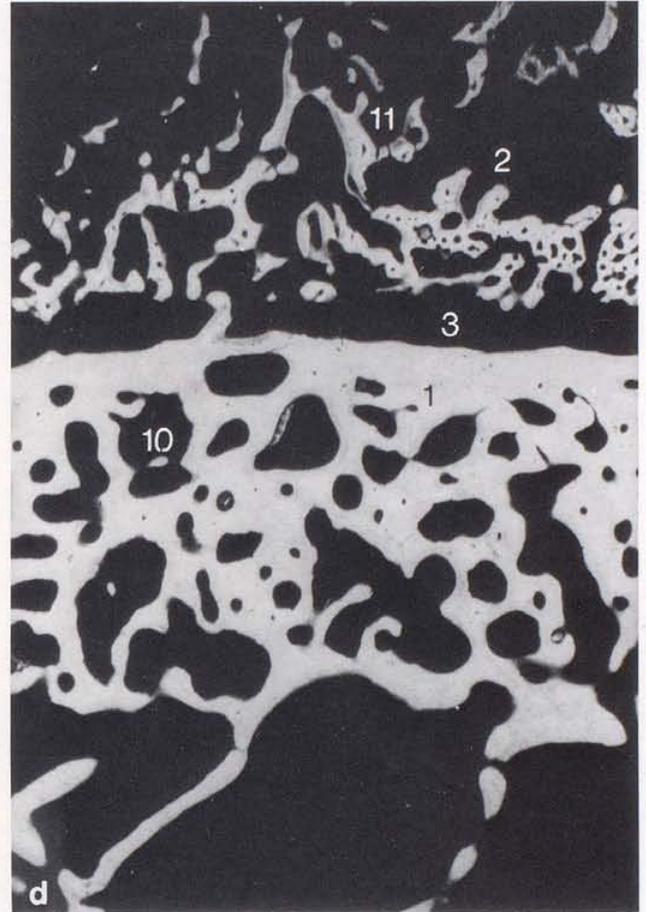

Archäologie und Museum

Tagungsberichte zum
Paläopathologischen
Symposium in Liestal
(Baselland)
21.–23. Juni 1984

Band 1



Michael Schultz

Die mikroskopische Untersuchung prähistorischer Skelettfunde

Anwendung und Aussagemöglichkeiten
der differentialdiagnostischen Untersuchung
in der Paläopathologie

Heft 006

Berichte aus der Arbeit des Amtes
für Museen und Archäologie des
Kantons Baselland

Umschlagbild: Abbildung 13 d

Herausgegeben vom Amt für Museen und Archäologie BL, Liestal,
und dem Anthropologischen Forschungsinstitut Aesch

Zu beziehen beim

Amt für Museen und Archäologie BL
Rathausstr. 2
CH 4410 Liestal

Typoscript:	Doris Vogel
Redaktion und Gestaltung:	Jürg Tauber
Druck:	Lüdin AG, Liestal

© copyright 1986

Amt für Museen und Archäologie BL
Liestal/Schweiz

ISBN: 3-905069-01-6

Archäologie und Museum

Tagungsberichte zum
Paläopathologischen
Symposium in Liestal
(Baselland)
21.–23. Juni 1984

Band 1

Michael Schultz

Die mikroskopische Untersuchung prähistorischer Skelettfunde

Anwendung und Aussagemöglichkeiten
der differentialdiagnostischen Untersuchung
in der Paläopathologie

Heft 006

Berichte aus der Arbeit des Amtes
für Museen und Archäologie des
Kantons Baselland

Paläopathologie - die Lehre von den Krankheiten der Menschen aus früheren Zeiten - ist erst in den letzten Jahren zu einer eigenständigen Wissenschaft geworden und hat ihren Platz innerhalb der historischen Anthropologie gefunden. Immer haben krankhafte Befunde an menschlicher und tierischer Skeletteile schon immer das Interesse von Fachleuten und Laien geweckt, aber immer galt dieses Interesse dem Spektralkranken, Einzeltypen des hochsten Falles.

Die grundsätzliche Ausstattungserweiterung der Anthropologie mit den Krankheiten des Mittelalters hat ihren Niederschlag in mehreren Ausstellungen gefunden. Ural davon konnten in Fischlauer 1965 in Bonn im Alten Zeughaus in Linz (Kartensammlung) gewinnend gezeigt werden.

"Krankheit und Heilung, Arm und Hilfe" wurde von den Herren Prof. J. Fuchs (Willingen) und Dr. E. Berg (Hamburg/Leer) zusammengestellt und umfasst übersichtlich die Befunde aus den Erhebungen in der Franziskanerkirche in Willingen und der Pfarrkirche von Wöhrbachkirchen (Steier). Diese wertvollen Kenntnisse über das Hoch- und Spätmittelalter sowie die frühe Neuzeit.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort der Herausgeber	5
1 Material und Methoden	7
2 Ergebnisse	26
2.1 Krankhafte Knochenveränderungen	26
2.1.1 Entzündliche Knochenerkrankungen	26
2.1.2 Knochengeschwülste	55
2.1.3 Spongiöse Hyperostosen des kindlichen Schädeldaches	70
2.2 Alters- und funktionsbedingte Veränderungen des Knochengewebes	76
2.3 Dekompositionerscheinungen des Knochens	84
2.4 Pseudopathologie	108
2.5 Hitzeinduzierte Veränderungen des Knochens	116
3 Zusammenfassung	130
Summary	131
Literaturverzeichnis	132

Paläopathologie - die Lehre von den Krankheiten der Menschen aus früheren Zeiten - ist erst in den letzten Jahren zu einer eigentlichen Wissenschaft geworden und hat ihren Platz innerhalb der historischen Anthropologie gefunden. Zwar haben krankhafte Befunde an menschlichen und tierischen Gebeinen schon immer das Interesse von Fachleuten und Laien geweckt, aber immer galt dieses Interesse dem Spektakulären, Einmaligen des konkreten Falles.

Die grundsätzliche Auseinandersetzung der Anthropologen mit den Krankheiten des Alltags hat ihren Niederschlag in mehreren Ausstellungen gefunden. Drei davon konnten im Frühsommer 1984 im Museum im alten Zeughaus in Liestal (Kantonsmuseum Baselland) gemeinsam gezeigt werden.

"Krankheit und Heilung, Armut und Hilfe" wurde von den Herren Dres. J. Fuchs (Villingen) und D. Buhmann (Homburg/Saar) zusammengestellt und umfasste thematisch die Befunde aus den Grabungen in der Franziskanerkirche in Villingen und der Pfarrkirche von Wiebelskirchen (Saar). Ihren zeitlichen Rahmen bildete das Hoch- und Spätmittelalter sowie die frühe Neuzeit.

Ganz auf das Frühmittelalter ausgerichtet war die von Frau Dr. R. Wolf (Stuttgart) und Herrn Dr. A. Czarnetzki (Tübingen/Freiburg) am Württembergischen Landesmuseum Stuttgart gestaltete Ausstellung **"Menschen des Frühen Mittelalters im Spiegel der Anthropologie und Medizin"**, deren Material durchwegs aus Beständen des süddeutschen Raumes stammte.

Im Gegensatz dazu wollte die dritte Ausstellung - **"Diagnose am Skelett"** -, die an der Anthropologischen Abteilung des Naturhistorischen Museums Basel (Herren Dr. B. Kaufmann und Prof. S. Scheidegger, Frau M. Schoch MA) entstanden ist, die bisherigen Erkenntnisse und Befunde systematisch darstellen.

