnen, aber keineswegs darüber Andeutungen machen, ob für Kiefer und Gaumen nur eine gemeinsame Zahnleiste vorhanden ist oder deren zwei gesondert vorkommen. Auch das lokale Verhältnis der Zahnanlage zur Zahnleiste ist keiner genaueren Erörterung gewürdigt worden.

Es gilt das namentlich für SIRENA¹⁾ und LEYDIG²⁾, die uns darüber völlig im Unklaren lassen, vielleicht weil sie diesen Umstand als etwas ganz Selbstverständliches ansahen! — Selbst RÖSE erwähnt bei seinen Untersuchungen diesen Gegenstand entweder gar nicht, wie z. B. in seinen „Zahnentwicklung der Reptilien“, oder er spricht nur ganz vorübergehend von einer Zahnleiste für das Palatinum.

Bei den Knochenfischen erwähnt RÖSE³⁾, daß bei mehrreihiger Zahnstellung sämtliche Zähne entweder von einer gemeinsamen Zahnleiste gebildet werden oder jede einzelne Zahnreihe ihre eigene mehr oder weniger vollständige Zahnleiste hat. In derselben Arbeit sagt er dann weiter: „Die heutigen Schlangen besitzen eine gesonderte Kieferzahnleiste für die Anlage der Giftzähne und eine Gaumenzahnleiste für die Anlage der Gaumenzähne. Erst bei den höheren Reptilien und bei allen Säugetieren hat sich der Zahnersatz auf das Maxillare im Oberkiefer und auf das Dentale im Unterkiefer beschränkt.“ So deutlich sich RÖSE im allgemeinen auszudrücken pflegt, in dieser letzten Anführung kann er kaum eine unbestimmtere Angabe machen. Ich kann mir nicht anders denken, als daß ein Versehen vorliegt, denn die „heutigen Schlangen“ besitzen doch nicht samt und sonders Giftzähne. Falls er aber nur die giftigen Schlangen auf diese Weise kennzeichnen will, so übergeht er wieder die ungiftigen.

Kurz und gut, diese Verhältnisse verlangten noch in jeder Beziehung eine nähere Betrachtung, und so sollen denn, bevor

1) SIRENA, Ueber den Bau und die Entwicklung der Zähne bei den Amphibien und Reptilien. Verh. d. phys.-med. Ges. in Würzburg 1872.

2) LEYDIG, Die Zähne einheimischer Schlangen nach Bau und Entwicklung. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 9, 1873.

3) RÖSE, Das Zahnsystem der Wirbeltiere. Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte, herausgegeben von FR. MERKEL und R. BONNET.

wir auf die Bildung der Zahnsbstanzen zu sprechen kommen, zunächst meine Untersuchungen über diesen bisher fast übergangenen Punkt dargelegt werden.

Wie aus meinen früheren Bemerkungen ersichtlich ist, ist ohne jeglichen Zweifel ein grosser Unterschied in der Bezahnung der verschiedenen Reptilien vorhanden. Demzufolge muß natürlich auch die Entwicklung auf verschiedenen Bahnen schreiten. Form und Struktur der Zähne sollen an dieser Stelle selbstverständlich ganz außer acht bleiben, da ich hierüber schon eingehend mich ausgelassen habe. Es handelt sich eben nur um den Verlauf der Zahnleiste und die Anlage der Zahnkeime in Bezug auf die Stellung der ausgebildeten Zähne sowohl unter sich, wie auf das Maxillare und Palatinum.

Wenn wir einen Blick auf die ersten Abbildungen werfen, so sticht uns sofort der eigentümliche Verlauf der Zahnleiste in die Augen, welcher denn auch seinem ganz bestimmten Zwecke zu dienen hat. Im allgemeinen ist derselbe bei den von mir untersuchten Sauriern ein gleicher. Man sieht zunächst, wie die ins Mesoderm einwuchernde Epithelmasse eine mehr vertikale Richtung einschlägt, nur ein wenig schräg sich nach der äußeren Seite hin neigend. Da es sich fast immer um Querschnitte handelt, ist die Zusammenstellung der Abbildungen durchweg so gewählt, daß sich die linke und rechte Seite des Kiefers entsprechen, indem eine Zeichnung der linken, die andere der rechten Kieferhälfte entnommen ist. Ich glaube auf diese Weise um so verständlichere Bilder zu erzielen. Auch hoffe ich zur Genüge angedeutet zu haben, wo die Mundschleimhaut in die äußere Körperbedeckung übergeht. Wenn ich mithin soeben gesagt habe, daß sich die Zahnleiste ein wenig schräg nach der äußeren Seite hinneigt, so meine ich eben damit, daß sie dem Kieferrande zu verläuft, doch nur für eine kurze Strecke, denn alsbald krümmt sie sich knieartig ein und nimmt ihren Weg nach der Medianlinie zu, so daß wir gewissermaßen zwei Schenkel der Zahnleiste vor uns haben, einen kleineren vertikalen und einen größeren mehr horizontalen, deren Scheitelpunkt das sog. Knie bildet. Daß für diese Umbiegungsstelle der Zahnleiste die Bezeichnung „Knie“ vorgezogen ist, liegt sowohl an dem wirklichen Aussehen dieser Bildung als auch an der Kürze der Ausdrucksweise. Fig. 1 und 2 veranschaulichen uns solche Zahnleisten. Unter den einzelnen Sauriern kommen nun freilich einige Abweichungen vor, die aber im großen und ganzen von keiner wesentlichen Bedeutung sind. Der untere

vertikale Teil ist bald breit, während er dann plötzlich am Knie sich zu einem schmalen Streifen reduziert, wie es namentlich bei *L. agilis* beobachtet worden ist. Ebenso verschieden ist auch der Winkel am Knie. Meistens schlägt die Zahnleiste von hier aus einen zwar mesialen, aber etwas in die Höhe strebenden Kurs ein, wohingegen dieselbe bei *L. agilis* in noch relativ größerer Ausdehnung und unter Bildung eines mehr rechten Winkels angelegt wird, wenn man den bis zum Knie so ziemlich vertikal aufsteigenden und von dort sich zur Medianlinie wendenden Teil als Schenkel betrachtet, oder mit anderen Worten, der horizontale Ast der Zahnleiste liegt fast ganz parallel zum Mundhöhlenepithel. Neben dem ostentativ ausgesprochenen Knie bilden sich dann ab und zu noch kleine Hervorragungen und Schlängelungen der Leiste, welche aber ganz den gewöhnlichen Typus einhalten. Ähnlich verhält sich die Zahnleiste im Unterkiefer.

Die Bildung der Zahnanlagen vollzieht sich nicht nur an einem Punkte, wie es für gewöhnlich bei den höheren Wirbeltieren der Fall ist, sondern es kommen letztere regelmäßig an zwei Stellen der Zahnleiste zur Entwicklung, nie dagegen dreifach. Doch auch hierin zeigen sich Unterschiede. Allen gemeinsam ist die Bildung einer Zahnanlage in der Tiefe oder am Ende der Zahnleiste, ganz in der Weise, wie ich es oben beschrieben habe indem zunächst eine Wucherung der Epithelzellen stattfindet, die durch vordringende Bindegewebszellen eingestülpt wird und dann glockenartig diese zur Zahnpapille sich umwandelnden Zellen umgiebt.

