

(Aus dem Pathologisch-anatomischen Institut der Universität Innsbruck.
Vorst.: Prof. Dr. F. J. Lang.)

Der lacunäre Abbau der unverkalkten Zahnhartgewebe.

Von
W. Bauer (Innsbruck).

Mit 7 Textabbildungen.

(*Ein gegangen am 3. Mai 1929.*)

Die Kenntnisse der morphologischen Einzelheiten der An- und Abbauvorgänge am Knochen können heute wohl durch die grundlegenden und eindringlichen Arbeiten *Pommers*^{1a-h} als gesichert betrachtet werden. *Pommer* hat es sich nicht verdrießen lassen, wiederholt auf die Ergebnisse seiner im Anschluß an die Arbeiten von *Ebner*, *Kölliker* und auch *Roux* durchgeführten Untersuchungen hinzuweisen, sie auch fortzusetzen und auszugestalten.

Was hier im besonderen seine den *Knochenabbau* betreffenden Ergebnisse anlangt, so kam er schließlich zur Feststellung, daß dabei die abbauenden Wirkungen unter manchen Umständen von der Capillarwand an sich, sonst aber von ihnen, zu getrennt lagernden Ostoklasten umgewandelten Endothelzellen ausgeübt werden. *Pommer* unterscheidet daher eine vasculäre und eine celluläre Form der ostoklastischen Resorption^{1g}. (S. 1, 12ff).

Nur diese Form der lacunären Resorption und die dabei wirksamen Ostoklasten, in denen *Pommer* in Übereinstimmung mit *G. Wegner*, *G. Schwalbe*, *v. Mandach* und *J. Schaffer*, auch *v. Ebner* eine „eigentümliche Metamorphose der Blutgefäß“ erblickt, sollen uns hier bei den weiteren Auseinandersetzungen beschäftigen und uns erkennen lassen, welche hohe Bedeutung für die Resorptionsvorgänge der Knochen den Blutstromverhältnissen zukommt. Außerhalb des Gegenstandsbereiches dieser Abhandlung liegen die verschiedenen hypothetischen Knochenschwundformen, wie Halisterese, Osteolyse, Onkose usw., deren Aufstellung ja von vornherein nicht mit den bei der Anbildung und bei der Resorption am Knochen aufzunehmenden Befunden in Einklang zu bringen ist, denn: von dem Grundsätze ausgehend, daß eine Stelle nur dann für die Resorption in Anspruch zu nehmen ist, wenn sie unmöglich durch Apposition erklärt werden kann, führte *Pommer* bei seinen

Untersuchungen den Nachweis, „daß“ — um mit *v. Ebners* Worten die Sachlage zu kennzeichnen, „alle Knochensubstanz zuerst kalklos abgelagert wird und erst sekundär verkalkt“. Gegenüber der die kalklosen Knochenanlagerungssäume verneinenden Ansicht *Weidenreichs*², die ja schon durch die Arbeiten *Pommers*¹, *Langs*³ und schließlich auch *Werner Schulzes*⁴ widerlegt erscheint, sei auch auf die kalkosen Dentinlagen um die Zahnpulpa hingewiesen, die lediglich durch die Tätigkeit der Zahnbeinbildner, der Odontoblasten, hochdifferenzierter morphologisch scharf gekennzeichneter Bindegewebszellen, entstehen können.

Die Auslösung der *osteoblastischen* Tätigkeit erfolgt im Sinne *Zschokkes*, *Rouxs*, *Benekes* und *Pommers* durch *unterbrochenen Druck* bei Erschütterungen des Keimgewebes, während die Bildung von *Ostoklasten* durch *anhaltenden Druck*, und zwar durch Steigerung des Blutdruckes und dadurch bedingte quantitative und qualitative Änderung der Gewebs-, d. i. der Ernährungsflüssigkeit angeregt wird, wie *Pommer* unter Ausgestaltung der *Köllikerschen* Ostoklastenlehre im Geiste der hydraulischen Lehren und Versuche *Moriz Körners* schon in seiner ersten Arbeit ausführte^{1a} (S. 128—130).

Beim Studium der Umstände, die bezüglich der Form und Tiefe der Lacunen und betreffs der Form der Ostoklasten von bestimmender Bedeutung sind, gelangte *Pommer* zur Einsicht, daß es sich dabei um die Resultierende einer Anzahl von Kräften handelt. Man muß sich nach ihm vorstellen, „daß in jedem Falle ein bestimmter Wachstumsdruck der Zelle, ein bestimmter Flüssigkeitsdruck in dem Resorptionsraume, bzw. im Bereich der Resorptionsfläche und der Widerstand der Knochensubstanz konkurrieren“ (^{1a} S. 113, vgl. auch ^{1b}, S. 466).

Pommer überzeugte sich in dieser Beziehung, besonders gelegentlich der Untersuchung osteomalacischer und rachitischer Knochen, daß die lacunäre Resorption ohne Wahl vordringt, „sei es in die noch kalklos gebliebenen Anlagerungen, sei es in die krümelig-körnigen, kalkarmen Knochenteile oder sei es in die normal kalkhältige, harte Knochensubstanz“; es fiel ihm dabei aber „ofters auf, daß die Lacunen, welche in die weiche Knochensubstanz eingriffen, seichter waren, als die des harten Knochens“ (^{1a}, S. 69, vgl. ^{1b}, S. 461), so daß schon damals *Pommer* als fraglich bezeichnen mußte, „ob nicht unter Umständen der Kalkmangel der Knochensubstanz das Resultat der Resorption bedeutend alterieren kann“^{1b} (S. 461).

