

(Aus dem histologischen Laboratorium, Leiter Doz. Dr. B. Gottlieb, des zahnärztlichen Institutes der Wiener Universität. Vorstand: Professor R. Weiser.)

Die ursächlichen Bedingungen für den Abbau der Hartsubstanzen.

Von

B. Orbán und J. Weinmann, Wien.

Mit 8 Textabbildungen.

(Eingegangen am 26. Mai 1927.)

In letzter Zeit haben 2 Fragen, die die ursächlichen Bedingungen für den Abbau der Hartsubstanzen betreffen, eine gegensätzliche Deutung und Erklärung gefunden. Es handelt sich erstens um die gegenseitige Beziehung zwischen An- und Abbau und zweitens, ob die Eigenschaft der Hartgebilde, insbesondere ihr Verkalkungsgrad, für den Ablauf der Abbauvorgänge von Bedeutung ist. Im folgenden wollen wir einige Befunde mitteilen, die für die Beurteilung dieser Fragen von Bedeutung sein dürften.

Pommer¹, dem sich Lang², Bauer³ und Häupl² angeschlossen haben, schreibt:

„Mir scheint, . . . eine befriedigende Vereinbarung der Osteoclastenlehre mit Roux' Anschauungen durch die bekannten, so regelmäßig zu beobachtenden nachbarlichen und Gegenseitsbeziehungen der Apposition- und Resorptionsbefunde nahegelegt, indem sie daran denken lassen, daß im Bereiche neuer Knochenanlagerungen Verschiebungen der Weichgebilde, Beengungen und Zerrungen der Blutcapillaren, bzw. der Lymphbahnen eintreten, die nicht ohne Einwirkung auf die Wandzellen der Blutcapillaren und daher auch nicht ohne Blutdruckänderungen und deren Folgen bleiben können. Auch schon die Raumbeengung an sich, zu der es durch die osteoblastischen Anlagerungsvorgänge kommt, dürfte sowohl örtlich, als auch in kollateraler Ausdehnung stauend wirken und Erhöhungen des Gewebs- und Blutdruckes herbeiführen, welche in diesem Bereiche die der Knochen- substanz anliegenden Zellen der Blut- und Lymphbahnen und auch Blutcapillaren als solche zur Annahme osteoclastischer Eigenschaften veranlassen.“

Häupl und Lang übertragen diesen Gedanken auf die Beziehungen zwischen Zahn und Alveolarfortsatz, bzw. auf die An- und Abbauvor-

¹ G. Pommer, Über Osteoporose, ihren Ursprung und ihre differentialdiagnostische Bedeutung. Arch. f. klin. Chir. **136**, H. 1.

² Häupl und Lang, Die marginale Paradentitis. Berlin: Meusser 1927.

³ Bauer, W., Die Appositions- und Resorptionsvorgänge an Knochen und Zähnen. Zeitschr. f. Stomatologie **23**. 1925.

gänge innerhalb des Alveolarknochens. Sie behaupten, daß innerhalb eines Markraumes im Alveolarknochen die An- und Abbauvorgänge dadurch zu erklären seien, daß der Anbau auf funktionelle Einwirkungen, die vom Zahn ausgehen, erfolge. Diese Apposition bewirke eine Druckerhöhung im Markraume, die ihrerseits eine Resorption an der gegenüberliegenden Wand des gleichen Markraumes verursache.

Die Tatsache, daß die direkt einem Druck ausgesetzten Teile des Knochens von *Ostoclasten* resorbiert werden, ist allgemein anerkannt. Die Annahme *Pommers*, daß innerhalb eines Markraumes durch Anbau