Gleichzeitig mit der Idee zu dieser dreiteiligen Ausstellung entstand auch der Gedanke an ein Treffen von Fachleuten. Das Symposium konnte vom 21.-23. Juni 1984 mit internationaler Beteiligung ebenfalls in den Räumen des Museums im alten Zeughaus in Liestal abgehalten werden.

Der hier vorliegende Band - er ist der erste von dreien - möchte als Einführung in die Paläopathologie verstanden werden und auf die Wichtigkeit histologischer Arbeit für dieses Fachgebiet hinweisen. Die beiden folgenden sollen die übrigen Schwerpunkte des Symposiums, vor allem die Geschichte der Siphylis und die Systematik der Wirbelsäulenerkrankungen und der Tumoren darlegen, enthalten aber auch die übrigen Referate des Symposiums. Aus der bescheiden geplanten Publikation ist ein Werk geworden, von dem sich die Herausgeber erhoffen, dass es in gewissen Bereichen bahnbrechend wirken wird.

Aesch/Liestal, September 1986

J. Ewald, B. Kaufmann, J. Tauber

Die mikroskopische Untersuchung prähistorischer Skelettfunde

Anwendung und Aussagemöglichkeiten der differentialdiagnostischen Untersuchung in der Paläopathologie

Michael Schultz

Zentrum Anatomie der Georg-August-Universität Göttingen

Wie Veröffentlichungen der letzten Jahre belegen, wird der Paläopathologie von den unterschiedlichsten Fachgebieten - wie Anatomie, Pathologie, Geschichte der Medizin, Anthropologie, Vor- und Frühgeschichte und Ethnologie - in zunehmendem Masse Interesse entgegengebracht (WOOD 1979, BUIKSTRA 1981, ORTNER und PUTSCHAR 1981, ZIMMERMAN und KELLEY 1982, ŽIVANOVIĆ 1982, GRMEK 1983, HART 1983, MANCHESTER 1983, MERBS 1983 und SPITERY 1983). Untersuchungen an prähistorischem Skelettmaterial werden heute noch in den meisten Fällen nur mit makroskopischen Methoden durchgeführt, d.h. die Skelettfunde werden makroskopisch begutachtet, ohne dass eine histologische Untersuchung erfolgt. Häufig wird das Material röntgenologisch untersucht. In einigen Fällen wird zudem eine Diagnose am Sägeschnitt vorgenommen. Dabei werden krankhaft veränderte Langknochen entweder in der Frontal- bzw. Sagittalebene längs, oder in der Transversalebene quer aufgesägt, um anhand der Sägeflächen Informationen über krankheitsspezifische Strukturen zu erhalten. An prähistorischem Skelettmaterial kamen mikroskopische Methoden bisher relativ selten zur Anwendung (z.B. MOODIE 1923, WEBER 1927, MICHAELIS 1930, PALES 1930, WILLIAMS 1932, BAUD 1972, ASCENZI 1976, HACKETT 1976, STOUT und SIMMONS 1979, SCHULTZ 1978 a, 1978 b, LAGIER und BAUD 1980, SCHULTZ und XIROTIRIS 1981, ARNAUD et al. 1981, HACKETT 1981, SCHULTZ und SCHWARTZ 1982, KRAMAR et al. 1983, SCHULTZ et al. 1984, SZILVÁSSY et al. 1984, TESCHLER-NICOLA und SCHULTZ 1984).

Einige Autoren sind der Meinung, dass mit Hilfe mikroskopischer Methoden keine relevanten Befunde erhoben werden können (z.B. ORTNER und PUTSCHAR 1981, Seite 52: "as a general rule, in archeological skeletal material, microscopic data add little to what can be seen grossly or on X-ray films."). Dieser Beitrag soll anhand einiger Beispiele zeigen, dass gerade die mikroskopische Untersuchung in der Lage ist, Fragen zu beantworten, die mit Hilfe anderer Methoden nur unzureichend oder gar nicht geklärt werden können.

1 Material und Methoden

Die Beurteilung histologischer Präparate zur differentialdiagnostischen Abgrenzung verschiedener Knochenkrankheiten sowie die Beurteilung von postmortalen Veränderungen am Knochen setzen eine gute Kenntnis der mikroskopischen Anatomie

*Mit Unterstützung durch die DFG (Schu 396/3-3)

des gesunden Knochengewebes voraus. Da die Histologie des gesunden Knochengewebes nicht Ziel dieses Beitrages ist, sei auf die einschlägigen Lehrbücher verwiesen: z.B. PETERSEN 1930, SCHAFFER 1930, WEIDENREICH 1930, FROST 1964, HANCOX 1972, LITTLE 1973, KNESE 1979, BACON und NILES 1983 (Gesundes Knochengewebe siehe Abb. 1 bis 4).

Im allgemeinen handelt es sich bei den aus archäologischen Grabungen geborgenen Skelettfunden um subfossiles Material. Nur in seltenen Fällen wird fossiles Material zur Untersuchung gelangen (Abb. 5 bis 7). Beide Materialgruppen lassen sich gut mit den verschiedenen mikroskopischen Techniken untersuchen.

Ueblicherweise erfolgt zuerst die Untersuchung eines Präparates mit dem Lichtmikroskop im einfachen und polarisierten Durchlicht (Abb. 1 bis 7). Besonders die Untersuchung von Schliffpräparaten im polarisierten Licht liefert wertvolle Ergebnisse, da sich die Struktur des Knochenkollagens im polarisierten Licht im allgemeinen deutlich darstellt. Auch die Betrachtung mit dem Phasenkontrastmikroskop kann interessante Befunde aufzeigen (Abb. 8 d). In manchen Fällen gibt die Anfertigung einer Mikroradiographie (vgl. BAUD und MORGENTHALER 1956) wichtige Hinweise auf den Erhaltungszustand des Knochengewebes, auf die Umstände der Bodenlagerung, auf Erkrankungen des Knochens sowie auf das individuell erreichte Lebensalter (Abb. 9, 13 d, 26 b, 31 d und 43 d).

Für die Anfertigung derartiger histologischer Präparate, die auch mit den üblichen Techniken angefärbt werden können (z.B. Abb. 8 a, 11, 20 a, 33 d), wurden spezielle Verfahren entwickelt, die es erlauben, auch von sehr brüchigem Material grossflächige Knochendünnschliffe herzustellen (SCHULTZ und DROMMER 1983, SCHULTZ und BRANDT im Druck). Die Qualität histologischer Schnittpräparate, die mit einem Hartschnittmikrotom oder - nach Entkalkung - auch mit einem herkömmlichen Mikrotom hergestellt werden, ist bei weitem nicht so gut wie die von Präparaten, die mittels Schlifftechnik angefertigt werden. Mit dem Mikrotom hergestellte Schnittpräparate leiden meist unter Strukturverlust und damit bedingter Strukturverfälschung. Sie weisen häufig störende Mikrofrakturen auf.

Abb. 1

- a) Querschliff durch die Femurcompacta eines völkerwanderungszeitlichen Alamannen aus Achsheim (Bayern). Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 100-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 µm.
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht.
- c) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

- 1 = Haversscher Kanal.
- 2 = Haverssches System.