So wie Fig. 3 die ersten dieser Bildungen darstellt, zeigt Fig. 4 die zweite Art. Hier hat sich ganz derselbe Prozeß vollzogen, nur an einem anderen Orte der Zahnleiste. Auf unserer Abbildung ist der Zahnkeim noch mit der Leiste in Verbindung und zwischen dem Knie und dem Ende derselben gelegen. Vielfach jedoch bietet das Knie selbst als ein sehr exponierter Punkt Anlaß zur Entwicklung der ersten Anlage, wie ich es wiederholt gesehen habe. Jedenfalls trifft man bald diese, bald jene Lage an, doch behält die Mitte der Leiste zwischen Knie und Ende immerhin den Vorrang. Besonders auffallend erschien dabei der Umstand, daß sich fast nie beide Arten der Zahnkeimbildung zugleich vorfanden, sondern zur Zeit immer nur eine einzige. Höchstens daß, wie z. B. in Fig. 4, neben der eigentlichen Zahnanlage bereits eine zweite im ersten Stadium der Entwicklung als kolbige Epithelverdickung vorhanden ist. Der Grund hierfür

liegt nicht in all zu großer Ferne. Wie oben bemerkt ist, stehen die Zähne sowohl bei den Sauriern wie bei den Ophidiern nicht gerade hintereinander, sondern meist in Zickzacklinie, d. h. ein Zahn gesellt sich dem andern als Nebenmann zu. So wird uns denn auch sofort klar, in welchem Zusammenhange diese zwei Entwicklungsformen mit der Stellung der Zähne stehen, so daß es kaum einer näheren Erörterung bedarf. Würden nur am Ende der Zahnleiste die Zähne zur Ausbildung kommen, so wäre es, ich will nicht gerade behaupten, ein Ding der Unmöglichkeit, eine derartige Stellung der Zähne zu erzielen, wohl aber würden dem große Schwierigkeiten entgentreten, da doch die Anzahl der Zähne keine geringe ist. Im anderen Falle müßten die Zähne einen Weg zurücklegen, um in den Zwischenraum zweier anderer zu gelangen, oder neben einen solchen. Diesem Platzwechsel ist durch das Entstehen der Zähne an zwei verschiedenen Stellen abgeholfen.

Mit skeptischem Blicke diesen eben geschilderten Vorgang zu betrachten, ist wohl ausgeschlossen. Und doch ist noch eine andere Auffassung berechtigt, so daß diese Art der Zahnkeimbildung so zu sagen unter Umständen zweien Faktoren gerecht wird. Ich will allerdings vorausschicken, daß der zweite Faktor weniger in Betracht zu ziehen ist.

Wie bekannt, besitzen z. B. *L. muralis* und *L. vivipara* für gewöhnlich nur auf dem Kiefer Zähne; es ist aber der Nachweis geführt, daß auch ab und zu das Flügel-Gaumenbein zahntragend ist, wie bereits oben berichtet ist. Ferner haben *L. agilis* und *L. viridis* beständig Zähne auf dem Gaumen, wie schon LEYDIG¹⁾ hervorhebt und ich selbst es bestätigen kann. Die Zahl dieser Zähne ist sehr beschränkt, MENGE²⁾ giebt sie nur auf 4 jederseits an, LEYDIG hält diese Schätzung für zu gering. Ich konnte nur einige wenige wahrnehmen. Da kann nun die Frage aufgeworfen werden, auf welche Weise bilden sich denn diese Gaumenzähne, mögen sie konstant oder bloß hin und wieder auftreten! Das steht fest, es existiert nur eine einzelne Zahnleiste, wie ich sie beschrieben habe, mag es sich um *L. muralis* oder *L. agilis* handeln. Hier liegt nun der Grund, der mich veranlaßt, den

1) LEYDIG, Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier. Tübingen 1872.

2) MENGE, Ueber *Lacerta agilis* und *crocea*. Neueste Schriften d. naturf. Gesellschaft in Danzig, Bd. 4, 1850.

doppelten Zahnanlagen eine weitere Bedeutung beizulegen. Die Lage der Zahnleiste ist bekanntlich der Art, daß sich das Ende derselben der Gaumengegend zuwendet. Es wäre hiernach die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß sich hier ein Zahnkeim loslöse und schließlich in ausgebildetem Zustande auf dem Palatinum aufwache. Daß dabei außer dem ersten Zahn dann noch mehrere zur Entwicklung kommen können, erscheint nach dem, was wir bei der Besprechung der Ersatzzähne zu bemerken haben werden, durchaus möglich. Die vom Knie sich ablösende Zahnanlage ist natürlich für den Kiefer bestimmt. Eines Grundes also entbehrt unsere Annahme keineswegs. Und doch läßt sich die Bildung von Zahnanlagen auf dem Palatinum noch auf eine andere Weise erklären, die wohl den Anspruch erheben darf, dem Thatsächlichen zu entsprechen.

Es ist gar nicht so selten, daß die Zahnleiste Sprossen aussendet, welche genau denselben Charakter haben, wie die Leiste selbst, und infolgedessen auch die gleiche Funktion haben können. Wenn nun auf einen solchen Ast der Reiz vom mesodermalen Bindegewebe aus in der üblichen Weise erfolgt, wie das bei der Anlage jeden Zahnes geschieht, so reagiert ohne Zweifel auch der Ausläufer, wie man diese Bildung nennen kann, in gleicher Weise und es entsteht ein Zahn. Auf diese Art kommen in der That mitunter Gaumenzähne zustande, wenn auch nur eine Zahnleiste vorhanden ist. KOLLMANN¹⁾ berichtet einen Fall, in dem an Stelle eines Weisheitszahnes beim Manne mehrere kleinere Zähne entstanden seien, und erklärt diese Erscheinung durch die Annahme, daß jede von der Zahnleiste abzweigende Epithelsprosse sich bis zur Bildung eines Zahnes weiterentwickelt habe. Beim Menschen kommen sog. *Dentes accessorii* gar nicht so selten vor. Sie sind sämtlich auf die hier angedeutete Weise zu erklären. Das Vorkommen dieser Zähne kann man schließlich den Gaumenzähnen bei den Eidechsen gleichstellen. Es schnüren sich vielfach auch hier von einem Schmelzorgane und einer Zahnpapille Partien ab, welche dann je wieder eine Zahnanlage abgeben.

Aus diesen Erwägungen ergibt sich die Möglichkeit, daß die Gaumenzähne der Eidechsen sich auf verschiedene Weise entwickeln können. Soviel aber ist jedenfalls sicher, daß das Vorkommen von Gaumenzähnen bei diesen Tieren vielfach als normal

1) KOLLMANN, Entwicklung der Milch- und Ersatzzähne beim Menschen. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool., 1870.

zu bezeichnen ist, und somit dann der Vergleich mit den beim Menschen beobachteten überzähligen Zähnen sehr nahe liegt.