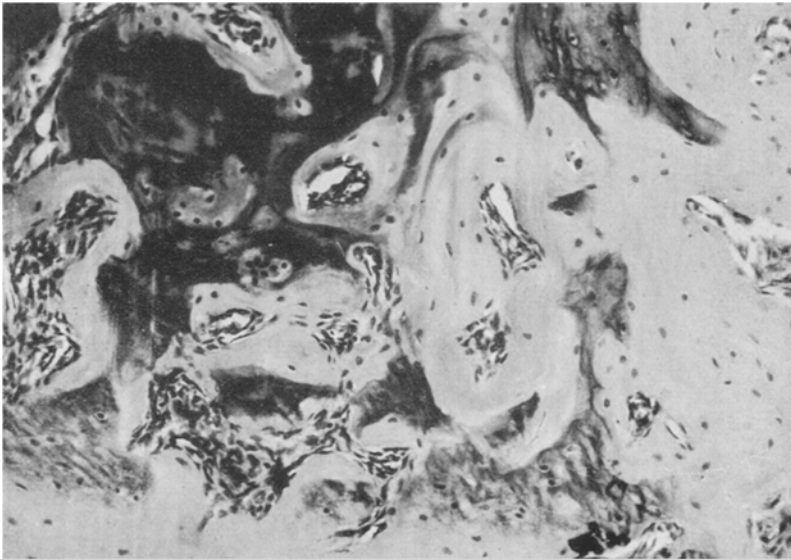


Abb. 1. Weibl. Ratte, 9 Wochen lang mit Reis und Calcium ernährt. Mit Ringerlösung und nachher mit Kolmerscher Fixationsflüssigkeit durchgespült. Markräume durch reichliche Produktion von unverkalkten Knochen stark eingengt.

von Knochen der Druck erhöht werde, wodurch es zu Resorptionen im gleichen Markraume komme, erscheint uns zweifelhaft. Schon die verhältnismäßig große Langsamkeit, mit der Appositionen vor sich gehen, schließt die Möglichkeit einer Druckerhöhung aus. Der Markraum ist ja nicht hermetisch abgeschlossen und die Appositionsgeschwindigkeit kann wohl kaum größer sein, als die Abflußmöglichkeiten. Auch die Annahme einer Beugung und einer Zerrung der Blutcapillaren erscheint uns nicht gerechtfertigt zur Erklärung von Resorption in der Nachbarschaft.

Daß diese von *Pommer* angenommene Druckerhöhung den Abbau innerhalb eines Markraumes bei gleichzeitig vorhandenem Anbau nicht bestimmend ist, konnten wir an Präparaten sehen, in denen

Osteoid in reichlicher Menge angebaut wird. Abb. 1 zeigt Markräume, die allseits von breiten Säumen von unverkalktem Knochen umgeben sind, die zu weitestgehenden Einengungen der betreffenden Markräume führen, ein auch sonst nicht ungewohntes Bild. Davon, daß diese Säume von unverkalktem Knochen den ganzen Markinnenraum umgeben, haben wir uns durch Durchsicht von Serien überzeugt. Dieses Präparat stammt aus der Bifurkationsgegend des zweiten oberen Molaren einer weiblichen Ratte (Protokoll Nr. 205), die vom 5. IV. bis 7. VI. mit Reis und Calcium gefüttert wurde. Das Anfangsgewicht war 85 g, das Endgewicht 75 g. Als Vergleichpräparat soll die zweite

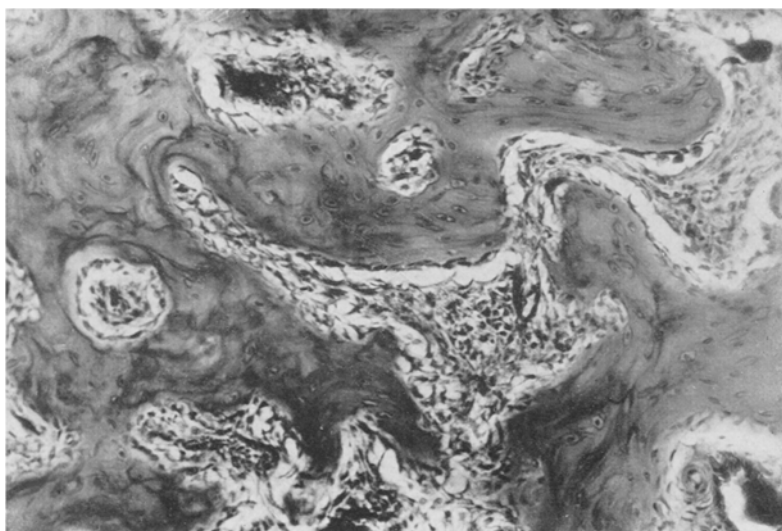


Abb. 2. Männl. Ratte, normale Ernährung. Weite Markräume, normaler Ab- und Aufbau.