In jenen ersten Arbeiten (1881, 1883) ließ *Pommer* noch die Frage der Erklärung des isolierten Vorkommens einzelner Howshipscher Lacunen und des nachbarlichen Verhältnisses, welches oft zwischen Resorption und Apposition angetroffen wird, offen. Er hat jedoch andererseits schon in ihnen (^{1a}, S. 112—114, bzw. ^{1b}, S. 461 und auch 457ff.), namentlich aber in seinen 1885 erschienenen Unter-

suchungen über *Osteomalacie und Rachitis* (^{1c} im 2. und 3. Abschnitt, S. 119—121 und 265ff.) darauf aufmerksam gemacht, daß die Resorptionsräume, die im Bereiche der kalklosen Knochensubstanz vorgreifen, nicht selten durch Seichtheit ihrer Lacunen und sogar durch Verschonung buckelig oder zapfenförmig vorragender Stücke kalkloser Knochensubstanz auffallen, und daraus zusammenfassend^{1f} (S. 332) gefolgert, „daß man bei den Momenten, von denen die Form der Ostoklasten und Lacunen abhängt, auch an die Verschiedenheiten des mechanischen Widerstandes und an die chemischen Verschiedenheiten der der lacunären Resorption verfallenden Knochenbezirke zu denken hat“.

In seinem anatomischen Beitrag zur Kenntnis des Wachstums im Bereich angeborener Defekte^{1d} nahm 1906 *Pommer* Gelegenheit, bei Erörterung der Knochenatrophie im allgemeinen und im besonderen der Inaktivitätsatrophie, seine Anschauungen über die Bedingungen und Vorgänge der Knochenresorption mit jenen zu vereinbaren, die von *Roux* und auch schon von *Zschokke* in Betreff der Appositionsvorgänge und deren Abhängigkeit von den funktionellen Beanspruchungen der Knochen entworfen worden waren. *Pommer* entwickelt dabei die Vorstellung, „daß mit der Apposition neuer Knochenlagen unmittelbar räumliche Veränderungen gegeben sind, die sowohl an den subperiostalen Flächen als in den Binnenräumen der Knochen und der Verknöcherungsgrenzen Verschiebungen der Weichgebilde und damit örtliche Beengungen und Zerrungen der Blutcapillaren, bzw. der Lymphbahnen herbeiführen“^{1d} (S. 434).

In weiterer Verfolgung dieser Annahme ergab sich dabei auch davon eine Vorstellung, „warum sich so häufig nachbarlich, bzw. gegenüber von Appositionsstellen Resorptionsvorgänge abspielen, und warum in so typischer Weise Resorption auch oft zeitlich knapp auf Apposition zu folgen pflegt, wobei sich ja geradezu Osteoblasten in Ostoklasten verwandeln“, oder „andererseits mit der Ausgleichung der betreffenden örtlichen Blutdrucksteigerungen Ostoklasten in Zellen zerfallen, die unter der Einwirkung funktioneller Reizungen wieder osteoblastische Eigenschaften entfalten“ (^{1d}, S. 434 bzw. 435 vgl. auch ^{1e} S. 13).

Im Anschluß an diese Erörterungen und auf Grund seiner Untersuchungen über *Osteomalacie* und *Rachitis* stellt hier *Pommer* neuerdings fest, „daß der Resorptionsvorgang von der Beschaffenheit der angrenzenden Knochensubstanz bestimmt werden kann, insofern sie *kalklos* ist, unter welchen Umständen sie von der Resorption verschont bleiben oder nur oberflächlich angegriffen sich finden kann“. *Pommer* erinnert dabei an die entsprechenden „makroskopischen Befunde bei usurierenden Einwirkungen verschiedener Art, denen gegenüber dehnbare und komprimierende Gebilde mehr Dauerhaftigkeit zeigen als harter, verkalkter Knochen“^{1d} (S. 435).

Wie schon 1885 in seinen Untersuchungen über Osteomalacie und Rachitis^{1e} (S. 121), so stellt also auch bei dieser Gelegenheit^{1d} (S. 435) Pommer die Frage, „ob zur Erklärung solcher Bilder außer dem geringeren mechanischen Widerstand der kalklosen Knochensubstanz auch ihre chemische Verschiedenheit heranzuziehen ist“^{1d} (S. 435).

Aber hier wieder und auch später (1e, 1915) sprach sich Pommer dahin aus, „daß mit solcher Anbildung neuer Knochenlagen räumliche Veränderungen der Weichgebilde, Beengungen und Zerrungen der Blutcapillaren, bzw. der Lymphbahnen herbeigeführt werden, die sich wohl nicht ohne