Es scheint aber auch bei einigen Ophidiern ein Stadium der Entwicklung zu geben, in dem nur von einer Zahnleiste die Rede sein kann. Bei einem 5,6 cm langen Embryo der Ringelnatter fand sich nur eine einzige Zahnleiste vor, entsprechend der Kiefergegend; sie hatte sich nur ganz unbedeutend ins Bindegewebe eingestülpt. Etwas weiter vorgeschrittene Exemplare, deren Länge 6—7 cm betrug, wiesen dann eine Zahnleiste auf (Fig. 2), ganz von der Art, wie ich sie bei den Lacertiden beobachtete. Der einzige Unterschied bestand darin, daß der vertikale Ast von einer größeren Längenausdehnung war, auch an Breite überragte. Außerdem machten sich mehr Schlängelungen bemerkbar, häufig von ganz bedeutendem Umfange. Im übrigen zweigten sich die Zahnkeime in gleicher Weise wie bei den Lacertiden von der Leiste ab. Es ist ohne Frage, daß von dieser Leiste die ersten Zahnanlagen ausgehen, auch glaube ich der Vermutung Ausdruck geben zu können, daß keine Bildung einer weiteren Zahnleiste stattfindet. Denn Stadien von 11—12 cm — zu meinem großen Leidwesen fehlten mir die Zwischenstufen, so daß ich einen direkten Uebergang nicht zu Gesicht bekam — führten uns ein ganz anderes Bild vor. Nicht mehr eine Zahnleiste, sondern deren zwei jederseits, dem Kiefer und Gaumen zulaufend, strahlten vom Mundhöhlenepithel aus, in fast kerzengerader Richtung sich ins Mesoderm einsenkend. Es muß also die ursprüngliche Zahnleiste geschwunden und durch zwei andere ersetzt sein, die man dann als Ersatzleisten zu betrachten hat. Will man die Größenunterschiede in Betracht ziehen, so sind die zuletzt gebildeten bedeutend kleiner sowohl in Länge wie in Breite. Da die betreffenden Embryonen bereits Andeutungen von Skelettstücken zeigen, so ist vielleicht darin ein Grund zur Bildung zweier Zahnleisten gegeben. Fig. 5 führt uns die linke Oberkieferhälfte einer 12 cm langen Ringelnatter vor. Die Zahnleisten schlängeln sich ein wenig, doch trifft man sie gelegentlich auch vollkommen gerade an. Auch hier bilden sich die Zahnkeime, der eigentümlichen Zahnstellung gemäß, an zwei verschiedenen Punkten aus, und zwar fast immer so, wie die vorliegende Abbildung es zeigt. Im Gegensatz zu den Lacertiden und dem primären Verhalten der Ringelnatter sind solche doppelten Zahnanlagen hier nicht einmal selten zu beobachten. Oefter trifft man hier auch zwei Zähne nebeneinander an; der nach innen gelegene ist dann

aber in den meisten Fällen etwas kleiner. Die beiden Zahnleisten liegen derart neben dem sich bildenden Knochen, daß die Kieferleiste mesial vom späteren Maxillare, die Flügel-Gaumenleiste distal vom Pterygo-palatinum zu finden ist. Dem entspricht denn auch die Anlage der Zähne, welche stets an der dem Knochen zugewandten Seite der Leiste vor sich geht. Anders verhält es sich in betreff der ersten Bildung der Zahnleiste bei *Pelias berus*. Ueber die Zähne der Kreuzotter selbst sind schon viele Untersuchungen angestellt worden, so daß ich mich darauf beschränken kann, wenn irgend möglich einige Differenzen zu beseitigen, welche zwischen den Darstellungen von RÖSE¹⁾ und VOERCKEL²⁾ bestehen. RÖSE hat zunächst nur eine Zahnleiste vorgefunden, welche sich aber bald in zwei Zinken gabelt, von denen die eine die Bildung der Giftzähne übernehmen soll, während die andere die Gaumenzähne liefert. Dieser Befund stimmt nicht mit VOERCKEL'S Beobachtungen, welcher von vornherein für Gaumen und Kiefer gesonderte Zahnleisten gesehen hat. Um diesen Fall klar zu legen, will ich zunächst bemerken, daß es vor allem auf ganz frühe Stadien ankommt. Mir standen Embryonen von 5,5—6 cm Länge zur Verfügung, welche den Beweis lieferten, daß in der That zwei für Gaumen und Kiefer getrennte Zahnleisten vorkommen. Eine Bifurcation im Sinne RÖSE'S dagegen konnte nicht beobachtet werden.

Der zweite Unterschied betrifft speziell die Giftzähne. RÖSE spricht nur von einer einzigen Zahnleiste, welche den ersten Giftzahn bilde und dann über diesen hinaus als Ersatzleiste weiterfunktioniere. Dagegen hat VOERCKEL an derselben Stelle zwei Zahnleisten, welche einen gemeinsamen Ausgangspunkt haben, wahrgenommen. Die äußere soll die Anlage für den ersten Giftzahn liefern und sofort nach Abschnürung des Schmelzorgans verschwinden, während die innere sämtliche Ersatzzähne hervorgehen läßt, mithin zur Ersatzleiste wird. Auch hier muß ich VOERCKEL beipflichten. Ich glaube sogar ein noch etwas jüngeres Stadium untersucht zu haben, als es VOERCKEL gethan hat. Man sah auf mehreren Schnitten zuerst nur eine kleine Epitheleinsenkung, bis dann plötzlich ein zweiter Ast auftrat. Beide endeten gemeinsam im Schleimhautepithel. Die Erklärung dieser verschiedenen Auf-

1) RÖSE, Ueber die Zahnentwicklung der Kreuzotter. Anat. Anzeiger, Bd. 9, 1894.

2) VOERCKEL, Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Giftzähne von *Pelias berus*. Inaug.-Diss. Leipzig 1895.

fassungen liegt wohl in dem Umstande, daß RÖSE Embryonen untersucht hat, bei denen die Zahnleiste, welche den ersten Giftzahn hervorbringen soll, nicht mehr vorhanden war, da sie nach VOERCKEL bald nach Ausübung ihrer Aufgabe verschwindet.

Es war aber soeben und auch schon früher einmal die Rede von der Ersatzleiste, so daß ich im Anschluß an diese Erörterung noch darüber einige Worte vorbringen möchte, auf welche Weise denn eigentlich der Ersatz der Zähne bei den Reptilien zustande kommt. Während beim Menschen und bei den meisten Säugetieren nur ein einmaliger Ersatz für die ersten Zähne stattfindet, zeigen die niederen Wirbeltiere bekanntlich eine kontinuierliche Neubildung von Zähnen, indem die einen sich abnutzen und an ihre Stelle dann fortgesetzt neue treten. Bisweilen mag aber immerhin nur eine einmalige Zahnanlage vorkommen, wie denn z. B. RÖSE¹⁾ erwähnt, daß er beim Chamäleon keinen Zahnwechsel beobachtet habe. Dieselbe Erfahrung machte er bei Hatteria, obgleich hier eine wohlentwickelte Ersatzleiste hinter den aktiven Zähnen zu sehen war. Es bilden sich aber bei den Reptilien nicht alle Ersatzkeime auf dieselbe Art oder von derselben Leiste, vielmehr treten hier mancherlei Variationen auf. Bei den Eidechsen und der Blindschleiche wächst zunächst die Zahnleiste über die Anlage der ersten Zähne als Ersatzleiste weiter, sich noch eine Zeit lang beim ausgewachsenen Tiere erhaltend, wie es beim Menschen und bei den Säugetieren der Fall ist. Anders verhält es sich bei der Ringelnatter. Zuerst haben wir hier nur eine einzige Zahnleiste, welche die ersten Zähne liefert. Dann aber kommen in einem älteren Stadium zwei Leisten zum Vorschein. Es stülpt sich also neben der primären Zahnleiste vom Mundhöhlenepithel eine zweite, die sog. Ersatzleiste ein. RÖSE²⁾ freilich schreibt auch den Reptilien nur eine einzige Leiste zu, deren freies Ende dann als Ersatzleiste fortbesteht. Ebenso soll nach LEYDIG³⁾ bei den Krokodilen die Zahnleiste zeitlebens funktionsfähig bleiben, und viele Zahnreihen hintereinander folgen, wobei die Zähne sich nach innen an der Zahnleiste entwickeln.

1) RÖSE, Ueber die Zahnentwicklung vom Chamäleon. Anat. Anzeiger 1893.

2) RÖSE, Ueber die Zahnentwicklung der Reptilien. Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde. Aprilheft 1892.

3) LEYDIG, Ueber die Molche der württembergischen Fauna. TROSCHEL'S Arch. für Naturgeschichte, 1867.

SIRENA ¹⁾ berichtet ebenfalls, daß bei den Ophidiern die erste Zahnleiste zugleich als Ersatzleiste anzusehen sei, doch auch letztere sich neu vom Mundhöhlenepithel aus ins Bindegewebe erstrecke, wie es von mir bei der Ringelnatter nachgewiesen ist. Aehnlich erwähnt auch HEINCKE ²⁾, daß beim Hecht die Ersatzzähne auf dem Os palatinum frei vom Mundhöhlenepithel aus entstehen oder vom unteren Ende des Schmelzorganes noch im Zahnsäckchen befindlicher Zähne sich abzweigen können.