Abbildung dienen, die aus derselben Gegend wie die erste Abbildung stammt, von einer Ratte, die normal ernährt wurde. Wir sehen an diesem Knochen normale An- und Abbauverhältnisse, weite Markräume, und stellenweise schmale Säume von unverkalktem Knochen.

Daß dieselben Verhältnisse auch zwischen der Zementoberfläche des Zahnes und dem gegenüberliegenden Alveolarknochen zu Recht bestehen, zeigt Abb. 3. Wir sehen in dieser Abbildung, die von derselben Ratte wie Abb. 1 stammt, die Wurzel eines Rattenmolaren und das Zwischenwurzelseptum. Die Wurzelspitzengegend wird von einem gegen die Spitze zu dicker werdenden Saum von unverkalkten Zement eingenommen. Die übrige Oberfläche der Wurzel zeigt ein aplastisches Verhalten. Der Alveolarknochen besteht in seiner Hauptmasse aus unverkalktem Knochengewebe. Nur die Mitte der Septa wird von verkalktem

Gewebe gebildet. Die Knochenbälkchen haben eine mächtige Breite erlangt. Die Markräume sind stark eingengt und sind von Fasermark erfüllt. Ebenso ist der Periodontalraum verengt. Die Aufhängefasern sind in der Beanspruchungsrichtung orientiert. Abb. 4 zeigt die Wurzelspitzengegend bei stärkerer Vergrößerung. Wir sehen hier, einander gegenüber sowohl am Zement als auch am Knochen volle Anbautätig-



Abb. 3. Dieselbe Ratte, wie Abb. 1. Durch Anbauvorgänge am Knochen und am gegenüberliegenden Zement ist der Periodontalraum eingengt.

keit der Osteoblasten und Zementoblasten, die den unverkalkten Knochen bzw. das unverkalkte Zement begrenzen. Es sei auch hier ausdrücklich bemerkt, daß im ganzen Präparat nur ganz vereinzelt Ostoclasten zu finden sind. Die Verengung des Periodontalraumes ist an einzelnen Stellen so weit gegangen, daß es zur Anlagerung (man könnte von Verwachsung reden) zwischen Zement des Zahnes und unverkalkten Knochen gekommen ist. Eine von diesen Stellen sehen wir in Abb. 5. Dieses Bild zeigt die Bifurkation eines Molaren, der

dem vorherbesprochenen benachbart ist. Wir sehen also, daß auch im Bereiche des Periodontiums Anbauvorgänge, die das physiologische Maß offenkundig weit überschreiten, zu keinen Resorptionen führen. Es erscheint daher wenig wahrscheinlich, viel geringgradigere Appositionen für Resorptionen an Stellen ursächlich verantwortlich zu machen, die durch eine Schichte Weichgewebe von der Apposition getrennt sind. Aber



Abb. 4. Stärkere Vergrößerung von Abb. 3. Gegend der Wurzelspitze. Anbau am Knochen und am Zement.

auch die Annahme einer Gefäßzerrung durch die Apposition als ursächliche Vermittlung des Abbaues erscheint wenig wahrscheinlich. Die Gefäßzerrung kann nur in unmittelbarer Berührung mit der Apposition stehen, die Reaktion müßte also an der Stelle der Apposition eintreten und nicht an der gegenüberliegenden Wand des Markraumes.