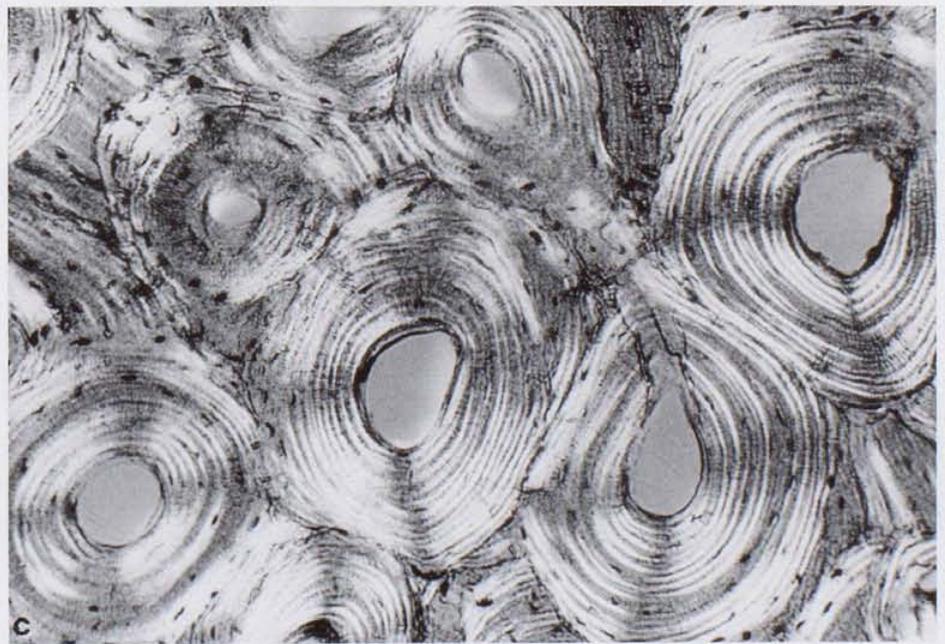
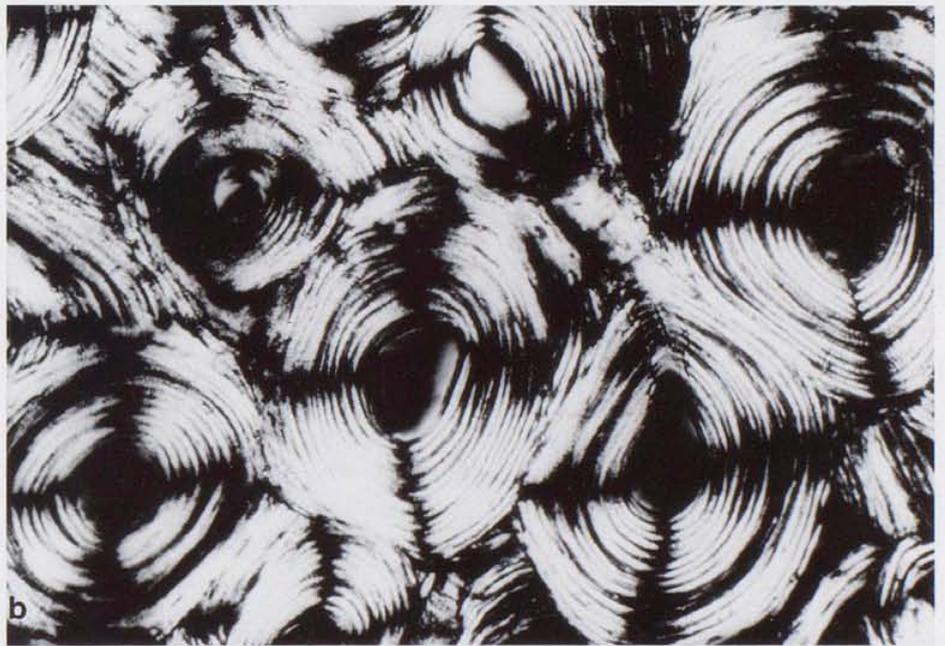
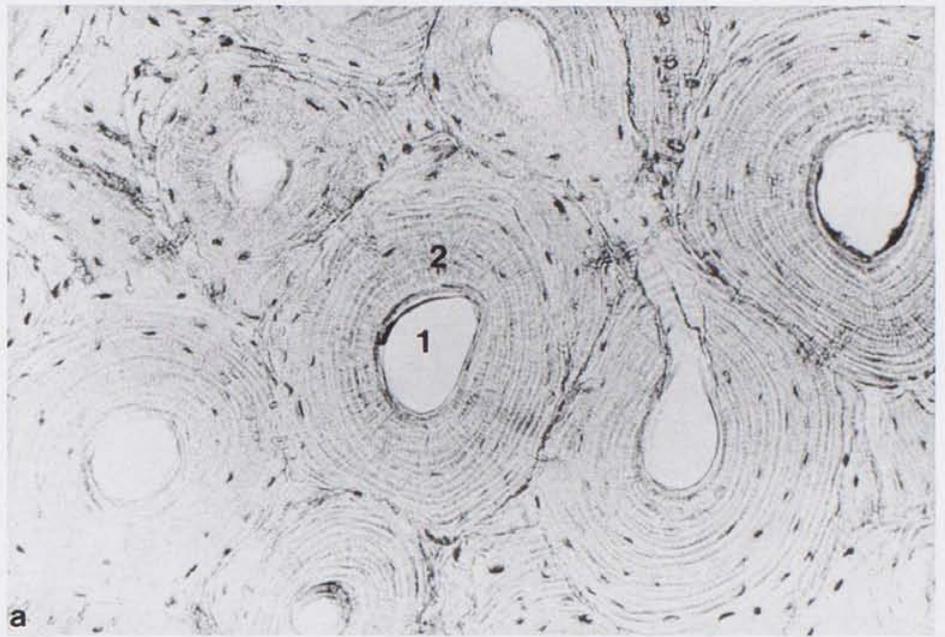


Abb. 1

Abb.2

- a) Querschliff durch die Compacta eines Femurfragmentes aus der präklassischen Siedlung von Tetelpan (Mexico). Haverssches System. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 160-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht.
- c) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).
- d) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme. Querbruch durch ein Femurfragment aus der präklassischen Siedlung von Tetelpan (Mexico). Haverssches System.

Beschriftung

- 1 = Haversscher Kanal.
- 2 = Osteozytenhöhle.
- 3 = Zirkulär angeordnete Kollagenfibrillen.