Auf diese Verhältnisse ist übrigens bereits oben hingedeutet worden, wo gesagt ist, daß die Gaumenzähne der Eidechse, sobald nur erst deren einige vorhanden sind, einer weiteren Verbreitung fähig seien, ohne daß eine besondere Zahnleiste existiert. Auch bei älteren Ringelnattern ist keine Spur von Zahnleiste zu erblicken. Gleichwohl aber entstehen immer neue Zähne, die denn teils auf die soeben angegebene Weise zur Ausbildung gelangen, teils aber auch eine andere Entstehung haben. Im besten Falle wird nämlich die Zahnleiste von Bindesubstanz durchwachsen, so daß sie Unterbrechungen erleidet und sich allmählich in kleine Haufen von Epithelzellen auflöst, welche dann zerstreut im Gewebe umherliegen. Wir nennen solche Ueberreste der früheren einheitlichen Zahnleiste Epithelnester. Diese sind es dann, welche unter den dazu nötigen Bedingungen sich zu einem Schmelzorgan gestalten, indem das unterliegende Bindegewebe in Papillenform in sie hineinwächst. Der weitere Verlauf der Entwicklung entspricht dabei ganz dem gewöhnlichen Schema. Von diesem Schmelzorgan können sich dann wieder neue Teile absondern und Anlaß zu einer neuen Zahnbildung geben. So ist denn keine Grenze für die Neubildung gezogen und ein fortwährender Ersatz von Zähnen möglich.

Das Schmelzorgan.

Wie wir gesehen haben, besteht die erste Anlage eines Zahnkeimes aus der durch Verdichtung der Bindegewebszellen entstandenen Zahnpapille und dem sie umgebenden epithelialen Mantel, welcher aus Wucherungen der Zahnleiste hervorgegangen ist.

1) SIRENA, Ueber den Bau und die Entwicklung der Zähne bei den Amphibien und Reptilien. Verh. d. phys.-med. Gesellsch. in Würzburg, 1872.

2) HEINCKE, Untersuchungen über die Zähne niederer Wirbeltiere. Inaug.-Diss. Leipzig 1873.

Dieser Mantel nun setzt sich auf seiner frühesten Bildungsstufe aus einer äußeren und inneren Lage zusammen, aus Cylinderzellen, welche teils direkt der Papille aufliegen (innere Lage), teils auch den Mantel äußerlich umgrenzen (äußere Lage). Der Zwischenraum zwischen beiden Lagen ist mit rundlichen Zellen gefüllt, so daß das Ganze dem Zellaufbau der Zahnleiste entspricht. An der Basis der Papille gehen die beiden Lagen, welche auch als „äußeres“ und „inneres“ Epithel des Schmelzorgans bezeichnet werden, in einander über.

Schon nach kurzer Zeit aber treten gewisse Veränderungen und Umwandlungen der Zellen auf, welche dem ganzen Organ schließlich die Fähigkeit verleihen, die von der Natur ihm zuerteilte Aufgabe, nämlich die Bildung des Schmelzes, zu erfüllen. Wenn bisher in der Litteratur vom Schmelzorgan die Rede war, so bezieht sich diese Benennung sowohl auf das innere wie äußere Epithel, doch steht, wie wir alsbald sehen werden, mit der eigentlichen Schmelzbildung nur das innere Epithel in Zusammenhang. Um jeden Irrtum zu vermeiden und auch eine kurze Ausdrucksweise anzuwenden, nenne ich infolge die Zellen des inneren Epithels „Ameloblasten“ oder „Ganoblasten“, Ausdrücke, die schon lange Zeit der Wissenschaft einverleibt sind und doch nur wenig zur Geltung kamen, obgleich die Funktion der Zellen in dem Worte deutlich klargelegt ist.

Dem äußeren Epithel liegt zunächst das Zahnsäckchen an, welches den ganzen Keim umgiebt und aus einer Lage fester und dicht gedrängter Bindegewebsfasern besteht. Es sticht auffallend vom übrigen Bindegewebe ab, existiert aber nicht lange, sondern wird reduziert und verschmilzt schließlich mit dem übrigen Gewebe.

Die cylindrischen Zellen des äußeren Epithels gehen, falls sie überhaupt typisch ausgeprägt, schon früh eine Formveränderung ein, indem sie sich in rundliche Zellen umwandeln. Aber auch diese haben keine lange Existenz. Bald behalten sie ihren runden Charakter bei, bald platten sie sich mehr oder minder ab. Fig. 10 zeigt, daß die Zellen in der Nähe der Zahnleiste noch Cylinderform bewahrt haben, während sie weiter unten bereits rundlich erscheinen. An der Basis setzen sie sich in die Ameloblastenschicht fort, wie es Fig. 4 beweist. Daß Fig. 9 und 10 ein etwas anderes Bild bieten, liegt eben an der Schnittrichtung.

Die zwischen den beiden Zellenlagen sich befindlichen runden Zellen, die ja dem Füllsel der Zahnleiste homolog sind, verlieren ebenfalls vollständig ihre ursprüngliche Form und nehmen eine

mehr längliche an. Irgendwelche Verbindung dieser Zellen unter sich und mit denen des äußeren und inneren Epithels konnte ich nicht entdecken. Wenn KOLLMANN¹⁾, WALDEYER²⁾ und andere bei den Säugetieren und beim Menschen eine Umwandlung in sternförmige Zellen beschreiben, ist ein Zweifel an der Existenz derselben für die genannten Tiere nicht zulässig. In diesem Falle spricht man dann von einer Schmelzpulpa, der vielfach eine Bedeutung bei der Schmelzbildung beigelegt wird. KÖLLIKER³⁾ will derselben eine die Ameloblasten ernährende Thätigkeit beimessen, während WALDEYER sie nur als transitorisch auffaßt. Nach SIRENA, HEINCKE, LEYDIG, OWEN, HERTWIG, TOMES, VOERCKEL fehlt eine derartige Pulpa sämtlichen niederen Wirbeltieren.

RÖSE dagegen behauptet, daß die Schlangenzähne ebenso wie die der Krokodile und Chamäleoniden vorübergehend eine sternzellige Schmelzpulpa aufzuweisen haben, während er solche bei den Eidechsen nicht entdecken konnte. Auch LECHE fand dieselbe bei Inguana, doch soll sie hier später auftreten als bei den Säugetieren. Nach meinen Untersuchungen muß man annehmen, daß eine Schmelzpulpa bei den Sauriern und Ophidiern überhaupt nicht in Betracht kommt. Die anfangs rundlichen Zellen nehmen nie Sternform an, sondern werden nur länglich oval. Darauf deutet denn auch die Angabe von RÖSE, daß die Schmelzpulpa nach dem Verluste des äußeren Epithels von den Spindelzellen des Bindegewebes durchsetzt werde.

Es entspricht das insofern vollkommen meinen Beobachtungen, als schließlich von einer Schmelzpulpa überhaupt nicht mehr die Rede sein kann, indem die Ameloblasten direkt vom Bindegewebe mit seinen spindelförmigen Zellen umgeben sind.

Die Existenz des äußeren Epithels und der zwischen den beiden Lagen befindlichen länglichen Zellen ist also nur von kurzer Dauer. Bei der Ringelnatter gehen sie schon sehr früh zu Grunde, während sie bei der Blindschleiche und Eidechse bedeutend länger erhalten bleiben. An ihre Stelle treten dann die spindelförmigen Bindegewebszellen, nur vereinzelt sieht man noch kleine Reste des ehemaligen äußeren Epithels, wie es in Fig. 8 dargestellt ist.

1) KOLLMANN, Entwicklung der Milch- und Ersatzzähne beim Menschen. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, 1870.