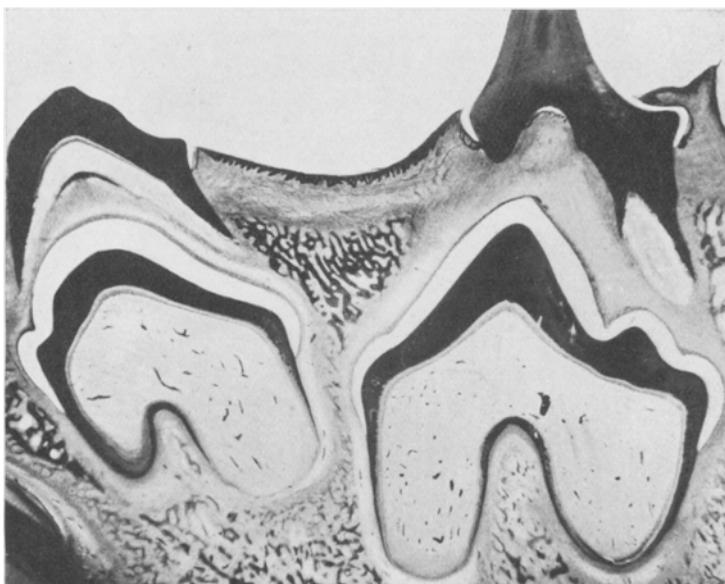


Abb. 1. Übersichtsbild von zwei Milchmahlzahnresten eines Hundes mit den darunter liegenden Keimen der bleibenden Mahlzähne.

Einwirkung auf die Wandzellen der Blutcapillaren und daher auch nicht ohne Blutdruckänderungen abspielen“ (1e, S. 13, vgl. auch ^{1f} S. 334).

Diese Lehren Pommers bedeuten die Vereinbarung der von ihm aus gearbeiteten Köllickerschen Ostoklastenlehre mit der schon von Zschokke, besonders aber von W. Roux und auch R. Beneke eröffneten Erkenntnis der ausschlaggebenden Bedeutung intermittierender Druck- und Er-schütterungswirkungen für den osteoblastischen Anbau.

In jüngster Zeit (1928) erhoben Orbàn und Weinmann⁵ in diesem Arch. gegen die dargelegten Anschauungen Pommers, denen sich nebst Mitterstiller⁶ und Lang⁷, auch Bauer⁸ und Häupl⁷ angeschlossen haben, Einwendungen.

So erscheint es *Orbàn* und *Weinmann* zweifelhaft, daß der Druck in einem Markraum durch Anbau von Knochensubstanz erhöht werde und es so zur Resorption im gleichen Markraum kommen sollte, „weil schon die verhältnismäßig große Langsamkeit, mit der Appositionen vor sich gehen“, die Möglichkeit einer Druckerhöhung ausschließe: als ob dieser Einwand die *Tatsache* der durch die Apposition von Knochensubstanz bedingten Raumbeengung eines solchen Markraumes aufhöbe, und als ob nicht durch unzweideutige Befunde der direkte Nachweis erbracht worden wäre, daß sich in den Markräumen trotz der fort-

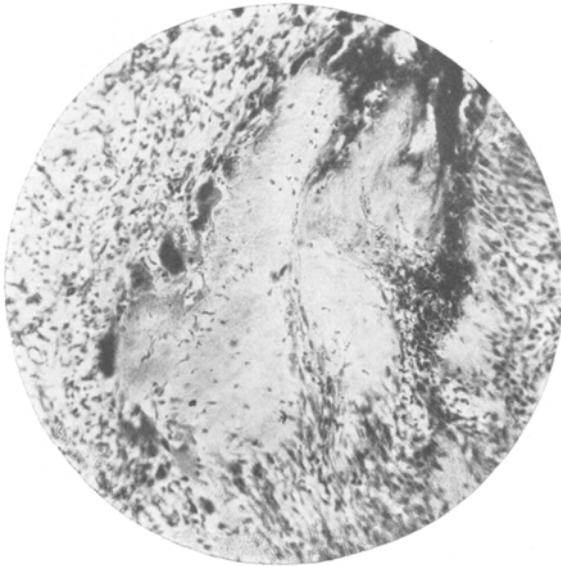


Abb. 2. Unverkalktes Knochenbälkchengebiet aus dem Zwischenzahmfachknochen der Abb. 1.
Mächtige Ostoklasten liegen auf der oberen Begrenzung des unverkalkten Knochens.

bestehenden Abflußmöglichkeiten die Vorbedingungen einer damit einhergehenden Erhöhung des Blut-, Lymph- und Gewebsdruckes und in weiterer Folge die Vorbedingungen für den sich an den Anbau anschließenden ostoklastischen Abbau gegeben fänden. Es sei dabei auf die einschlägigen beweiskräftigen Befundbilder *Mitterstillers*⁶ (S. 944 und 945 und besonders S. 959) und auf seine hieran (und auch⁶ S. 946) angeknüpften Ausführungen hingewiesen.

Auch gegen die Ansicht *Orbàns* und *Weinmanns*, daß eine evtl. durch Anbau verursachte Gefäßzerrung „nur in unmittelbarer Berührung mit der Apposition stehen“, „und nicht an der gegenüberliegenden Wand des Markraumes eintreten kann“, lassen sich diese Befunde *Mitterstillers* anführen, und es braucht auch nur auf die *Tatsache* hingewiesen werden,

daß es von den meist axial in den Knochenmarkräumen gelegenen Arterien zur allseitigen Abgabe von Capillaren kommt, die dann in weite ganz dünnwandige Venen übergehen. Es ist damit ohne weiteres die Vorstellung nahegelegt, daß durch Anbau neben einer Erhöhung des Gewebsdruckes auch eine Zerrung der Gefäße und auch des Endosts *abseits* von der Apposition herbeigeführt werden kann.