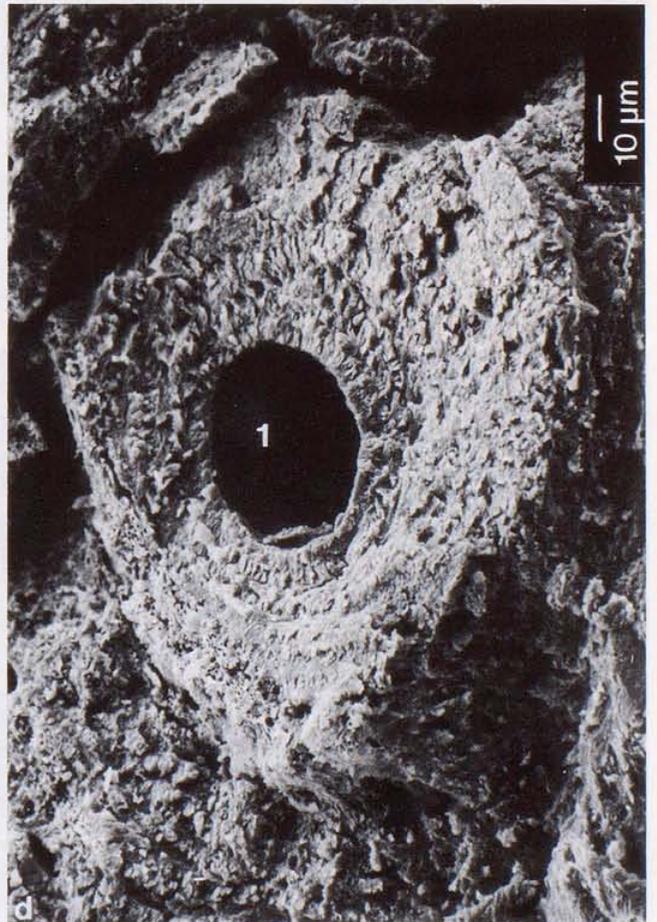
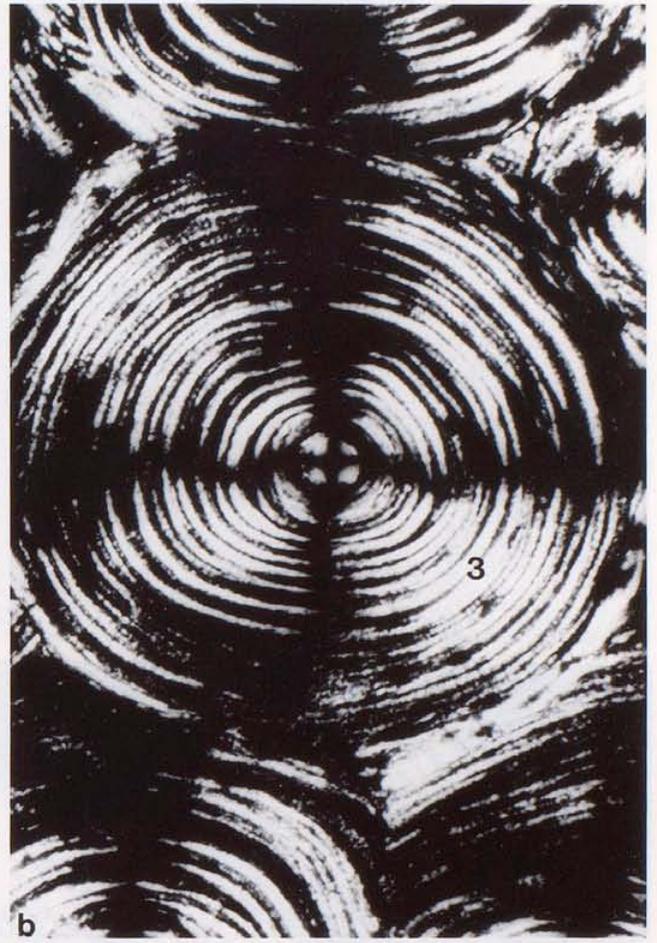


Abb. 2



Abb. 3

- a) Querschliff durch die Compacta eines Femurschaftes aus der präklassischen Siedlung Tetelpan (Mexico). Ausschnitt aus einem Haversschen System. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 160-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).
- c) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme. Querbruch durch ein Femurfragment aus der präklassischen Siedlung Tetelpan (Mexico). Ausschnitt aus einem Haversschen System.

Beschriftung

- 1 = Haversscher Kanal.
- 2 = Osteozytenhöhle.
- 3 = Zirkulär angeordnete Kollagenfibrillen.

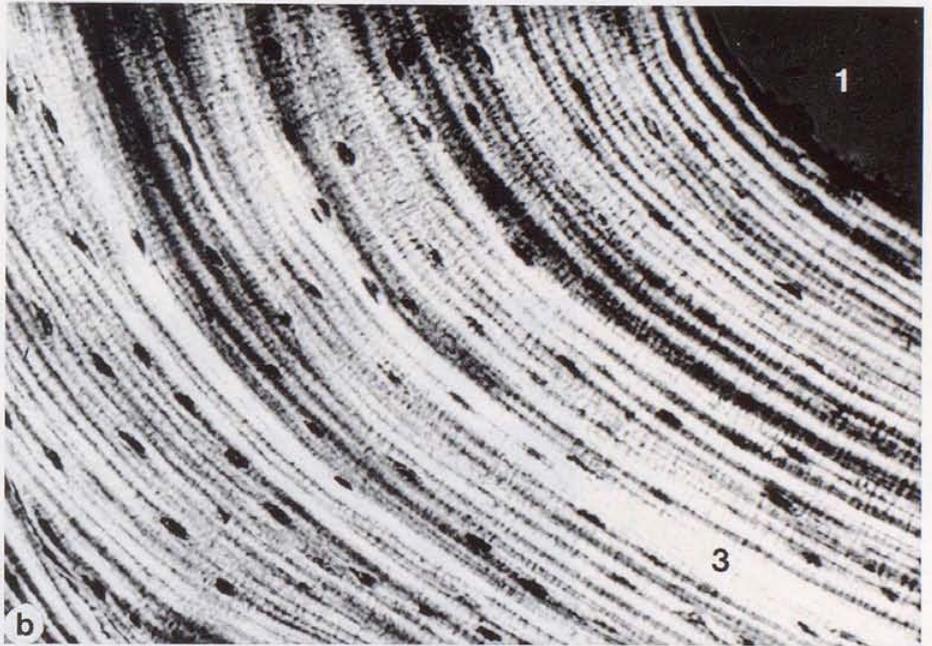


Abb. 3

Abb. 4

- a) Schliff durch das Stirnbein eines etwa eineinhalbjährigen Kindes aus dem spätmittelalterlichen Friedhof des Klosters tom Roden (Westfalen). Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 25-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).
- c) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme. Spongiosa aus dem Metaphysenbereich eines rezenten Langknochens.

Beschriftung

- 1 = Lamina externa.
2 = Diploë.
3 = Lamina interna.