2) WALDEYER, Bau und Entwicklung der Zähne. STRICKER'S Handbuch der Gewebelehre, 1871.

3) KÖLLIKER, Gewebelehre, 5. Aufl., 1868.

Ueber die Funktion des äußeren Epithels herrschen ebenso, wie über die der Schmelzpulpa, viele Meinungsverschiedenheiten. Ich lege demselben keine besondere Bedeutung bei. Allenfalls könnte es samt dem Füllsel der Ameloblastenschicht als Stütze dienen, bis diese genügende Festigkeit und Ausbildung erlangt hat. Zur Begründung dieser Annahme kann der Umstand angeführt werden, daß die Zellen erst dann obliterieren, sobald für die Ameloblasten die nötigen Bedingungen zur Schmelzbildung vorhanden sind.

Ursprünglich sind die Cylinderzellen des „inneren Epithels“ nur von geringer Größe und nicht immer typisch ausgeprägter Form, so daß sie sich nur unbedeutend vom äußeren Epithel unterscheiden. Erst allmählich tritt bei ihnen ein Längenwachstum auf, welches vielfach große Dimensionen annimmt, während die Breitenzunahme nur ganz gering und kaum in Betracht zu ziehen ist. Die Schmelzbildner liegen fast immer regelmäßig angeordnet, eine Zelle neben der anderen in einer Lage. Nur an der Spitze, und zwar besonders bei den Eidechsen, verstärkt sich die Zahl der Zellen, indem über der dem Zahnbein aufliegenden Schicht noch weitere Zellen ungeordnet sich vorfinden. Es ist auch nicht zu verwundern, da bei diesen Tieren, wie schon oben bemerkt, der Schmelz zum größten Teil nur die Spitze bedeckt und bei den Lacertiden noch dazu eine beträchtliche Dicke erreicht. Das Protoplasma ist feinkörnig und enthält einen schönen ovalen Kern, welcher an dem der Papille abgewandten Ende der Zelle gelegen ist. Die Kerne liegen nicht alle in gleicher Höhe, ab und zu nähern sie sich mehr der Mitte, so namentlich an dem seitlichen unteren Teile der Schmelzmembran. Dabei zeigen sie durchweg an allen Stellen die gleiche Breite; nur in der Nähe des Kernes buchten sie sich ein wenig aus. Nach der Basis des Zahnkeimes nehmen die Ameloblasten an Größe und Cylinderform ab, bis sie schließlich als runde Zellen in das äußere Epithel übergehen. Der Raum, welcher in den Abbildungen zwischen Ameloblasten und dem abgelagerten Dentin gezeichnet wurde, ist nur ein Kunstprodukt. Allerdings sieht man in demselben mitunter mattkonturierte Streifungen, welche die Konturen der Zelle wiedergeben und als die Köpfe derselben anzusehen sind, doch dürfte darauf kein besonderes Gewicht zu legen sein.

Was nun den eigentlichen Vorgang der Schmelzbildung betrifft, so stehen sich hier zwei Ansichten gegenüber. Der Repräsentant der Transformationstheorie ist namentlich WALDEYER, dem

sich im großen und ganzen auch HERTZ¹⁾ anschließt. Die Ameloblasten sollen dabei Kalksalze aufnehmen und sich unter Veränderung ihres Inhaltes direkt in die Schmelzprismen umwandeln. Die zweite Theorie dagegen, welche von KÖLLIKER und KOLLMANN²⁾ vertreten wird, beruht darauf, daß die Zellen eine Substanz ausscheiden, welche durch Aufnahme von Kalksalzen zu Schmelz wird. Die meisten Anhänger hat KÖLLIKER gefunden, dem auch ich mich anschließe, soweit mir überhaupt nach meinen Untersuchungen und Erfahrungen hierüber eine bestimmte Meinung zusteht.

Der Schmelz ist nichts anderes als ein Ausscheidungsprodukt der Epidermiszellen und muß den Cuticularbildungen zugezählt werden, wie sie uns so häufig, besonders bei niederen Tieren entgentreten. Je nach den Verhältnissen können die Zellen bei dieser Ausscheidung verschiedene Formen annehmen, wie in unserem Falle eine Cylinderform. Wir brauchen hier nur die Panzer unserer Insekten und Krebse heranzuziehen, welche aus Chitin bestehen, oder Schalen der Muscheln und Schnecken, die eben solche cuticulare Skelettstücke darstellen. Wie diese, so ist auch die Oberfläche der Zähne, der Schmelz, eine fest gewordene Cuticula. Eine Schicht nach der anderen wird dabei abgelagert; die unter der Epidermis, oder in unserem Falle unter den Ameloblasten liegende Schicht ist natürlich die jüngste. Dabei kommen denn auch gar verschiedene Strukturen in diesen Cuticularbildungen zustande. Wie es Muschelschalen giebt, die sich aus Krystallen zusammensetzen, so besteht auch der Schmelz keineswegs aus einer homogenen Grundsubstanz, es zeigen sich darin Streifungen, die bei den Schlangen z. B. in querer Richtung, bei den Eidechsen teilweise im Bogen verlaufen, beim Menschen aber ausgesprochene Prismen gegen einander absetzen.

Da der Schmelz nur eine bestimmte Stärke erreicht, so werden nach Bildung desselben die Ameloblasten überflüssig und verschwinden durch Obliteration auf dieselbe Weise, wie es bei anderen Organen und Gewebsteilen zu beobachten ist.

Ebenso wie die Genese des Schmelzes bildet auch die des Schmelzoberhäutchens eine Streitfrage. Nach WALDEYER und KÖLLIKER soll sich diese Membran aus dem äußeren Teil des Schmelzorganes entwickeln, während TOMES sie für eine Aus-

1) HERTZ, Untersuchungen über den feineren Bau und die Entwicklung der Zähne. VIRCHOW'S Arch., Bd. 37, 1866.

2) KOLLMANN, Entwicklung der Milch- und Ersatzzähne beim Menschen. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, 1870.

scheidung des Zahnsäckchens erklärt. KOLLMANN behauptet, daß das Schmelzoberhäutchen eine aus vielen Zellendeckeln bestehende Membran ist. Diese Deckel sollen nach vollständiger Bildung des Schmelzes auf der Zahnoberfläche sitzen bleiben und verkalken.

Doch auch hier bin ich anderer Ansicht. Das Schmelzoberhäutchen erscheint mir ebenfalls als eine Ausscheidung der Ameloblasten, ganz in demselben Sinne wie der Schmelz selbst es ist. Es ist nur eine andere Schicht, vielleicht von einer anderen Zellenlage, etwa von einer jüngeren abgesondert, so daß man es immerhin noch als einen integrierenden Teil des Schmelzes bezeichnen könnte, wie denn auch die Cuticularbildungen anderer Tiere eine derartige Differenzierung aufweisen.

Die Dentinbildung.

Das Dentinorgan, welches histologisch in der frühesten Zeit seiner Entwicklung aus verdichtetem Bindegewebe besteht, nimmt später, sobald die Zahnkeimbildung zustande gekommen ist, die Form einer Papille an, welche, bis auf die Basis, vom Schmelzorgane umgeben ist. Schon im ersten Stadium der Papille bemerken wir, daß die Bindegewebskörperchen sämtlich die Form von großen runden Zellen besitzen. Sie enthalten einen schön ausgeprägten runden Kern. Solange noch kein Zahnbein gebildet wird, bewahren sie diesen ihren Charakter. Nach geraumer Zeit treten dann feine Capillaren von unten her in die Papille ein, um den Zellen Nahrungsmittel zuzuführen. Die Gestalt der Papille richtet sich vollkommen nach der des zu bildenden Zahnes.