Um ihre Ansicht zu bekräftigen, bringen *Orbàn* und *Weinmann* Abbildungen von Markräumen, die allseits von breiten kalklosen Säumen besonders eingeengt sind, und von Periodontalraumanteilen, die gleichfalls durch Anlagerungen breiter kalkloser Säume an den Alveolarknochen zum Teil fast ganz verödet erscheinen. Sie heben hervor: Trotz der mächtigen Anbildungen fehlt hier ausgedehnter Abbau. *Als ob dies nicht selbstverständlich wäre, wenn sich gleichzeitig und im gleichen Maße rings um einen solchen Markraum Anbau angeregt findet!*

Auch der weitere Hinweis der Autoren auf die Verlegung des Periodontalraumes durch Anbau an den Zahnfachknochen ist für ihre gegnerische Stellungnahme ohne jede Beweiskraft, denn erstens besteht wohl ein beträchtlicher anatomischer und funktioneller Unterschied zwischen dem Periodontalraum, den man geradezu als Syndesmose bezeichnen dürfte, und einem Markraum, und schließlich müssen — *was wir immer wieder betonen* — für die Umbauvorgänge am Zahnfachknochen sowie am Zement vor allem *funktionell-mechanische Reize* in Betracht gezogen werden.

Aber das eigentliche Zweckziel der angeführten Einwände der genannten Forscher tritt erst im zweiten Teil ihrer Abhandlung klarer hervor, indem sie sich gegen die Untersuchungen von *Bauer*^{8, 9} und *Häupl-Lang*⁷ wenden, mit denen diese die spekulativen Gedankengänge *Gottliebs*¹⁰ und dessen Mitarbeiter, zu denen auch *Orbàn* und *Weinmann* zählen, ablehnten. Es werden hierbei Anschauungen zu Hilfe gezogen, die sich ihrem Wesen nach und in ihren Folgerungen über gut belegte Erkenntnisse der Histologie und Pathologie hinwegsetzen, indem sie glaubhaft zu machen versuchen, daß die Reize zum Abbau von dem Knochengewebe selbst ausgehen, also von der „Qualität“ desselben abhängig sind, wofür ihr Mitarbeiter *Georg Stein* in einer neuesten Arbeit den Ausdruck wählt, daß verkalkter Knochen „lieber“¹³ (S. 305) resorbiert werde als unverkalkter.

Bevor ich auf diesen zweiten Abschnitt der Arbeit von *Orbàn* und *Weinmann* eingehe, muß ich die eben erwähnten Hypothesen *Gottliebs*¹⁰ ganz kurz klarlegen, denn ihre Besprechung leitet von selbst hinüber zur Antwort an *Orbàn* und *Weinmann*.

Gottlieb behandelt die Ab- und Anbauvorgänge am Knochen oder Zahnzement ganz und gar vom Standpunkt einer „Implantation“ dieser Hartgewebe in ein Bindegewebe und sagt: „Das Verhalten eines

Knochens- oder Dentinimplantates in einem Bindegewebslager hängt vom Zustand des Bindegewebes sowohl wie von dem des Plantates ab“; „verschiedene Partien desselben Knochen- oder Elfebeinstückes können auf periostales Bindegewebe verschieden wirken“¹⁰ (S. 300).

Bestimmend sind nach Gottlieb „Vitalität“ oder „Qualität“ des Hartgewebes für *Ab-* oder *Anbau*, und zwar derart, daß die „Resorption



Abb. 3. Übersichtsbild eines Ausschnittes aus dem Gebiete eines Keimes des ersten bleibenden, unteren Mahlzahnes mit dem darüber liegenden Rest des Milchmahlzahnes eines Hundes, der durch eine A-vitaminfreie Kost (nach Mellanby) an „Rachitis“ erkrankt war.

soweit geht, als die abgestorbenen nicht plantationsfähigen Partien sich erstrecken“, und „daß das Absterben, also der Grad der Vitalität der betreffenden Partien die Veranlassung für ihren Abbau gibt, wobei sowohl der Zustand der organischen Grundsubstanz als auch der Grad der Verkalkung maßgebend sein können“¹⁰ (S. 295). Angelagert aber wird nach Gottlieb erst, wenn „plantationsfähige“ Knochenflächen einen Reiz im Sinne der Anlagerung ausüben. In weiterer Folge seiner

Vitalitäts- und Qualitätstheorie für An- und Abbau, die, ihrem Wesen nach, die seinerzeit von *Ziegler* ausgesprochene Senescenzhypothese wiederholt, Welch letztere bereits seinerzeit von *Pommer*^{1a} (S. 68, 69, 101—105) und *Marchand*¹¹ (S. 489) mit einschneidenden Gegenbeweisen abgelehnt wurde — sie hat heute nur noch eine geschichtliche Bedeutung — betonte *Gottlieb* besonders, daß „*Osteoid nie resorbiert wird*“¹⁰ (S. 295, Fußnote). Als ich daraufhin⁸ (S. 199—201) unter Hinweis auf die Arbeiten von *Volkmann*, *v. Kölliker* und *Pommer* neuerdings unter Beibringung von Mikrophotogrammen die Unrichtigkeit dieser Behauptung *Gottliebs* vor Augen führte und so seine Unkenntnis der längst sichergestellten Tatsache, daß auch „*Osteoid*“ lacunär abgebaut wird, belegen konnte, versuchte er sich auf den Einwand zurückzuziehen, er hätte hierbei nicht *physiologisches*, sondern *pathologisches* Osteoid gemeint. Dieser willkürlichen Annahme gegenüber konnte ich dann bereits⁴ (S. 563—564) auf die schon von *Schmorl* hervorgehobene Tatsache hinweisen, daß es keinerlei morphologisch faßbaren Unterschied zwischen physiologischem und pathologischem Osteoid gibt und somit eine solche Unterscheidung ganz unzulässig ist.

