

Sitzungsberichte

der

mathematisch - physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band I. Jahrgang 1871.

München.

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

1871.

In Commission bei G. Franz.

Herr Voit legt eine Abhandlung von Prof. Kollmann
„Ueber Linien im Schmelz und Cement der
Zähne“

vor.

In der Mittheilung über die Structur der Elephantenzähne¹⁾ habe ich die Ansicht ausgesprochen, dass die sich kreuzenden Wellen der Zahnröhrchen ebenso die concentrischen dicht stehenden Knickungen derselben durch einen periodisch gesteigerten Druck hervorgebracht würden. Es wurde gleichzeitig bemerkt, dass Knickungen der Kanälchen beinahe in den Zähnen aller Thiere in höherem oder geringerem Grade zu finden seien, und dass in all' diesen Fällen ihr Ursprung auf Druckschwankungen während der Entstehung des Zahnbeines zurückgeführt werden müsse und nicht, wie früher angenommen wurde, auf eine schichtenweise Ablagerung.

Eine bedeutende Stütze wird diese meine Ansicht dadurch erfahren, dass ich die Existenz ähnlicher Linien auch in dem Schmelz und Cement nachweise; denn man wird mit Recht erwarten, dass Druckerscheinungen nicht allein auf die substantia eburnea beschränkt bleiben können, sondern auch in den übrigen Substanzen auftreten müssen.

Linien im Schmelz (Substantia adamantinae).

Es liegen viele Angaben vor über bestimmte Linien im Schmelz. Die Handbücher erwähnen seit Retzius brännlicher

1) Diese Berichte Novembersitzung 1871.

Linien oder farbiger gleichlaufend übereinander liegender Streifen. Sie sind zwar fein und dicht gestellt, doch ist weder die Stärke noch der Abstand gleich. An Querschnitten schmelzfaltiger Zähne gibt sich leicht Gelegenheit, die der Oberfläche des Zahnbeines parallelen Linien zu constatiren (Pferd). Aber auch bei den einfachen Zähnen macht der Nachweis dieser Linien nicht die geringsten Schwierigkeiten. Im Stoss- und Backzahn des Ebers sind sie so scharf gezeichnet, als wären sie mit dem Griffel gezogen. Die Zähne der Hunde, der Affen, der Nager, des Menschen zeigen im Schmelz dieselben Streifen.

Auf Längsschnitten findet man ähnliche Linien und bei genauerer Untersuchung stellt sich heraus, dass sie mit denen auf dem Querschnitt identisch sind. Ihr Verlauf ist, möge der Schnitt nun sagittal oder frontal angefertigt sein, der Oberfläche der Krone parallel. Man darf bei der Beurtheilung dieser Linien nicht ausser Acht lassen, dass der Schmelz auf die Oberfläche des Zahnbeines von oben depontirt wird, dass gleich von Anfang an die Schmelzhülle über die Ränder der Mahlfläche hinweg die Seitenflächen mitbedeckt, und dort mit der zunehmenden Länge des Zahnes schliesslich bis zum Hals desselben weiter schreitet. Am deutlichsten würde dieser Hergang damit bezeichnet, dass man sagte, immer längere und weitere Mützen von Schmelzsubstanz würden während der Entwicklung über die Zahnkrone herübergezogen, so dass die letzte nicht allein alle Vorausgegangenen zudeckt, sondern auch noch bis an den Hals hinunterreicht. Dieser Vergleich soll nur darauf hinweisen, dass die Ablagerung des Schmelzes allmählig über die Ränder der Mahlfläche bis zum Hals fortschreitet. Es soll weder die Entstehungsart der Linien angedeutet, noch die Vermuthung nahe gelegt werden, als ob die Ablagerung des Schmelzes eine Unterbrechung erleide. Die Bildung der Prismen erleidet keine Unterbrechung, ihre Entstehung keinen

Stillstand. Man betrachtet zwar allgemein diese Linien als den Ausdruck der schichtenweisen Bildung des Schmelzes; (die Behauptung ein Farbstoff sei der Grund dieser Streifen fand niemals ausdrückliche Zustimmung) aber man vergisst, dass eine schichtenweise Bildung des Schmelzes durch Nichts zu beweisen ist, dass dagegen die ganze Anordnung der Elemente ebenso wie im Zahnbein für einen ununterbrochenen Aufbau des ganzen Gebildes spricht.