Sobald die Zahnbeinbildung vor sich gehen soll, beginnt auch eine Metamorphose der histologischen Elemente. Während die Zellen in der Mitte und Tiefe der Papille ihre runde Form behalten, wandeln sich die höher liegenden, also diejenigen, welche der Schmelzmembran am nächsten sind, zu Spindelzellen oder Odontoblasten um. Den runden Zellen zugewandt ist an ihnen eine kolbenförmige Ausweitung zu unterscheiden, gewissermaßen der Kopf der Zelle, in dem ein großer ovaler Kern gelegen ist. Vom Kopfe aus verjüngt sich die Zelle zusehends und läuft schließlich in einen ganz feinen Faden aus, der späteren TOMES'schen Faser. Diese Zellen liegen nicht so regelmäßig angeordnet wie die Ameloblasten, sondern keilen sich vielfach ineinander ein. Auch giebt

nicht jeder Schnitt ein so klares Bild von der Gestalt der Odontoblasten, wie Fig. 10. Bisweilen kommen die Fasern gar nicht zu Gesicht; die Zellen nehmen sich dann mehr cylindrisch aus. Die typische Spindelform mit ihren Ausläufern zeigt immer nur die oberste Lage, nach der Mitte zu bleiben die Zellen rund, indem sie sich erst nach und nach mit dem weiteren Vorrücken der Dentinbildung zu Odontoblasten umändern, wie wir gleich sehen werden.

Was nun den eigentlichen Entwicklungsmodus des Zahnbeines aus dem Dentinorgan betrifft, so weichen darüber wie beim Schmelz die Ansichten von WALDEYER und KÖLLIKER auseinander. Ich will von vornherein erwähnen, daß ich mich auch in diesem Falle der Sekretionstheorie anschließe. LEYDIG¹⁾ dagegen rechnet auch die Dentinbildung bei Amphibien und Reptilien zu den Cuticularbildungen, zu denen ja bekanntlich vielfach auch die Zähne niederer Tiere, die bald als Horn-, bald als Knorpelzähne aufgefaßt werden, gehören.

Doch LEYDIG ist hier im Irrtum. Die Funktion des äußeren und inneren Epithels bei der Schmelzbildung hat er verkannt und der Papille scheint er jegliche Rolle bei der Dentinbildung abzuspochen. Wozu dieselbe sonst dienen mag, wird nicht erwähnt. Es darf übrigens nicht übersehen werden, daß LEYDIG auch sonst mehrfach die Intercellularsubstanz des Bindegewebes mit den cuticularen Abscheidungen zusammenstellt. Vielleicht ist den damaligen Untersuchungsmethoden zuzuschreiben, daß LEYDIG auf einen falschen Weg geführt wurde. Sonst hätte er deutlich bemerken müssen, daß die TOMES'schen Fasern von den Odontoblasten ausgehen und sich ins abgelagerte Dentin hinein verfolgen lassen. Bei den meisten meiner Schnitte befindet sich zwischen Ameloblasten und Dentin der bereits erwähnte freie Raum, der wohl gleichfalls ein Zeichen der Zusammengehörigkeit von Papille und Zahnbein abgiebt. Auch bei den Eidechsen gehört nach LEYDIG die Zahnschubstanz ihrer Entstehung nach dem Epithel der Schleimhaut an. Es ist jedoch hinlänglich nachgewiesen, daß das Zahnbein ein Produkt der Pulpa ist. Es wird ebenso wie von den Ameloblasten auch von den Odontoblasten eine Substanz ausgeschieden, welche durch Aufnahme von Kalksalzen zu dem festen Dentin wird.

1) LEYDIG, Die Zähne einheimischer Schlangen nach Bau und Entwicklung. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 9, 1873.

Die Absonderung geht nur von der obersten Schicht aus, indem das Protoplasma der Zellen zu den Dentinröhrchen und die von der Zelle ausgehende Fibrille zur TOMES'schen Faser sich gestaltet. Der Kern schwindet, es rücken von unten her neue Zellen vor, die sich dann wieder zu spindelförmigen Odontoblasten umbilden und dem gleichen Prozeß wie ihre Vorgänger unterliegen. Der Zellenreichtum ist sehr groß, denn die Vermehrung der Zellen ist eine zahlreiche; sie erhalten sich sogar, natürlich durch Neubildung, eine Zeit lang hindurch und sind dabei imstande, fortwährend neues Dentin zu produzieren. Man sieht deutlich (Fig. 10), wie die Ausläufer der Zellen sich noch eine Strecke ins abgelagerte Zahnbein hinein fortsetzen; stellenweise kann man sie bis zur Spitze des Zahnes verfolgen. Sie sind von einer helleren Dentinzone umgeben, die sich merklich von der übrigen Grundsubstanz abhebt; dieselbe stellt natürlich nichts anderes dar als das spätere Röhrchen. In betreff der NEUMANN'schen Scheiden bin ich zu keinem Resultate gelangt, doch hege ich die Vermutung, daß sie aus den Zellenmembranen hervorgeht.

Die bei Säugetieren so häufig erwähnte Membrana praeformativa, welche man bald zwischen Dentin und Schmelz, bald auf der Oberfläche der Odontoblasten gesehen haben wollte, ist nach meinen Beobachtungen nicht vorhanden, wie denn überhaupt die Existenz derselben heutzutage vielfach bestritten wird. Wir haben es jedenfalls darin nur mit einem Kunstprodukt zu thun.

Aufwachsen und Resorption der Zähne.

Zum Schluß möchte ich noch einige wenige Worte über das Aufwachsen und Abstoßen der Zähne sprechen, wobei ich mich allerdings mehr auf litterarische Angaben, als auf eigene Beobachtungen stütze.

Es ist zur Genüge bekannt, daß bei den niederen Wirbeltieren nicht nur die Anzahl der aufgewachsenen Zähne eine sehr bedeutende ist, sondern daneben auch mehr oder minder zahlreiche noch in der Schleimhaut des Kiefers zerstreut gefunden werden. Das Leben eines solchen Zahnes ist nicht von allzu langer Dauer, er wird nach längerer oder kürzerer Zeit abgestoßen. An seine Stelle tritt dann ein bisher in der Schleimhaut versteckter Reservezahn, welcher natürlich schon vollkommen ausgebildet sein muß. Es ist nicht immer der Fall, daß er genau denselben Platz ein-

nimmt wie sein Vorgänger, man sieht vielfach, daß der Nachfolger neben einer Vertiefung steht, welche von dem eben ausgefallenen Zahne her stammt. Der nächstfolgende verbindet sich dann vielleicht mit dem Knochen an der Einsenkungsstelle. Die Verwachsung geht in der Weise vor sich, daß beide Gewebe, Zahnbein und Knochen, die doch nahe verwandt sind, Fortsätze aussenden, die miteinander verschmelzen und verkleben, so daß ein ununterbrochener Zusammenhang entsteht. Die Verwachsung würde nicht eintreten, sobald bei diesen Tieren die sog. Epithelscheide, welche ja die Fortsetzung des Schmelzorganes ist, vorhanden wäre und weiter in die Tiefe wachse. Auf diese Weise erklärt auch RÖSE das Wurzelwachstum bei den Krokodilen. Das Zahnbein geht bei den mit dem Knochen verbundenen Zähnen fast ohne jegliches Merkmal in den Knochen über, wenn auch die Zahnröhrchen lange nicht so zahlreich im unteren Teile vertreten sind, als sonst.