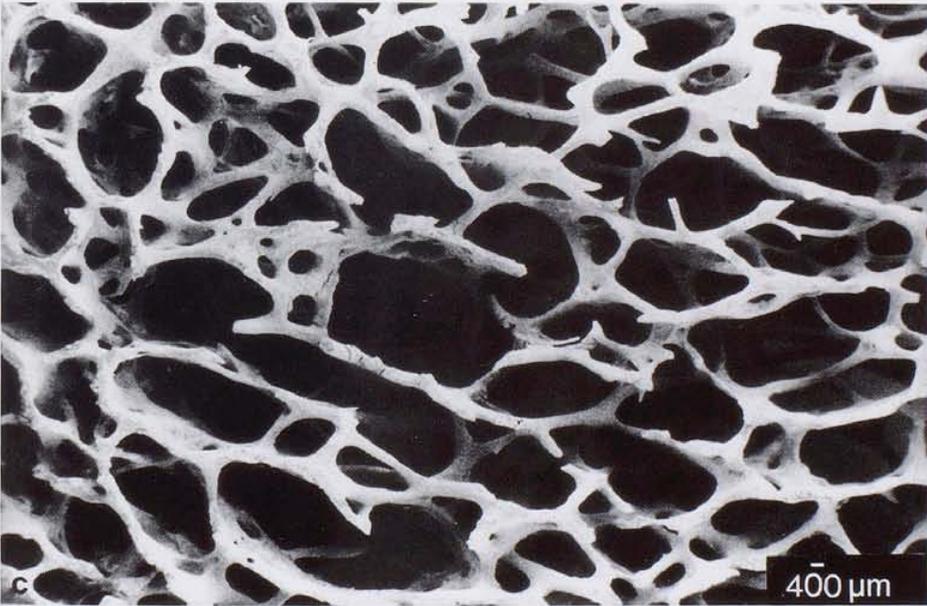
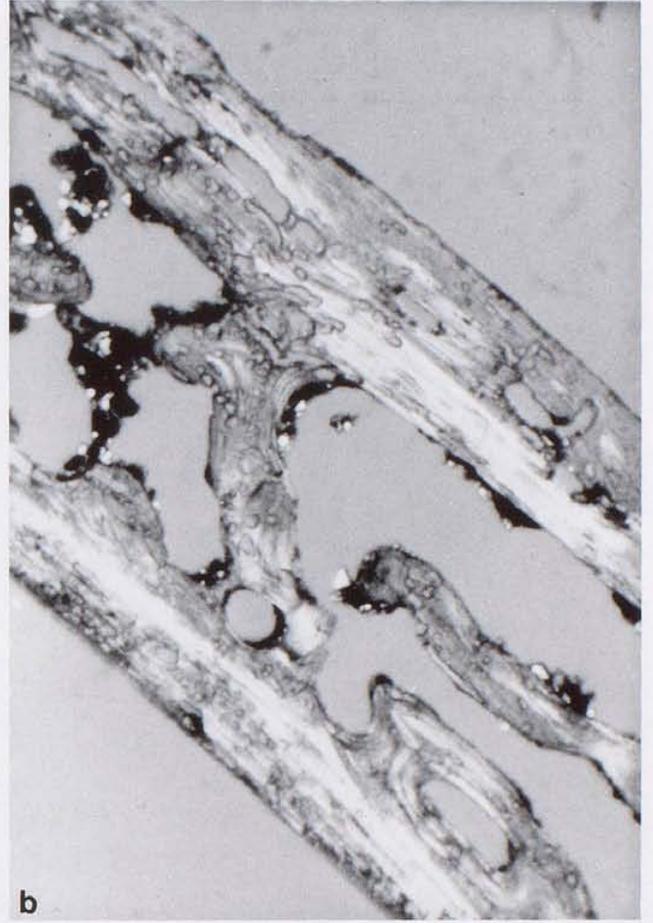
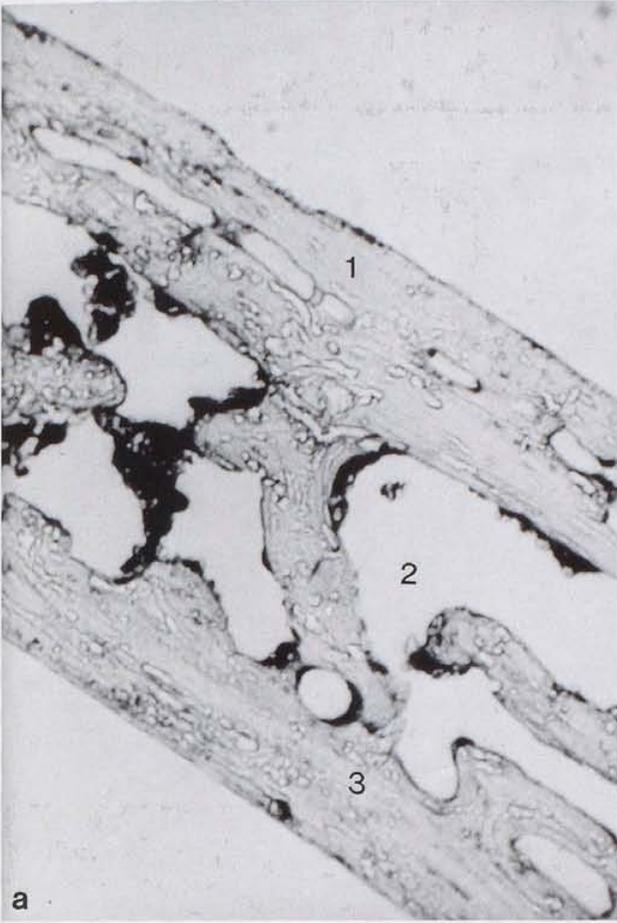


Abb. 4



Abb. 5

- a) Querschliff durch einen fossilen Haifischzahn. Die Dentinstruktur erinnert sehr stark an den Aufbau der Haversschen Systeme des Knochens. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 100-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht.
- c) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

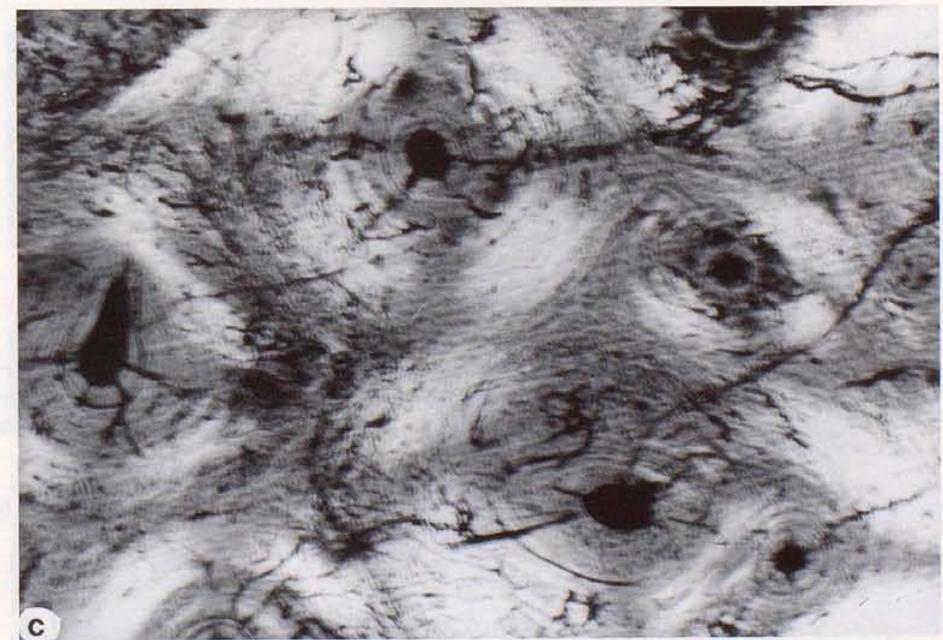
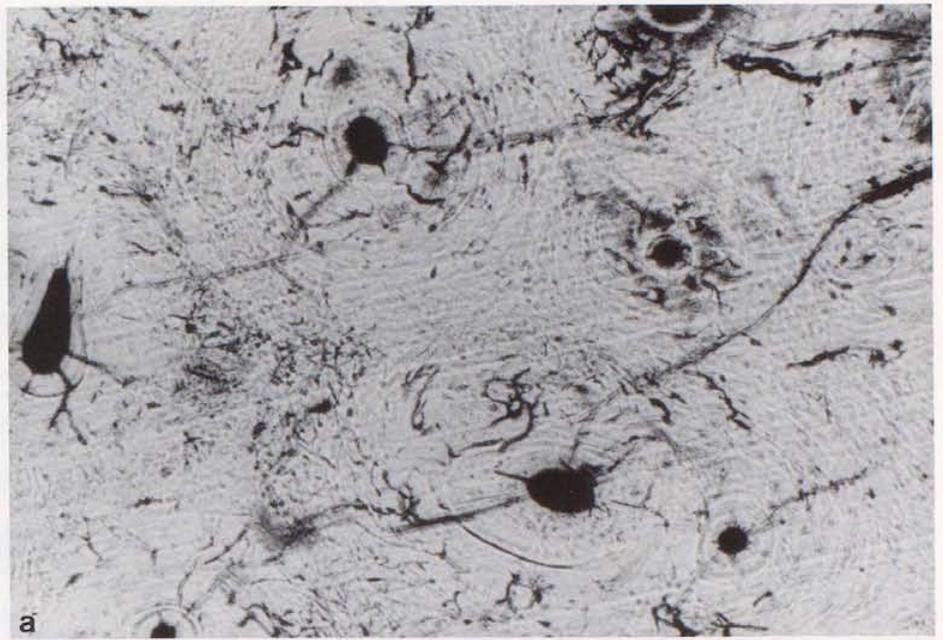