Czermak hat schon längst²⁾ den wahren Grund dieser braunen Streifen gefunden, aber man hat diese Angaben entweder nicht berücksichtigt oder falsch verstanden. „Die Streifen werden hervorgebracht durch regelmässige Zickzackbiegungen der Schmelzprismen, indem die Lichtstrahlen unter verschiedenen Winkeln auf die verschieden geneigten Flächen der Prismen auffallen und daher bald in das Auge des Beobachters reflectirt werden, bald keine in dieser Richtung reflectirende Oberfläche finden, wodurch dann nothwendig helle und dunkle Streifen entstehen müssen. Würden alle Prismen gerade gestreckt auf dem kürzesten Weg von der innern zur äussern Oberfläche des Schmelzes ziehen und niemals gruppenweise einen gebogenen Verlauf haben, so könnten solche helle und dunkle Stellen gar nicht entstehen. Der Wechsel des Lichtes — auffallend oder durchgehend — bei einer Drehung um einen Winkel von 180° zeigt, dass die verschiedene Neigung der Prismen gegen das Licht auch verschiedene Anordnung der hellen und dunkeln Streifen hervorruft.“

Czermak zählte bei menschlichen Zähnen ungefähr 55 helle und ebensoviele dunkle Streifen, also 55 Knickungen der Schmelzprismen.

Dass die Schmelzprismen in ihrem Verlauf regelmässige Knickungen zeigen, hat schon Retzius gesehen, nach ihm

2) Im Jahr 1850.

Owen constatirt; aber diese Parallelbiegungen, wie sie dort genannt werden, sind soweit ich die Literatur kenne nur von Czermak wieder bemerkt worden. Waldeyer (Strickers Handbuch S. 339) erklärt ausdrücklich, sie nicht gesehen zu haben. Die Thatsache steht aber fest. Die Knickungen sind leicht nachzuweisen, sobald man nicht allzustarke Vergrößerungen anwendet; die Biegungen sind sehr zahlreich und zeigen scharfe Winkel, welche im Character jenen ähnlich sind, welche in der jüngsten Mittheilung über die Structur der Elephantenzähne (Sitzungsberichte November Fig. 4) schematisch aus dem Stosszahn jenes Thieres dargestellt wurden. Man kann also sagen: der Verlauf der Schmelzprismen gleicht jenem der Zahnröhren. Beide stehen senkrecht zu der Grundlage, die einen zur Pulpa, die andern zum Zahnbein, beide beschreiben während ihres Verlaufes: Knickungen, entstanden durch Druckschwankungen.

Ist einmal festgestellt, dass die Schmelzprismen Knickungen besitzen und dass diese der Grund sind der bekannten braunen Linien, welche der Oberfläche des Zahnes parallel ziehen, so wird man auch jene Streifen deuten können, welche die Richtung der übrigen im rechten Winkel kreuzen. Auf Längsschnitten bemerkt man nämlich, wenn der Schliff nicht allzu dünn ist, schon mit blossen Auge im Verhältniss zur Länge breite Streifen. (Siehe Köllikers Gewebelehre 5. Aufl. Fig. 250, Strickers Handbuch Fig. 97¹). Am Hals des Zahnes ziehen sie sanft ansteigend nach aussen und oben; an der Mahlfläche stehen sie senkrecht. Es sind dieselben, die Schreger als Faserstreifen bezeichnet hat und Retzius mit der ihm eigenthümlichen Umsicht beschrieben. Seine Deutung können wir nicht acceptiren. Er hat nämlich auch hier wie bei den zur Krone parallelen Linien den Schatten der Querstriche an den Schmelzprismen im Verdacht.

Diese Streifen erscheinen ebenso wie die zuerst erwähnten bei durchfallendem Licht braun, bei auffallendem

weiss, sind also durch den Gang der Lichtstrahlen bedingt, welcher von anders gestellten Flächen der Schmelzprismen geändert wird; d. h. bestimmte Reihen der Schmelzsäulen sind so gestellt, dass sie bei durchfallendem Licht die Strahlen ablenken und dadurch dunkel erscheinen, während bei auffallendem Licht die ganze Substanz im Atlasglanz schimmert, und die das Licht am meisten reflectirenden Stellen, die am günstigst gestellten Säulenreihen als die hellsten Streifen hervorleuchten.

Diese Streifen im Schmelz hat auch Owen gesehen, und für ihre braune Farbe die Ablenkung des Lichtes verantwortlich gemacht. (Odontographie Vol. I. pag. 465.)

Was sonst noch von Linien erzählt wird, die von irgend einem Farbstoff herrühren sollten, so halte ich sie für eine Täuschung und Verwechslung mit denjenigen, welche sonst der veränderten Richtung ganzer Schmelzlager ihren Ursprung verdanken. Färbungen müssten nicht allein bei durchfallendem, sondern auch bei auffallendem Lichte sichtbar sein, wie das in der That beim Biber der Fall ist. Die orangegelbe Farbe der Schneidezähne hat ihren Sitz in den äussersten Lagen des Schmelzes, von denen übrigens nur eine sehr dünne Schichte gefärbt ist.