In einer neuen Rückzugsbewegung beschränken sich *Gottlieb* und seine Mitarbeiter jetzt auf die schon angeführte Annahme, daß die Osteoklasten „lieber verkalktes als unverkalktes Hartgewebe fressen“; und hier setzt auch der zweite Teil der Arbeit von *Orbán* und *Weinmann* ein, indem sie sich für die physiologischen Verhältnisse, im Gegensatz zu *Pommers* Befunden bei Osteomalacie und Rachitis, die Hypothese zurechtlegen, daß „die kalklose Grundsubstanz gewöhnlich nicht resorptionsreif ist und sich nämlich unverkalktes Gewebe gegenüber Resorptionen unter physiologischen Verhältnissen widerstandsfähiger zeigt als verkalktes Gewebe“⁵ (S. 454).

Orbán und *Weinmann* vertreten so die Anschauung ihres Mitarbeiters *Kronfeld*¹², derzu folge man bei der Erklärung von Resorptionsbildern beim Zahnwechsel mit der Drucktheorie allein nicht auskommen solle. Hierfür wird dabei auf das isolierte Stehenbleiben von kalklosem Zement und Dentin in weitgreifend resorbierten Wurzeln hingewiesen, um von solchen Befunden aus für die Resorptionsvorgänge die Eigenschaften im Hartgewebe selbst und Wesensunterschiede zwischen verkalkter und kalkloser Substanz verantwortlich zu machen. *Orbán* und *Weinmann* wollen dabei ihren Abbildungen der bei der Milchzahnresorption stehengebliebenen Streifen kalklosen Hartgewebes die besondere Bedeutung beilegen, daß durch sie erst bewiesen werde, daß — wie ihr Mitarbeiter *Georg Stein*¹³ in einer neuesten Arbeit sagt — „bei gleichzeitigem Angebot die Ostoklasten eben das eine Gewebe lieber fressen als das andere“, und daß nach der Anschauung *Georg Steins* erst die Kalkeinlagerung in das kalklose Gewebe dieses Gewebe leichter resorbierbar mache.

Während aber *Orbàn* und *Weinmann*, wie gesagt, bei ihren Ausführungen über den Widerstand des *physiologischen unverkalkten Gewebes* gegen den Abbau eben die *physiologischen Verhältnisse* hervorheben, wird von *Stein*, der durch Säuren entkalkten Knochen eingepflanzt hat, *daraufhin die Seltenheit von Abbaulacunen am entkalkten Implantat* gegenüber dem häufigen Vorkommen von Lacunen im kalkhaltigen

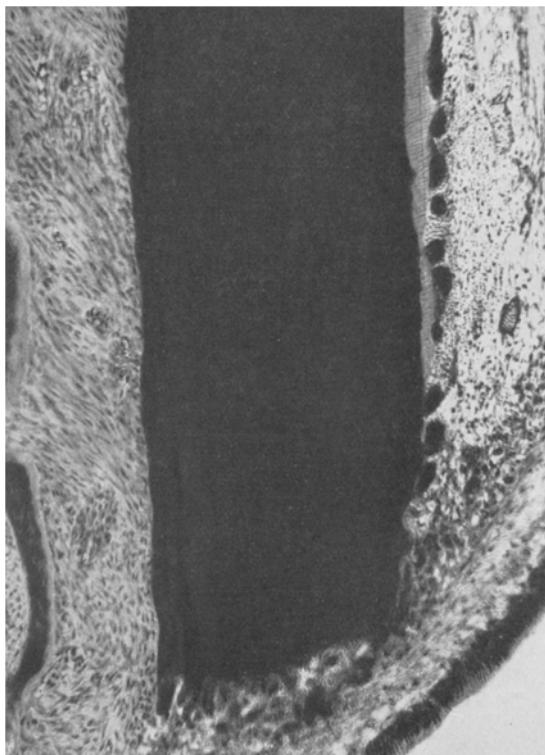


Abb. 4. Teilbild aus Abb. 3. Unteres dem Mahlzahnkeime zugekehrtes Ende der Zement-Dentin-Spange des in Abbau befindlichen Milchmahlzahnrestes. Eine Reihe von Ostoklasten nagt pulpa-wärts die unverkalkte Zahndeinzone an und ist im untersten Anteile der Spange nach Abbau des unverkalkten Dentins in das verkalkte Zahndein vorgedrungen.

Knochen hervorgehoben. — Sind die mit 5 proz. *Salpetersäure vorbehandelten*, eingepflanzten Knochen auch nach *Orbàn* und *Weinmann physiologisches kalkloses Gewebe*?

Ich glaube, daß die Befunde *Steins* ihre Erklärung darin finden, daß der Untersucher mit Säure vorbehandelte, nachträglich nur gewässerte und nicht entsäuerte, nicht sorgfältig neutralisierte Knochen verpflanzt hat, die sich daher dem *Keimgewebe* gegenüber wie ein *vergifteter Knochen* verhielten.