Abb. 5



Abb. 6

- a) Querschliff durch ein fossilisiertes Knochenfragment eines **Australopithecus** aus Swartkrans (Südafrika). Der Bereich der Spongiosaräume ist zum Teil vollständig sekundär ausmineralisiert worden. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 25-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht.
- c) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

- 1 = Knochenbälkchen.
2 = Kollagenfibrillen.
3 = Im Zuge der Fossilisation gebildete Kristalle.
4 = Postmortale Mikrofraktur.

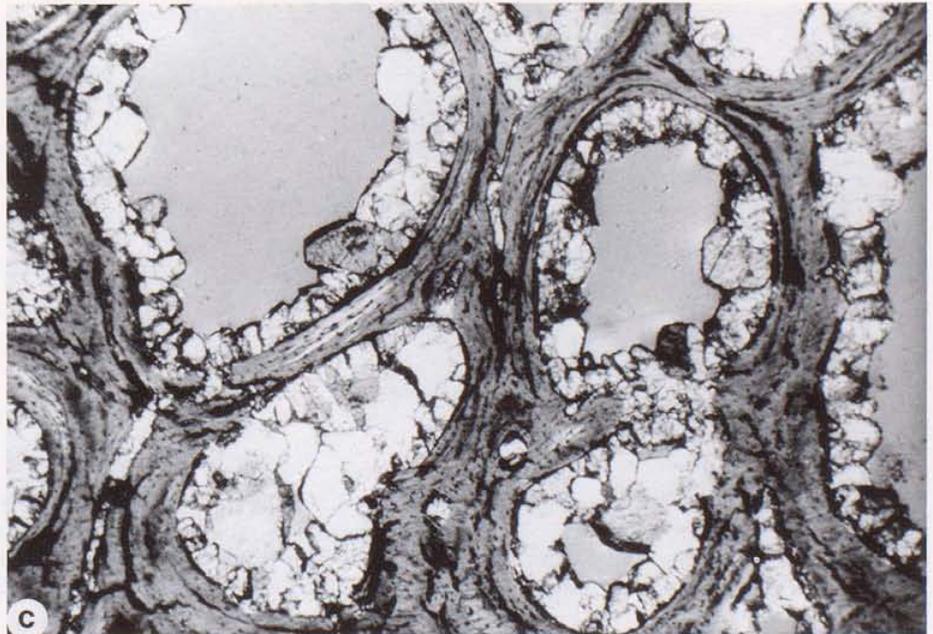
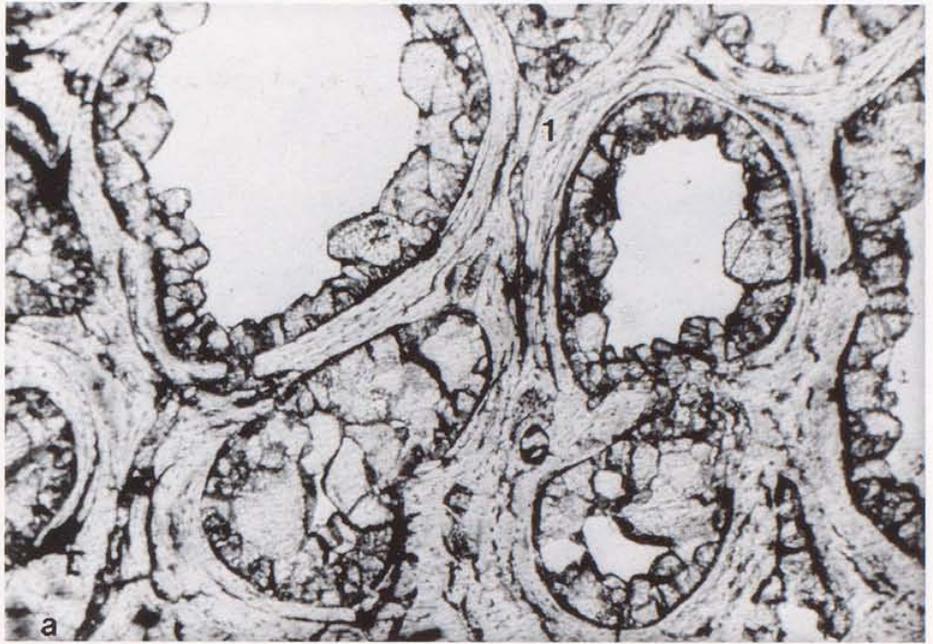


Abb. 6



Abb. 7

- a) Querschliff durch die Femurcompacta eines bei Kelsterbach (Hessen) gefundenen Mammuts. Grösse und Anordnung der Haversschen Kanäle sowie der zirkulären Lamellensysteme unterscheiden sich deutlich von den Strukturen des menschlichen Knochengewebes. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 100-fache Vergrösserung. Schliffdicke 50 μm .
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht.
- c) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

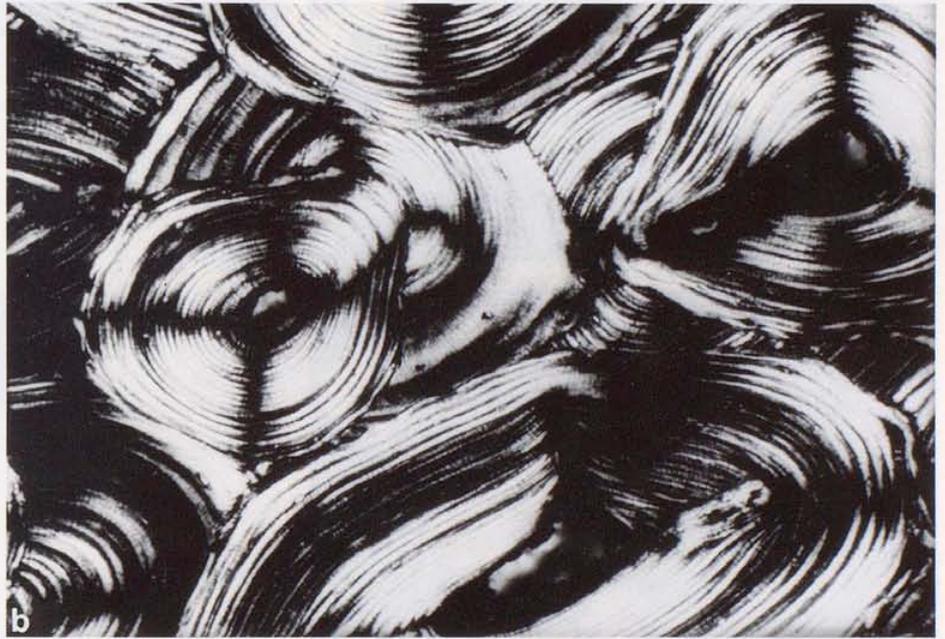


Abb. 7



Abb. 8

- a) Spongiosabälkchen eines Knochenfragmentes aus der präkolumbischen Siedlung Culhuacán (Mexico). Im Bälkcheninneren ausgeprägte postmortale Tunnelbildungen (s.S. ff.). Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 100-fache Vergrößerung. Schliffdicke 20 μm . Fuchsinfärbung.
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht.
- c) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).
- d) Wie a), aber unter Betrachtung im Phasenkontrastmikroskop. Die Art der Tunnelbildung sowie die sekundäre Verfüllung der Tunnellumen lässt sich bei der Betrachtung mit dem Phasenkontrastmikroskop besonders gut beurteilen ("dreidimensional").