Ueber die Abstoßung der Zähne herrschen unter den Forschern manche Meinungsverschiedenheiten. Die einen glauben, z. B. OWEN, daß der neue Zahn gegen die Basis seines Vorgängers andrückt, denselben unterminiert und schließlich zum Ausfall bringt. Andere wieder behaupten, daß durch das Vordringen des jungen Zahnes die Pulpa des alten abstirbt und schließlich der Zahn wie ein Fremdkörper ausgestoßen wird. Noch andere lassen eine Resorption des Zahnes durch Osteoclasten entstehen, die in den sog. HOWSHIP'schen Lakunen eingebettet sind. Dadurch soll denn allmählich eine Lockerung herbeigeführt und der Zusammenhang unterbrochen werden. Dieser Ansicht ist auch HERTWIG¹⁾, während er dem Ersatzzahn jedwelche Schuld an der Resorption abstreitet, da die Zerstörung der alten Zähne an der Innenseite und Basis erfolgen müßte, was nicht der Wirklichkeit entspricht. Gerade im Gegenteil soll dabei die Außen- und Seitenwand in Mitleidenschaft gezogen werden. HERTWIG stellt sogar die Behauptung auf, daß bei den niederen Wirbeltieren der Ausfall als primär zu betrachten ist und der „so ungemein lebhaft Ersatz“ erst davon abhängt.

1) O. HERTWIG, Ueber das Zahnsystem der Amphibien und seine Bedeutung für die Genese des Skeletts der Mundhöhle. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 9, 1874.

Litteraturverzeichnis.

- 1) CUVIER, Leçons d'anatomie comparée. Uebersetzung, III. Teil, Leipzig 1810.
- 2) BORN, Bemerkungen über den Zahnbau der Fische. HEUSINGER's Zeitschr. f. org. Physik, Bd. 1, 1827.
- 3) RETZIUS, Bemerkungen über den inneren Bau der Zähne. MÜLLER's Archiv, 1837.
- 4) OWEN, Odontography, 1840—1845.
- 5) WALDEYER, Bau und Entwicklung der Zähne. STRICKER's Handb. d. Gewebelehre, 1871.
- 6) KÖLLIKER, Untersuchungen zur vergleichenden Gewebelehre. Würzb. Verhandl., Bd. 8.
- 7) — Gewebelehre, 5. Aufl., 1868.
- 8) KOLLMANN, Entwicklung der Milch- und Ersatzzähne beim Menschen. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, 1870.
- 9) HERTZ, Untersuchungen über den feineren Bau und die Entwicklung der Zähne. VIRCHOW's Archiv, Bd. 37, 1866.
- 10) SIRENA, Ueber den Bau und die Entwicklung der Zähne bei den Amphibien und Reptilien. Verh. der phys.-med. Ges. in Würzburg, 1872.
- 11) LEYDIG, Die Zähne einheimischer Schlangen nach Bau und Entwicklung. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 9, 1873.
- 12) — Ueber die Molche der württembergischen Fauna. TROSCHEL's Arch. f. Naturgeschichte, 1867.
- 13) — Die in Deutschland lebenden Arten der Saurier. Tübingen 1872.
- 14) HEINCKE, Untersuchungen über die Zähne niederer Wirbeltiere. Inaug.-Diss., Leipzig 1873.
- 15) HERTWIG, O., Ueber den Bau und die Entwicklung der Placoid-schuppen und der Zähne der Selachier. Jen. Zeitschr. für Naturw., Bd. 8, 1874.
- 16) — Ueber das Zahnsystem der Amphibien und seine Bedeutung für die Genese des Skeletts der Mundhöhle. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 11, 1874.
- 17) RÖSE, Ueber die Zahnentwicklung der Reptilien. Deutsche Monatsschr. f. Zahnheilkunde, Aprilheft 1892.
- 18) — Ueber die Zahnentwicklung der Kreuzotter. Anat. Anz., Bd. 9, 1894.
- 19) — Das Zahnsystem der Wirbeltiere. Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte, herausgegeben von FR. MERKEL und R. BONNET.
- 20) — Ueber die Zahnleiste und die Eischwiele der Sauropsiden. Anat. Anz., 1892.
- 21) — Ueber die Zahnentwicklung vom Chamäleon. Anat. Anz., 1893.
- 22) — Ueber die Zahnentwicklung der Krokodile. Verhandl. der anat. Gesellsch., 1892.
- 23) — Ueber die Entwicklung der Zähne des Menschen. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 38.

- 24) SACHSE, Beiträge zur Kenntnis der Entwicklung der Schneidezähne bei *Mus musculus*. Inaug.-Diss., Leipzig 1894.
- 25) TOMES, On the Structure and Development of the Teeth of Ophidia, 1874. Proceedings of the Royal Society of London, Vol. XXIII.
- 26) — London, Phil. Transact. 1849, 1850.
- 27) LECHE, Ueber die Zahnentwicklung von *Iguana tuberculata*. Anat. Anz., 1893.
- 28) — Studien über die Entwicklung des Zahnsystems bei den Säugetieren. Morphol. Jahrbuch, Bd. 19, 1892.
- 29) VOERCKEL, Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Giftzähne von *Pelias berus*. Inaug.-Diss., Leipzig 1895.
- 30) MENGE, Ueber *Lacerta agilis* und *crocea*. Neueste Schriften d. naturf. Gesellschaft in Danzig, Bd. 4, 1850.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XI.

Sämtliche Zeichnungen sind sehr stark vergrößert.

Fig. 1. Querschnitt durch die rechte Oberkieferhälfte von *Anguis fragilis*. *ME* Mundhöhlenepithel, *ZL* Zahnleiste, *BG* Bindegewebe, *K* Knochen, *B* Blutgefäß.

Fig. 2. Querschnitt durch die linke Oberkieferhälfte von *Tropidonotus natrix* (5,6 cm). *ME* Mundhöhlenepithel, *ZL* Zahnleiste, *CbE* Cuboidalepithel, *CE* Cylinderepithel, *BG* Bindegewebe.

Fig. 3. Querschnitt durch die rechte Oberkieferhälfte von *Lacerta muralis*. *ME* Mundhöhlenepithel, *ZL* Zahnleiste, *ZK* Zahnkeim, *KV* Kolbige Verdickung der Zahnleiste, *BG* Bindegewebe.

Fig. 4. Querschnitt durch die linke Oberkieferhälfte von *Anguis fragilis*. *ME* Mundhöhlenepithel, *ZL* Zahnleiste, *K* Knochen, *ZA* Zahnanlage, *B* Blutgefäß.

Fig. 5. Querschnitt durch die linke Oberkieferhälfte von *Tropidonotus natrix* (12 cm). *ME* Mundhöhlenepithel, *ZLM* Zahnleiste für Maxillare, *ZLP* Zahnleiste für Palatinum, *ZA* Zahnanlage, *Kn* Knorpel, *K* Knochen.

Fig. 6. Teil eines Schlifffes von einem Schlangenzahn. *S* Schmelz, *C* Cuticula, *D* Dentinröhrchen, *Cl* Konturlinien.

Fig. 7. Teil eines Zahnschliffes von *Lacerta agilis*. *S* Schmelz, *D* Dentinröhrchen, *Cl* Konturlinien.

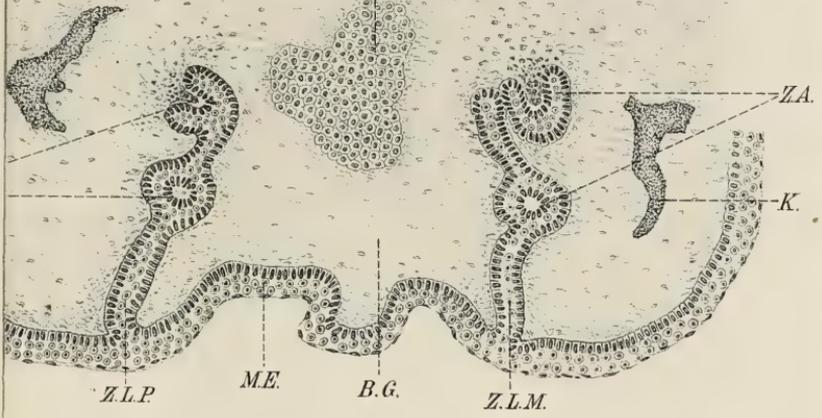
Fig. 8. Querschnitt durch einen Zahnkeim von *Tropidonotus natrix*. *Sm* Schmelzmembran, *ZP* Zahnpapille, *ZS* Zahnsäckchen, *RÄE* Rest des äußeren Epithels.