Wer sich aber mit den Ergebnissen der Untersuchungen *Pommers* vertraut gemacht hat, kennt viel eindeutigere Belege dafür, daß man, wie eingangs bereits hervorgehoben wurde, um die Eigenartigkeit mancher Resorptionsbefunde zu erklären, sowohl an den geringeren mechanischen Widerstand der kalklosen Knochensubstanz als auch an ihre chemische Verschiedenheit, also an ihren Mangel an Kalksalzen zu denken hat. Einschlägige Befunde bieten manche Abbildungen *Pommers* dar, so Abb. 23, 32, 47, 54, (^{1e}) bzw. Abb. 10, 20 (^{1g}).

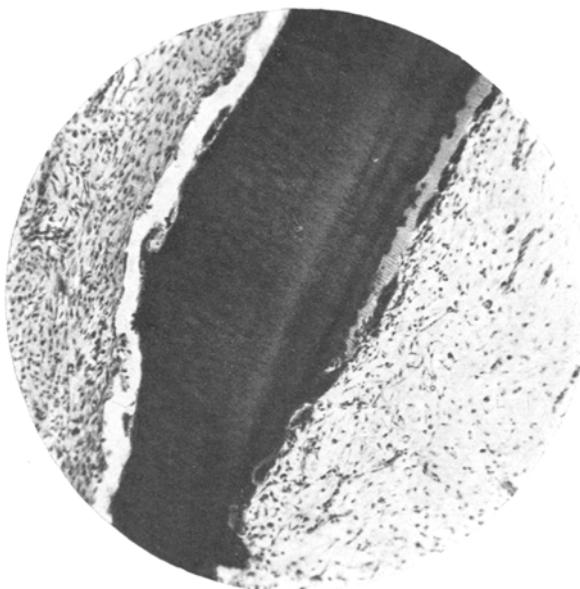


Abb. 5. Teilbild aus Abb. 1. Dentinrest aus dem Wurzelgebiet des in Abb. 1 rechts dargestellten, in Abbau befindlichen Milchmahlzahnes eines Hundes. Das periodontale Weichgewebe zeigt sich links von dem Dentinrest bei Herstellung des Präparates abgehoben, während pulpawärts (rechts im Bilde) längliche Ostoklasten das kalklose Zahndein abbauen und im untersten Abschnitt bereits dem verkalkten Zahndein anliegen.

Bei den zur Erklärung solcher Befunde heranzuziehenden Eigenheiten der kalklosen Knochensubstanz handelt es sich um Faktoren, die für den örtlichen Ablauf der Resorptionsvorgänge, insbesondere für die Lacunentiefe und -form von mitbestimmendem Einfluß sind. Nicht aber um Wesensunterschiede im Sinne der hypothetischen „Resorptionsreife“ eines Hartgewebes.

Der Reiz zur Bildung und Betätigung der Ostoklasten geht von der Steigerung des Blutdruckes und den dadurch bedingten Wesens- und Gradänderungen der Gewebe, d. i. der Ernährungsflüssigkeit aus, während die Eigenschaften des Knochengewebes, soweit sie chemischer oder mechanischer Natur sind, nur die Ausbildung, insbesondere die Tiefen- und Flächen-

ausdehnung und die Form der Ostoklasten und Lacunen beeinflussen und bestimmen, wie das von Pommer wiederholt, auch wieder in neuerer Zeit dargelegt wurde, so nicht nur in den eingangs hervorgehobenen Ausführungen. (Vgl. ^{1d}, S. 12 und ^{1e}, S. 332), sondern auch neuerdings in ^{1g}, S. 15f. und ^{1h}, S. 415ff.).

In Analogie mit den gemeinten eingangs angeführten Resorptionsbefunden Pommers an den osteomalacischen und rachitischen Knochen ließen die von mir untersuchten zellig angenagten *Milchzahnwurzeln* rachitischer oder nicht rachitischer Kinder sowie rachitischer oder nicht

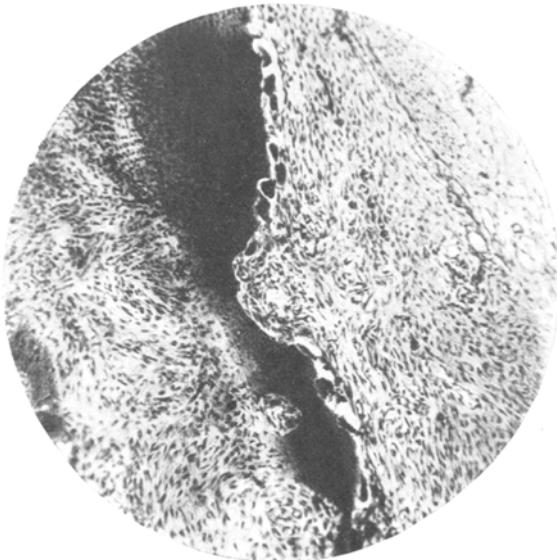


Abb. 6. Teilbild aus Abb. 1. Zement-Dentinrest aus dem Wurzelgebiet des in Abb. 1 links dargestellten, stark abgebauten Milchmahlzahnrestes. Der von der Pulpa her vordringende ostoklastische Abbau hat nur eine schmale Spange verkalkten Dentinements übrig gelassen. Diese pulpwärts gelegene Begrenzung mit Ostoklasten belegt.

rachitischer Hunde (Abb. 1 u. 3) beobachten, daß die Ostoklasten, mit dem Abbau an dem kalklosen Hartgewebe beginnend, nach Resorption desselben in das gutverkalkte Knochen- bzw. Dentin- und Zementgewebe eindringen; so sieht man z. B. oft, wie eine geschlossene Ostoklastenreihe von dem breit eröffneten Pulpahohlräum des Milchzahnes aus zum Teil das unverkalkte Zahndein, zum Teil nach Abbau desselben das verkalkte Dentin annagt (Abb. 4, 5 u. 7).