Dieser Fall zeigt noch einen anderen erwähnenswerten Befund. Es ist seit den Untersuchungen von *Stein* und *Weinmann*¹ bekannt, daß die menschlichen Zähne lebenslänglich physiologischerweise eine Wanderung gegen die Mittellinie zu mitmachen. Diese Wanderung findet ihren histologischen Ausdruck darin, daß in der

Druckrichtung Alveolarknochen abgebaut und in der Zugrichtung, also distal, der Alveolarknochen in Form von Bündelknochen angebaut wird. Eine ähnliche Wanderung nach der Mitte zeigen auch die Rattenmolaren. Als Ausdruck dieser Wanderung sehen wir in unserem Falle den Anbau in Form von Osteoid vor allem an der distalen Wand des Alveolarknochens. Auch die distal gerichtete

¹ *G. Stein* und *J. Weinmann*, Die physiologische Wanderung der Zähne. Zeitschr. f. Stomatologie **23**, 733. 1925.

Bildung des unverkalkten Zementes an der Wurzelspitze ist ein Zeichen dieser Wanderung.

Die zweite Frage, die wir in den Kreis unserer Betrachtungen gezogen haben, ist die, ob das verschiedene Verhalten von verkalkter und unverkalkter Grundsubstanz der Resorption gegenüber auf die verschiedenen Eigenschaften dieser Gewebe zurückzuführen ist oder ob dieses Verhalten ausschließlich auf Vorgängen außerhalb der zu resorbierenden Teile beruht.

Die Tatsache, daß die Resorption unverkalkter Knochenteile im Gegensatz zu verkalkten auffallend selten ist, hat schon *Pommer* in seinen Arbeiten aus den achtziger Jahren hervorgehoben.

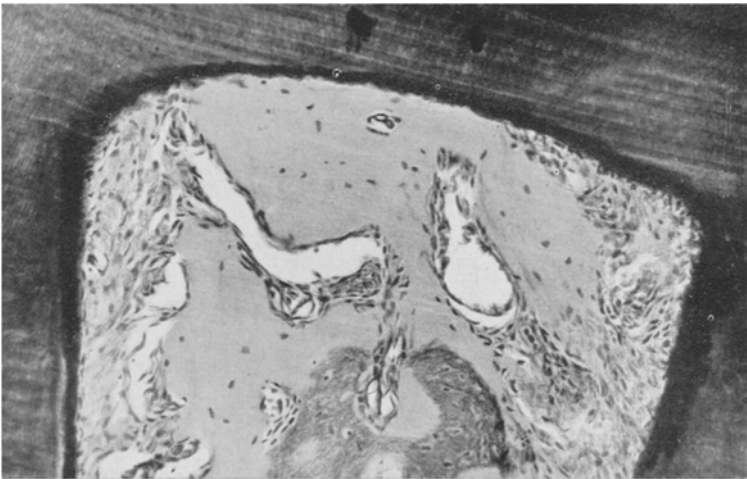


Abb. 5. Dieselbe Ratte wie Abb. 1. Durch Anbau am Knochen ist es zur Verwachsung zwischen Zement und unverkalktem Knochen gekommen.

So sagt *Pommer* z. B. (Über die Osteoclastentheorie, S. 461), „daß auch mehrere auffällige Bilder es noch fraglich erscheinen lassen, ob nicht unter Umständen der Kalkmangel der Knochensubstanz das Resultat des Resorptionsprozesses bedeutend alterieren kann“. In dem Buche „Untersuchungen über Osteomalacie und Rhachitis“ schreibt *Pommer* über die Beobachtung, daß an den kalklosen Knochenpartien der osteomalacischen und rhachitischen Knochen das Vorkommen von Howshipschen Lacunen ein viel beschränkteres ist als an den kalkhaltigen Teilen. Im Anschluß daran wirft er die Frage auf, „ob diese Erscheinung in lokalen Eigentümlichkeiten der Osteoclasten zu suchen ist oder ob der geringe mechanische Widerstand der kalklosen Knochen oder ob die chemische Verschiedenheit der letzteren gegenüber den kalkhaltigen Partien dazu beiträgt, daß die lacunäre Resorption in die kalklosen Partien weniger tief und weit eindringt als in die kalkhaltigen, und daß sie manche kalklosen Knochenpartien auffallend verschont, darüber werden wohl erst weitere Untersuchungen Aufklärung verschaffen können“.