Fig. 9. Längsschnitt durch einen Zahnkeim von *Anguis fragilis*. *AS* Ameloblastenschicht, *ÄE* äußeres Epithel, *F* Füllsel, *D* Dentin, *ZP* Zahnpapille, *ZS* Zahnsäckchen.

Fig. 10. Längsschnitt durch einen Zahnkeim von *L. muralis*, *AS* Ameloblastenschicht, *ÄE* äußeres Epithel, *ZP* Zahnpapille. *O* Odontoblasten, *TF* TOMES'sche Faser, *D* Dentin, *ZL* Zahnleiste.

5.

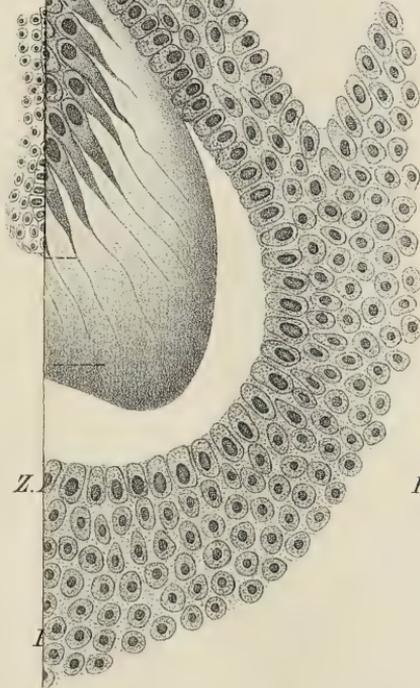
Kn.



7

B.G.

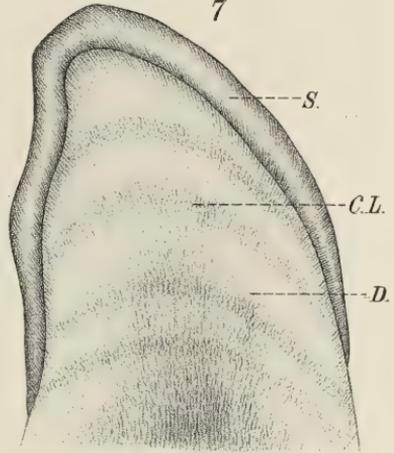
Z.P.



S.

C.L.

D.



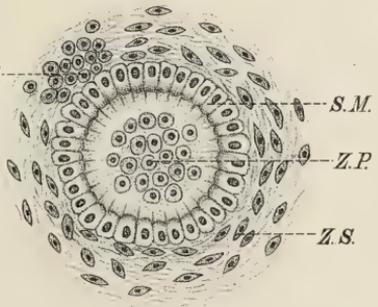
8.

R.A.E.

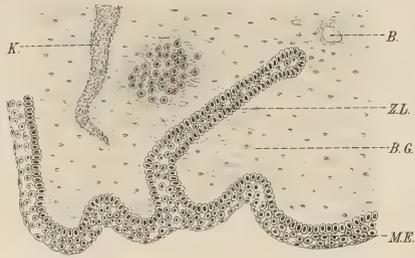
S.M.

Z.P.

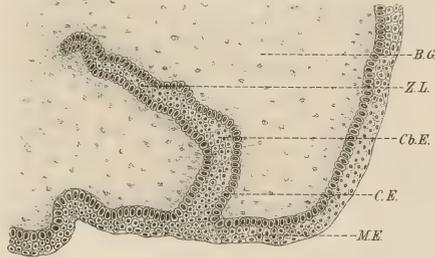
Z.S.



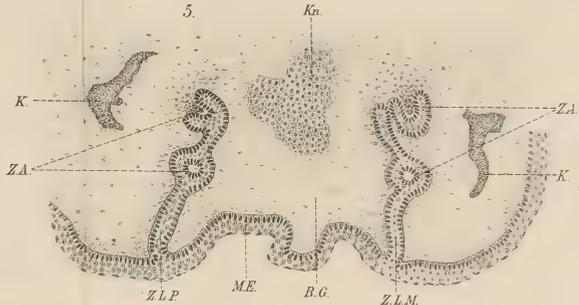
1.



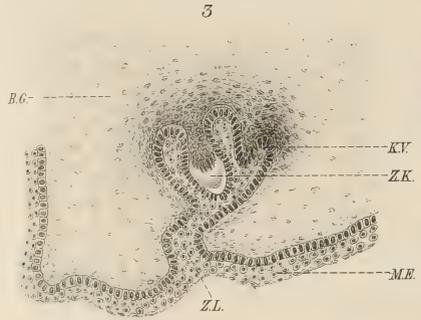
2.



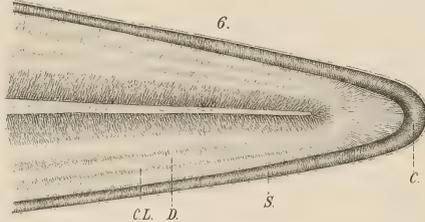
3.



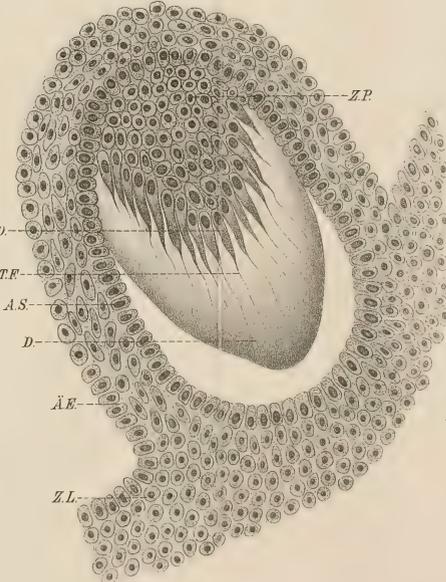
3.



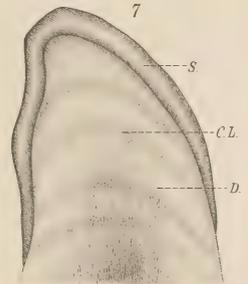
6.



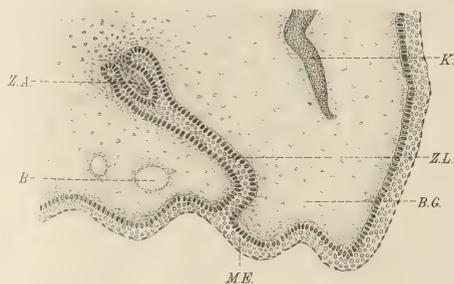
10.



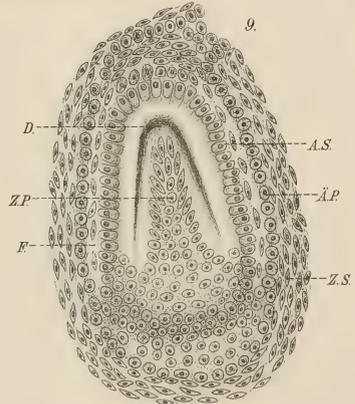
7.



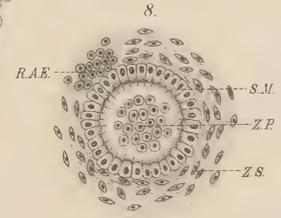
4.



9.



8.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: [NF_25](#)

Autor(en)/Author(s): Levy Hugo

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntnis des Baues und der Entwicklung der Zähne bei den Reptilien. 313-346](#)