Wenn Orbán und Weinmann aus stehengebliebenen Resten von unverkalktem Hartgewebe so schwerwiegender Schlüsse ziehen, so muß dem entgegenhalten werden, daß das Mikroskop uns vor allem Augenblicksbilder vermittelt. Schlüsse auf eine Verschiedenheit des zeitlichen

Ablaufes von Resorptionen im unverkalkten und verkalkten Hartgewebe können nur dann zulässig sein, wenn eine fortlaufende Ostoklastenreihe auf beiden Geweben gleichzeitig in Tätigkeit gesehen wird, wie dies besonders in Abb. 4, 5 und auch 7 der Fall ist. In jenen liegen mächtige Ostoklasten dem unverkalkten Dentin einer Milchzahnwurzel eines Hundes auf und sind nach Abbau der unverkalkten Zone im untersten Abschnitt in die verkalkte Zahnbeinschicht vorgedrungen. Wird nun entsprechend den Verhältnissen der anliegenden Weichgewebe weiter abgebaut, so kann schließlich ein Befund aufgenommen werden, der,

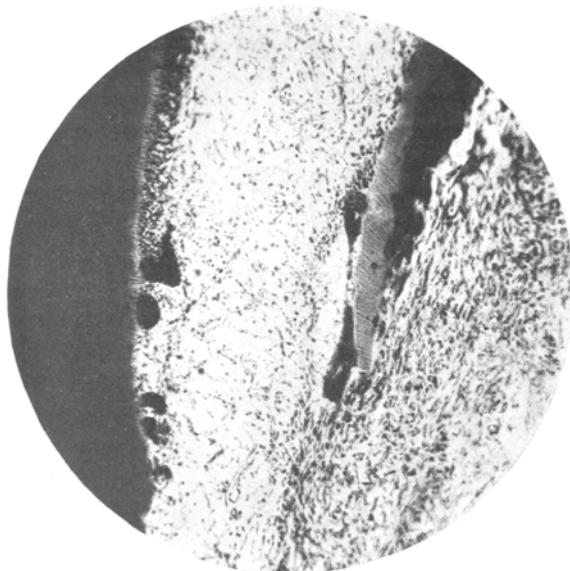


Abb. 7. Teilbild aus Abb. 1. Gebiet aus dem Wurzelteilungsbereiche des in Abb. 1 links dargestellten Milchmahlzahnes. An der rechte in der Abbildung sichtbaren Dentinspitze ist das verkalkte Hartgewebe im untersten Bereich durch ostoklastischen Abbau verloren gegangen, so daß nur ein Vorsprung unverkalkten Dentins übrig blieb; aber auch diesem liegen pulpa-wärts einige mächtige Ostoklasten an. Am gegenüberliegenden (links im Bilde) Dentinmantel ist das unverkalkte Dentin durch noch anliegende Ostoklasten zum Teil weggefressen.

wie die Abb. 6, einen letzten stehengebliebenen Rest *verkalkten* Zahnbeins und Zements darstellt.

So konnten wir darlegen, wie der Abbau zuerst die kalklose Schicht und nachher erst das verkalkte Gewebe betrifft. Natürlich ist, der Ausgangsstelle der Resorption entsprechend, auch die *umgekehrte* Reihenfolge möglich, d. h. der Abbau kann vom periodontalen Weichgewebe aus zuerst an dem verkalkten Dentin einsetzen, dasselbe verschwinden lassen, so daß schließlich pulpa-wärts eine *unverkalkte* Zahnbeinlage übrigbleibt und zur Resorption gelangt (Abb. 7).

Gelegenheit zu entsprechenden Resorptionsbefunden an unverkalkten *Knochenbälkchen* boten sich ebenfalls, und zwar am Zwischenzahnfachknochen in einem meiner Präparate dar, wie die Abb. 2 beweist, in der sich ein noch in Anbildung begriffenes unverkalktes Knochenbälkchenfeld auf einer (der oberen) Seite von einer ganzen Reihe riesenzelliger Ostoklasten eingenommen zeigt.

Ebenso wie sich unter Umständen begreiflicherweise die stehengebliebenen Reste des verkalkten oder unverkalkten Hartgewebes von Ostoklasten besetzt finden, *so können die Ostoklasten auch fehlen*, indem sie entweder zugrunde gegangen oder zeitweise überhaupt nicht zur Ausbildung gelangt sind und die *Oberflächen der Reststücke zeitweilig überhaupt einen aplastischen Zustand darbieten*.