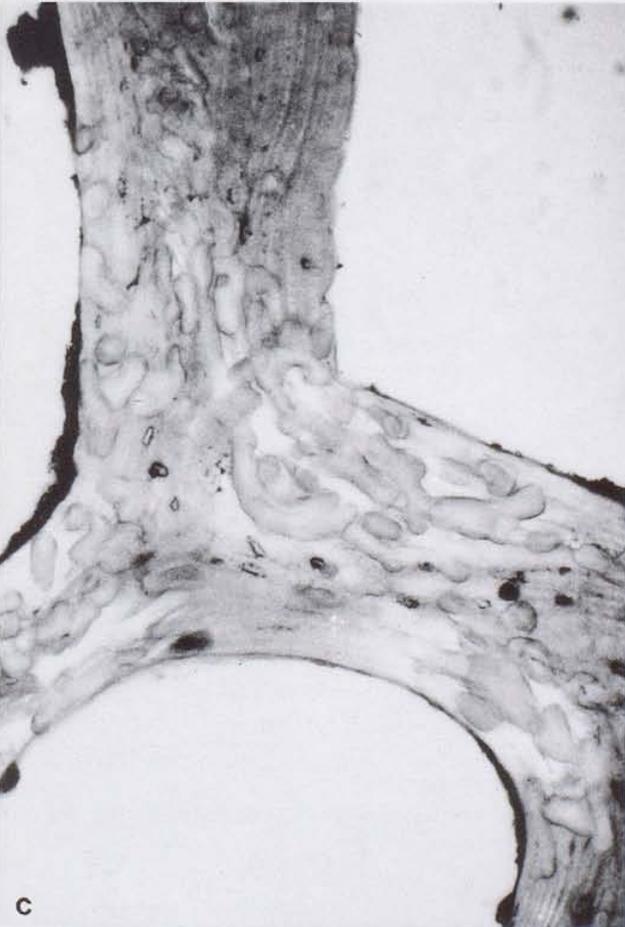


Abb. 8

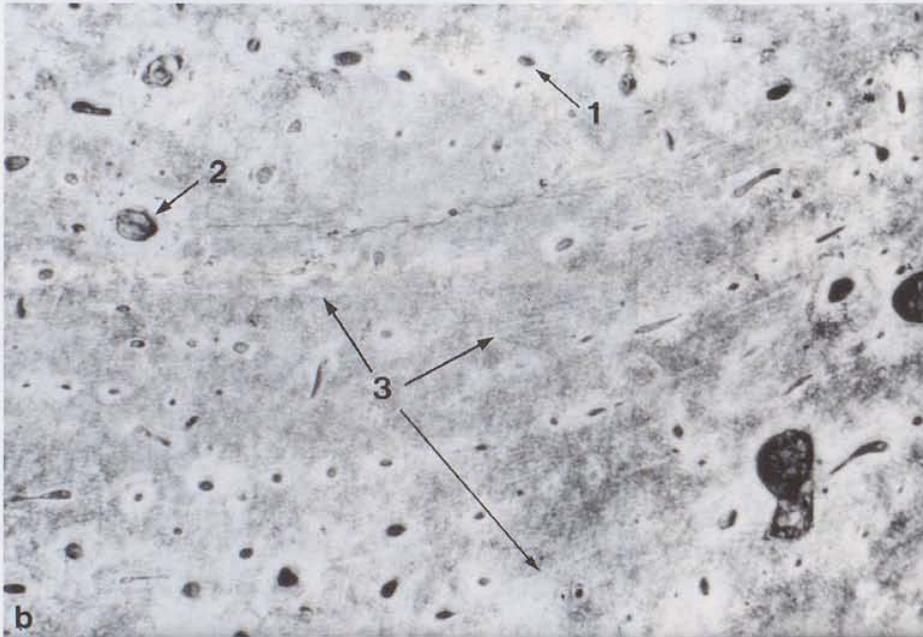
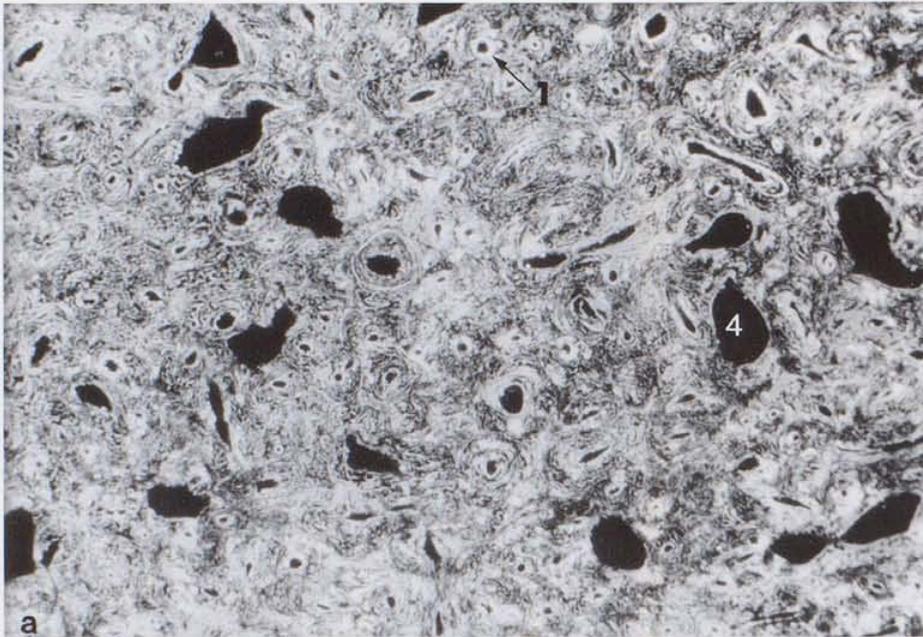


Abb. 9

Mikroradiographien.

- a) Schliff durch die Tibiacompacta eines Individuums aus der altorientalischen Siedlung Kumidi (Libanon). Etwa 10-fache Vergrößerung. Schliffdicke 100 µm.
 b) Schliff durch die Femurcompacta eines Individuums aus der spätantiken Siedlung von Künzing (Niederbayern). Etwa 10-fache Vergrößerung. Schliffdicke 100 µm.