In einer der letzten Arbeiten über diesen Gegenstand hat allerdings *Pommer*¹ den Standpunkt vertreten, daß alle Resorptionsvorgänge durch Druckeinflüsse zu erklären sind. Er schreibt:

„Wenn wir uns diese Frage bezüglich der Resorptionsvorgänge der Knochen vorlegen, so können wir uns auf die Frage nach den ursächlichen Bedingungen der Entstehung der Osteoclasten und dabei wieder auf einige Punkte beschränken, die in jenen Arbeiten nicht oder nicht vollständig angehandelt wurden, so auf die in letzter Zeit aufgestellte Annahme, daß es sich bei der lacunären Resorption um eine Reaktion gegen den Kalkgehalt handle, und man die Osteoclasten mit den Fremdkörperriesenzellen in Parallele zu stellen habe. Meines Erachtens braucht

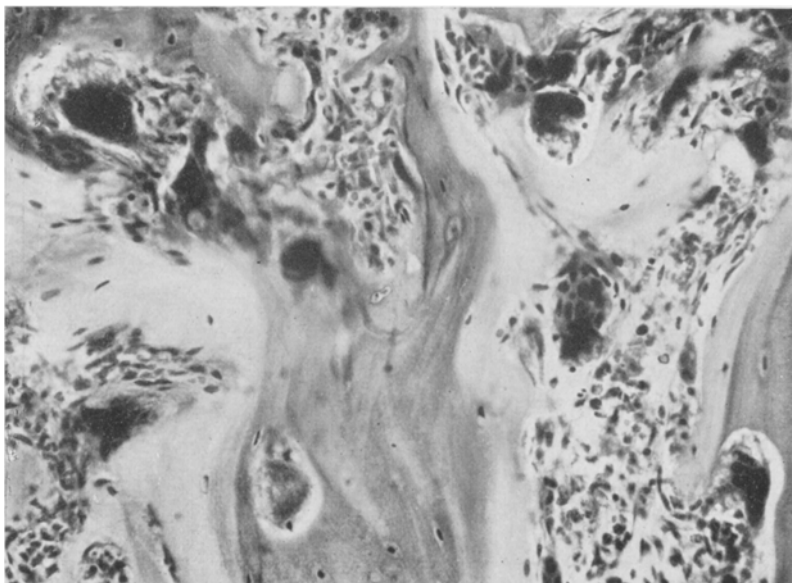


Abb. 6. Alveolarknochen einer 9 Wochen hindurch mit Reis, Schweinefett und Calcium gefütterten Ratte. Abbau von unverkalktem Knochen.

es wohl keine besondere Erörterung, um diese Annahme als unbefriedigend und unhaltbar, als eine Hypothese zu kennzeichnen, der gesicherte Erfahrungstatsachen und wissenschaftliche Befunde widersprechen.“

1873 hat bereits *Ziegler* der Bedeutung der Verkalkung für den Ablauf der Resorption das Wort gesprochen. Unabhängig davon hat *Gottlieb*, ausgehend von biologischen Studien am Gebiß, die Ansicht vertreten, daß außer den allgemein anerkannten Ursachen für die Resorption auch die Eigenschaften der zur Resorption gelangenden Hartsubstanzen eine Rolle spielen. Dieser Behauptung *Gottliebs* wurde außer von *Pommer* noch von *Lang*, *Bauer* und *Häupel* widersprochen. So schreibt *Bauer*: „Es wäre verfehlt, die Qualität und Vitalität der Hart-

¹ *G. Pommer*, Bemerkungen zu den Lehren vom Knochenschwund. Arch. f. mikroskop. Anat. u. Entwicklungsgesch. **102**, 324. 1924.

substanzen des Zahnes für den An- und Abbau verantwortlich zu machen (*Gottlieb*).“