Eine genaue Untersuchung des Emails ergibt, dass die oben beschriebenen Knickungen nicht die einzigen Störungen sind, welche die Schmelzprismen bei ihrer Entstehung erleiden. Jedes Hinderniss, auf welches die regelmässige Ablagerung stösst, kann der Grund werden, dass sowohl die Richtung der Linien als die sonst regelmässige Reihenfolge der Prismen selbst geändert wird. Man wird wohl selten irgend einen Backzahn vom Menschen untersuchen können, an dem sich nicht ein paar Stellen fänden mit starker Einbuchtung der Emailschichte von aussen her. Auf der Mahlfläche der hintersten Backzähne sind in der Regel zwei sich kreuzende Furchen. Sie entsprechen den tiefsten Stellen

jener Thäler, welche sich zwischen den Hügeln der Krone befinden. Auf dem Grunde der tiefsten Rinne ist die Emailschichte oft nur $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{5}$ M^m dick, während sie zu beiden Seiten bis zu $1\frac{1}{2}$ M^m Dicke ansteigt. Diese Einkerbungen sind offenbar die Folgen von Bindegewebswucherungen, welche von dem Zahnsäckchen aus gegen die Membrana adamantinae sich vordrängten. An solchen Stellen ist die Regelmässigkeit der Ablagerung gestört so zwar, dass sowohl die obenerwähnten Schmelzlinien von ihrem sonst regelmässigen Verlaufe abweichen mussten als auch die einzelnen Prismen selbst in Unordnung gebracht wurden. Die Bindegewebsmasse beeinflusste die Richtung der Schmelzzellen, so dass diese eine unregelmässige Stellung einnehmen mussten; der Druck auf die Zellen spiegelt sich in ihrem Product, den Prismen.

Ich glaube, es lässt sich kaum ein schlagenderes Beispiel anführen, das die Wirkungen eines Druckes auf die Richtung und den Verlauf der Elemente des Schmelzes deutlicher nachweist.

Der Druck dieser Bindegewebsmasse vernichtet später an dieser Stelle das Schmelzorgan selbst, so dass jede weitere Production von Schmelz aufhört, und so die tiefen Furchen und Lücken im schützenden Ueberzug des Zahnes entstehen.

Die Erscheinung, dass an den Furchen und Vertiefungen die regelmässige Richtung der Schmelzprismen gestört ist, correspondirt vollständig mit der Aenderung des Verlaufes der Zahnkanälchen zunächst der Pulpahöhle. Man weiss, dass dort in der Regel die Zahnkanälchen von der regelmässigen Anordnung abweichen: Wirbel bilden d. h. nach verschiedenen Richtungen gelagert sind. Im Schmelz kann ganz dasselbe vorkommen, hervorgerufen durch den Druck eines Bindegewebekeils, der die regelmässige Anordnung der

Elemente stört, ja sogar die weitere Thätigkeit des Schmelzorganes unterdrückt.

Linien im Cement,³⁾ *substantia osteoida*.

Auf dem Querschnitt des Stosszahnes vom Elephanten sind schon mit freiem Auge mehrere Linien im Cement zu sehen. Eine schwache Vergrösserung genügt, um einen ziemlichen Reichthum solcher Linien in der verhältnissmässig dünnen Schichte zu constatiren. Ich schätze in dem mir vorliegenden Präparat bei einer Dicke von 2 M^m ungefähr dreissig solcher Cementlinien. Sie laufen der Oberfläche des Zahnes parallel und zwar mit solch' strenger Regelmässigkeit, dass Erhöhungen und Vertiefungen der Zahnbeinoberfläche sich in den Cementlinien auf's genaueste widerspiegeln. Ein ausgezeichnetes Object ist auch in dieser Hinsicht das Cement des Elephanten-Stosszahnes. Seine Cementlinien geben nicht nur die Winkel wieder, Fig. 1 u. 2, welche auf dem Querschnitt angetroffen werden und von der facettirten Oberfläche des Elfenbeines herrühren, sondern auch die kleinen warzigen oder drusigen Erhebungen, welche auf den Grenzsichten des Zahnbeines nirgends fehlen. Es ist ja eine anerkannte Thatsache, dass die *substantia eburnea* wohl bei keinem Zahn und nach keiner ihrer Flächen hin, weder nach dem Cement noch dem Email noch der Pulpahöhle zu mit einer ebenen Fläche abschliesst, sondern immer drusig oder warzig sich emporhebt. Diese kleinen Warzen oder linsenförmigen Erhebungen der Zahnbeinaussenfläche sind der Grund, warum die Cementlinien ganz dieselben Wellenlinien beschreiben wie die concentrischen Knickungen des Zahnbeines. (Siehe diese Berichte November 1871 Fig. 3 Cementschichte C.)