Die Befunde von *Orbán* und *Weinmann*, die so willkürlich gedeutet wurden, *finden ihre Erklärung darin, daß die Ostoklasten, von der Seite des verkalkten Dentins bzw. Zements vordringend, zuletzt an die unverkalkte Schicht gelangt sind*, an der sie noch weiternagen, wie auch die Abb. 7 ihrer Arbeit erkennen läßt. *Wir lehnen es ab, derartige durch rein örtliche Verhältnisse (Lageverhältnisse der angenagten Gewebe und der Ostoklasten) bedingte Befunde unberechtigterweise in dem Sinne auszulegen, daß die Beschaffenheit des Hartgewebes, seine verkalkte oder kalklose Beschaffenheit einen Einfluß auf den Eintritt lacunärer Resorption, also auf die Ostoklastenentstehung nimmt*. Dagegen sprechen ja schon die Befunde, in denen man von Ostoklasten die Grenzbereiche kalkhaltiger und noch unverkalkter Knochengebiete im gleichen Maße *einheitlich* angenagt findet. Befunde solcher Art hat *Pommer* bereits in seiner ersten Arbeit hervorgehoben und abgebildet^{1a} (S. 69, 70, Abb. 36), und auch später noch hat er wieder ihre Bedeutung für die Theorie der lacunären Resorption gekennzeichnet (^{1b} S. 320f., ^{1c} S. 120, Abb. 22 und deren Erklärung S. 489).

Zusammenfassung.

Die ursächlichen Bedingungen für den An- und Abau der Zahnhartsubstanzen liegen nicht in Wesensverschiedenheiten dieser Gewebe selbst, vielmehr ganz allein in den Zuständen und Veränderungen der angrenzenden Weichgewebe und in ihren Blutstromverhältnissen.

Die Zahnsubstanzen verhalten sich gleich dem Knochengewebe, sowohl beim An- als auch beim Abbau vollkommen passiv.

Chemische Verschiedenheiten oder Verschiedenheiten des mechanischen Widerstandes der Zahn- und Knochengewebe, wie sie im Verkalkt- oder Unverkalktsein gegeben erscheinen, können nicht als Anregungen zu Resorptionsvorgängen betrachtet werden, sondern lediglich, worauf schon *Pommer* wiederholt hinwies, für die Form der Ostoklasten und Lacunen sowie für die Tiefe der letzteren von Belang und Einfluß sein.

Schrifttum.

- ¹ Pommer, G. a) Über die lacunäre Resorption in erkrankten Knochen. Sitzgsber. der Akad. Wiss. Wien, Math.-naturwiss. Kl. **83**, H. 2, 17—140 (1881) — b) Über die Ostoklastentheorie. Virchows Arch. **92**, H. 2/3, 296—360 u. 449—519 (1883) — c) Untersuchungen über Osteomalacie und Rachitis nebst Beiträgen zur Kenntnis der Knochenresorption und -apposition in verschiedenen Altersperioden und der durchbohrenden Gefäße. Leipzig: Verlag Vogel 1885 — d) Ein anatomischer Beitrag zur Kenntnis des Wachstums im Bereich angeborener Defekte. Roux' Arch. **22**, H. 3, 370—444 (1906) — e) Über die Beziehungen der Arthritis deformans zu den Gewerbeleiden. Das österr. Sanitätswesen **1915** — f) Bemerkungen zu den Lehren vom Knochenschwund. Roux' Arch. **102**, H. 1/3, 324—336 (1924) — g) Über Osteoporose, ihren Ursprung und ihre differential-diagnostische Bedeutung. Arch. klin. Chir. **136**, H. 1, 1—68 (1925) — h) Zur Kenntnis der mikroskopischen Befunde der Knochenanbildung und ihrer Untersuchungsmethoden (nebst Bemerkungen zur Ostoklastenlehre). Z. Anat. **75**, H. 3/4, 382—423 (1925). — ² Weidenreich, Fr., Knochenstudien I. Teil. Z. Anat. **69** (1923). — ³ Lang, F. J., Von den mikroskopischen Befunden der Knochenanbildung und ihren Abänderungen unter störenden Einwirkungen. Z. Anat. **75**, H. 3/4 (1925). — ⁴ Schulze, Werner, Die Anwendung neuerer mikroskopischer Elektrolytreaktionen auf das Verkalkungsproblem bei der Osteogenese. Roux' Arch. **106** (Braus-Gedächtnisband). — ⁵ Orbán, B., und J. Weinmann, Die ursächlichen Bedingungen für den Abbau der Hartsubstanzen. Virchows Arch. **27**, H. 2 (1928). — ⁶ Mitterstiller, S., Beiträge zur Kenntnis der mikroskopischen Befunde bei Pseudarthrosen nebst allgemeinen Erörterungen über die Entstehungsbedingungen und Schicksale derselben. Arch. klin. Chir. **122**, H. 4, 939—1008 (1923). — ⁷ Häupl, K., und F. J. Lang, Die marginale Parodontitis. Berlin: Verlag Meusser 1927. — ⁸ Bauer, W., Die Appositions- und Resorptionsvorgänge an Knochen und Zähnen. Z. Stomat. **23**, H. 3 (1925). — ⁹ Bauer, W., Zum Kapitel der Knochen und Zähne im Wechsel ihrer formalen Erscheinungen unter physiologischen und pathologischen Umständen. Z. Stomat. **1925**, H. 6. — ¹⁰ Gottlieb, B., Histologische Untersuchung einer geheilten Zahnfraktur. Z. Stomat. **1922**, H. 5. — ¹¹ Marchand, F., Der Prozeß der Wundheilung mit Einschluß der Transplantation. Stuttgart: Enke 1901. — ¹² Kronfeld, R., Spielt die Qualität der Hartsubstanzen bei der Resorption eine Rolle? Z. Stomat. **1927**, H. 11. — ¹³ Stein, Georg, Plantationsstudien. Z. Stomat. **1928**, H. 3.