Während wir bei der Mehrzahl jener Ratten, deren Knochensystem schwer erkrankt ist (um welche Erkrankung es sich handelt, wollen wir hier nicht entscheiden), und zu denen auch die vorhin abgebildete gehört, nur vereinzelte Resorptionen am kalklosen Knochen und kalklosen Zement finden konnten, gelang es uns, bei einigen unserer Versuchstiere, bei denen der unverkalkte Anteil des Skelettes derart überwog, daß man nur vereinzelte verkalkte Partien finden konnte, Resorptionen am unverkalkten Knochen in so ausgedehntem Maße nachzuweisen, wie wir sie auch am verkalkten Knochen ganz selten zu sehen gewohnt sind. Die Abb. 6 soll dies beleuchten. Solche Befunde zeigen, daß, wenn wir von der Beschaffenheit des zu resorbierenden Gewebes sprechen, wir nicht nur an den Grad der Verkalkung denken dürfen. Die grundsätzliche Fragestellung lautet vielmehr, ob überhaupt verschiedene Eigenschaften der Hartsubstanzen in Betracht gezogen werden dürfen, wenn über die Gründe verschieden schneller oder ver-

schieden weitgehender Resorption gesprochen wird, wobei der Grad der Verkalkung eine der Eigenschaften darstellt. Insbesondere hat *Gottlieb* darauf hingewiesen, daß auch unverkalkte Knochensubstanz früher oder später mauserungsreif werden und dann der Resorption verfallen kann.

Normalerweise bleibt die Knochensubstanz verhältnismäßig kurze Zeit kalklos. In diesem Zustand ist die kalklose Grundsubstanz gewöhnlich nicht resorptionsreif. Ob bei den lebhaften Umbauvorgängen am wachsenden Skelett die Resorptionen der verkalkten und unverkalkten

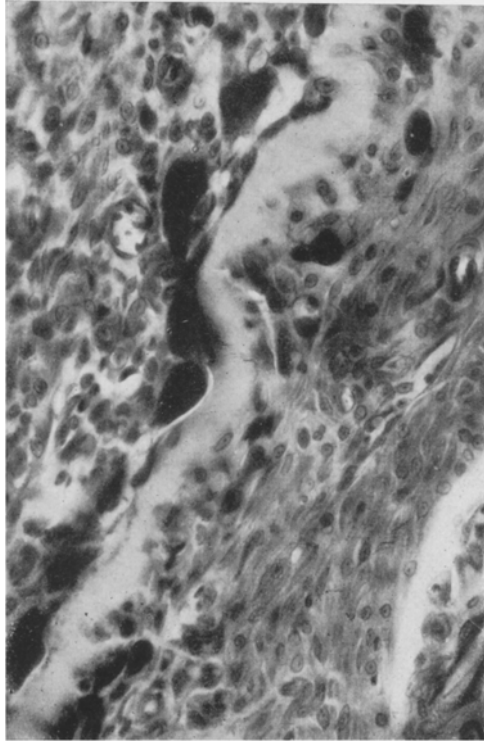


Abb. 7. Milchzahnrest eines Hundes. Nach Resorption des verkalkten Dentins und Zementes ist nur das unverkalkte Zement zurückgeblieben. (Diese Abbildung ist der Arbeit *Gottliebs*, „Paradentalpyorrhö und Alveolaratrophie“. Fortschr. d. Zahnheilk. 1927, H. 5, entnommen.)

Teile durch die funktionellen Einflüsse im Sinne von *Kölliker*, *Roux* und *Pommer* allein erklärt werden können, oder ob auch andere Einflüsse zur Erklärung herangezogen werden müssen, entzieht sich wegen Mangel an Beobachtungsmaterial unserer Beurteilung.

In diesem Zusammenhang möchten wir an 2 Bildern zeigen, daß die Annahme *Gottliebs* Berechtigung hat, daß sich nämlich unverkalktes

Gewebe gegenüber Resorptionen unter physiologischen Verhältnissen, wie dies ja der Zahnwechsel darstellt (*Pommers* Befunde betreffen ja Zustände bei Osteomalacie und Rhachitis), widerstandsfähiger zeigt als verkalktes Gewebe.