Die Cementlinien zeichnen sich dadurch aus, dass sie

³⁾ Selbstverständlich ist hier nicht von jenen Linien die Rede, welche mit Knochenlamellen zusammenhängen.

bei durchfallendem Licht als weisse Streifen erscheinen. Die entsprechende Schichte, ungefähr $\frac{1}{20}$ M^m breit, besitzt gar keine Knochenkörperchen, die sonst im Cement des Elephanten, des Flusspferdes, des Nashorns, des Pferdes u. s. w. ungewöhnlich häufig sind. Die Deutlichkeit dieser Linien wird noch bedeutend dadurch gesteigert, dass zu beiden Seiten der Linie die Knochenkörperchen sehr dicht gehäuft sind. Es scheint mir diese auffallende Beschaffenheit des Cementes, der abwechselnd aus hellen zellenlosen Streifen und breiten zellenreichen Bändern aufgebaut ist, am besten mit der Annahme zu erklären, dass in einem Zeitabschnitt die Neubildung der Knochenmasse nicht im Mindesten gehindert war und also ebenso wie im übrigen Skelet ein grösserer Abstand zwischen den zelligen Elementen entstehen konnte (helle Linie), während in einem folgenden Zeitabschnitt der Zahn auf Hindernisse stiess bei seinem Vorrücken und die Zellen dichter an einander rückten bei verhältnissmässig geringer Zwischensubstanz (breite zellenreiche Bänder). Wechseln diese Zustände häufiger miteinander ab, so wird man im Cement abwechselnd helle und dunkle Linien finden, also die Zeichen einer wiederholten Druckschwankung constatiren können.

Es gibt aber in dem Cement auch Röhren, und diese müssen, wenn meine eben ausgesprochene Ansicht richtig ist, die Spuren der Druckschwankungen ebenfalls an sich tragen. Die Röhren im Cement gehören theils den Knochenkörperchen an, welche in den Zähnen von Elephas, Hippopotamus, Rhinoceros und Sus babirussa hauptsächlich radiär gestellte Ausläufer besitzen, theils selbstständigen feinen Canälen, die ich Cementröhren nennen werde. Czermak und Kölliker haben diese von Retzius am Backzahn des Elephanten zuerst beschriebenen Cementröhren erwähnt und abgebildet, während Waldeyer in Strickers Handbuch sie nicht erwähnt. Kölliker erkennt auch ihre Aehnlichkeit mit Zahnkanälchen an, auf

die Retzius aufmerksam gemacht hat. Im Cement des Elephantenstosszahnes sind sie so dicht aneinandergelagert, dass die dazwischenliegenden Knochenkörperchen mitunter schwer zu sehen sind.

Diese beiden Sorten von Röhren, welche an getrockneten Präparaten ebenso wie die Zahnkanälchen mit Luft gefüllt sind, zeigen deutliche Wellenlinien ungefähr ebenso wie ein Bündel paralleler Fibrillen aus dem subcutanen Bindegewebe. Diese Krümmungen der Röhren können nur durch Druck hervorgebracht sein. Die Höhe der Krümmung entspricht der Höhe der Pression während der Ablagerung der Knochenschichte, die niedersten Stellen dem verhältnissmässig geringsten Druck. Retzius erwähnt solcher Cementröhren noch vom Schwein, vom Wallross, von Delphinus Delphis, aber diese Angaben bedürfen noch weiterer Controlle, weil Retzius die Bezeichnung Röhren anwendet auch für die Havers'schen Kanäle.

Wo Linien im Cement vorkommen ohne die Anwesenheit solcher „Cementröhren“, ist es die Lagerung der Knochenkörperchen und die Krümmung ihrer Ausläufer, welche dieselbe Erscheinung der Linien hervorbringt wie im Eckzahn von *Sus-scrofa*.

Zähnen, deren substantia eburnea keine Drucklinien aufweist, fehlen sie auch im Cement, wenn auch Knochenkörperchen und Cementröhren vorhanden sind. Das ist z. B. beim Menschen der Fall. Kölliker bildet eine solche Cementschichte sehr vollständig ab. (Handbuch 5. Aufl. Fig. 255.) Ebensolche Lager von noch grösserer Ausdehnung ohne Linien kommen in den innern Cementschichten schmelzfaltiger Zähne vor vom Pferd, Rind und Schaaf, offenbar desshalb, weil dort der Druck viel geringer ist als in dem Cementmantel, d. h. nicht bedeutend genug, um die Richtung der Ausläufer an den Knochenkörperchen zu ändern.