Abb. 7 zeigt einen Rest einer Milchzahnwurzel eines Hundes, die infolge des Nachrückens des bleibenden Zahnes schon fast vollständig der Resorption anheimgefallen ist. In der Reihe verfolgt können wir ganze Streifen von unverkalktem Zement im Bindegewebe liegend sehen, die nach vollständiger Resorption der verkalkten Gewebsteile zurückgeblieben waren. Die Schlängelung dieses kalklosen Zementstrei-

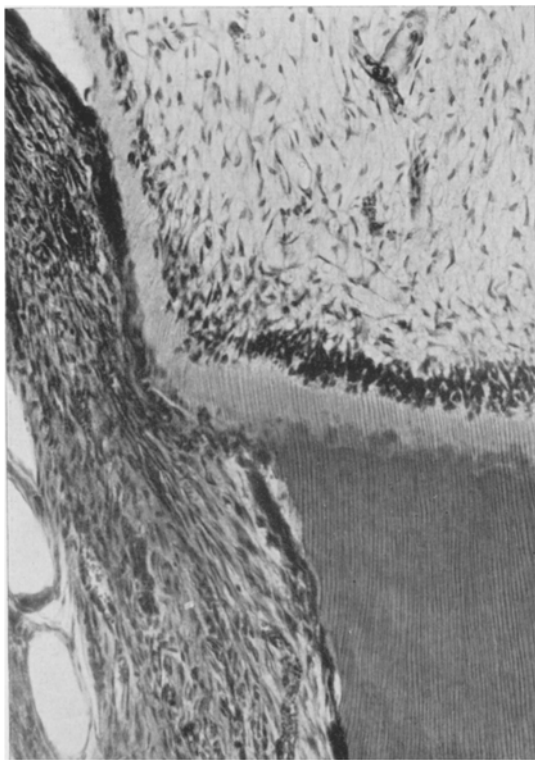


Abb. 8. Schafmilchzahn. Die die Pulkammer umschließende Schichte von unverkalktem Dentin wurde durch die Resorption nicht zerstört. Die Resorption am verkalkten Dentin ist weiter fortgeschritten. (Die Abbildung ist der Arbeit *Kronfelds*, Spielt die Qualität der Hartsubstanzen bei der Resorption eine Rolle? [Z. f. St. 1927, H. 11] entnommen.)

fens spricht dafür, daß er bereits eine nennenswerte Zeit der ihn versteifenden verkalkten Nachbarschichten beraubt, den wechselvollen Druckverhältnissen der umliegenden Weichteile ausgesetzt war.

Abb. 8 entstammt dem Kiefer eines Schafes. Wir sehen, daß ein Teil des Milchzahnes bereits resorbiert wurde. Die Resorption hat eine im Winkel verlaufende Spange von kalklosem Dentin zurückgelassen, wobei die Resorptionslinie im kalkhaltigen Dentin senkrecht auf die

Grenze zwischen kalklosem und kalkhaltigem Dentin verläuft. An einzelnen Stellen des im Bilde dünner erscheinenden kalklosen Dentins sind Osteoclasten zu finden. Aus diesem Befund geht hervor, daß die Resorption im kalkhaltigen Anteil rascher fortschreitet, als im kalklosen. Wir halten dieses Bild für ganz besonders beweiskräftig dafür, daß die Verkalkung für die Resorptionsfähigkeit des Gewebes von Bedeutung ist.

Zusammenfassend können wir also sagen:

1. Es erscheint nicht wahrscheinlich, daß eine Einengung eines Raumes (Periodontalraum, Markraum) durch Anbau eine Resorption an anderen Stellen dieses Raumes zur Folge hat.

2. Die Tatsache, daß die Resorption der unverkalkten Gewebsanteile bedeutend langsamer erfolgt, als die der verkalkten, ist wahrscheinlich auf verschiedene Eigenschaften der zur Resorption gelangenden Gewebe zurückzuführen, wobei die Verkalkung eine solche Eigenschaft darstellt.