Beschriftung

- 1 = Haverssches System.
 2 = Durch Altersveränderung (Altersosteoporose) bedingte Vergrößerung Haversscher Kanäle.
 3 = Verkalkte Grenzen längsparallel angeordneter Lamellensysteme (seniles Lebensalter).
 4 = Krankheitsbedingte, unregelmässig geformte, grosse Lochdefekte innerhalb der Compacta, die eine "Spongiosierung" des Knochengewebes vortäuschen (s. Abb. 26b).

Die Anwendung mikroskopischer Methoden bei der Untersuchung von ausmazeriertem Skeletmaterial ermöglicht es, makroskopisch sichtbare krankhafte Veränderungen näher zu bestimmen und gegen andere, sehr ähnliche Veränderungen abzugrenzen. Diese Art der Untersuchung erlaubt es in den meisten Fällen, Aussagen über Krankheitsentstehung und Krankheitsverlauf zu machen. Eine genaue Diagnose wird vor allem dadurch erschwert, dass Weichteilgewebe (z.B. Bindegewebe) und im speziellen Fall bestimmte Zelltypen (z.B. Riesenzellen), die bei der Untersuchung von rezemtem Material zur genauen Diagnose führen, bei ausmazeriertem Skeletmaterial nicht mehr anzutreffen sind.

Knochengewebe ist typischen Alterungsvorgängen unterworfen. Auf dieser Erkenntnis beruht die vor allem von KERLEY (1965, 1969, 1970) und auch AHLQUIST und DAMSTEN (1969) eingeführte Lebensaltersbestimmung mit mikroskopischen Techniken. Da das Skelet Anpassungen an die funktionelle Beanspruchung zeigt, lässt sich in vielen Fällen mit mikroskopischen Methoden auch nachweisen, dass das Knochengewebe unterschiedlich belastet war.

Aus archäologischen Grabungen geborgenes Skeletmaterial lagerte meist über einen längeren Zeitraum im Erdboden. Während dieses Zeitraumes wurde es von verschiedenen Faktoren im Sinne einer Dekomposition angegriffen und zerstört. Mit mikroskopischen Methoden kann der Erhaltungszustand von prähistorischem Knochengewebe näher untersucht werden.

Manchmal werden bei archäologischen Grabungen nur sehr kleine Knochenfragmente gefunden, die aber für die Klärung eines archäologisch-anthropologischen Sachverhaltes von besonderer Bedeutung sein können. Zum besseren Verständnis soll folgendes Beispiel angeführt werden. Aus einer Abfallgrube werden kleine, angekohlte Knochenfragmente geborgen. Diese Knochenbruchstücke weisen deutlich sichtbare, alte Schnittspuren auf. Es erhebt sich nun die Frage, ob diese Fragmente von Mensch oder Tier stammen, denn sollten diese Knochenbruchstücke zu einem menschlichen Skelet gehören, so könnte ein Fall von Kannibalismus vorliegen. Handelt es sich in einem solchen Fall nur um sehr kleine, schlecht erhaltene Knochenfragmente, so lässt sich im allgemeinen makroskopisch keine sichere Diagnose stellen. In den meisten Fällen kann aber mit mikroskopischen Methoden eine Zuordnung erfolgen. Kompaktes Knochengewebe weist beim Menschen - aber auch bei vielen Haus- und Wildtierarten - im mikroskopischen Bereich eine spezifische Struktur auf (Abb. 7). Deshalb ist es häufig möglich, die fraglichen Knochenfragmente näher zu bestimmen und einer Tierart zuzuordnen (HARSÁNYI 1978, SCHULTZ und XIROTIRIS 1981).

Es bleibt letztlich noch darauf hinzuweisen, dass sich in der Regel auch unterschiedliche Grade von Hitze einwirkung am Knochengewebe mit mikroskopischen Techniken nachweisen lassen.

2.1 Krankhafte Knochenveränderungen

Aus dem grossen Spektrum der krankhaften Knochenveränderungen sollen nur die am häufigsten auftretenden Knochenkrankheiten vorgestellt werden. In der Literatur gibt es eine Fülle von Zitaten, die das Thema Knochenkrankheiten behandeln. Folgende Arbeiten können bei der Beurteilung von ausmazeriertem Skeletmaterial eine Hilfe sein: BROTHWELL und SANDISON 1967, BURKHARDT 1970, PLIESS 1974, HEUCK 1976, STEINBOCK 1976, FREYSCHMIDT 1980, ORTNER und PUTSCHAR 1981, ADLER 1983.

2.1.1 Entzündliche Knochenerkrankungen

Zu dieser grossen Gruppe von Erkrankungen gehören die **Osteomyelitis**, die **Osteitis** sowie die **Periostitis**. Eine Osteitis ist im allgemeinen immer mit einer Periostitis gekoppelt. Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten, wie es zum Auftreten dieser Krankheiten kommen kann. Zum einen erreichen die Krankheitserreger von aussen über die Periostzone den Knochen. Dieser Infektionsmodus tritt aber vergleichsweise selten auf. Wird ein kurzer oder platter Knochen auf diese Weise infiziert, so greift nach relativ rascher Zerstörung der meist dünnen Corticalis (Osteitis) der Prozess auf die Spongiosa - d.h. den Raum des roten Knochenmarkes - über (Osteomyelitis). Bei einem langen Knochen, der durch seine Markröhre gekennzeichnet ist, kann es unter Umständen länger dauern, bis auf diesem Wege der Markraum erreicht wird. Es erfolgt zuerst eine Entzündung der Knochenhaut (Periostitis) und der Compacta (Osteitis), bevor es zu einem Einbruch des Prozesses in die mit gelbem Fettmark ausgefüllte Markröhre kommt (Osteomyelitis). Als Ursachen werden äussere Faktoren - wie beispielsweise ein von aussen auf die Knochenoberfläche einwirkendes Trauma, ein in unmittelbarer Nachbarschaft des Knochens gelegener Hautabszess (kann z.B. zum Panaritium ossale führen) oder ein in Knochennähe ausgebildetes gangränöses Ulcus (z.B. Gefässprozess, Diabetes mellitus) - angesehen.

Zum anderen können Infektionserreger über den Blutweg (hämatogen) direkt das Knocheninnere, d.h. den Markraum erreichen. Die Richtung der weiteren Entwicklung eines solchen Prozesses erfolgt dann generell von innen (endostal) nach aussen (periostal). Am Beispiel des langen Knochens kommt es also von einer Osteomyelitis zu einer Osteitis und Periostitis. Dieser Infektionsmodus ist der bei weitem häufigste.

Als Erreger derartiger Knochenentzündungen sind vor allem Bakterien (heute: zu 90 % **Staphylococcus aureus**, zu 3 % hämolyisierende Streptokokken) anzusehen. Bei den durch diese Entzündungserreger verursachten Prozessen entstehen keine spezifischen histologischen Strukturen (unspezifische Osteomye-

litis). Hingegen rufen *Mykobakterium tuberculosis* (Tuberkulose) und *Treponema pallidum* (Syphilis) sowie einige Erreger von Pilzkrankheiten (z.B. Actinomycose, Coccidioidomycose, Blastomycose) spezifische histologische Strukturen im entzündlich veränderten Gewebe hervor (spezifische Osteomyelitis). Da diese charakteristischen Strukturen am ausmazerierten Skeletmaterial nicht mehr erhalten sind, ist es zum Teil äusserst schwierig, zwischen einer unspezifischen und einer spezifischen Osteomyelitis zu unterscheiden.

Es ist einer entzündlich veränderten äusseren Knochenoberfläche generell nicht anzusehen, ob die Entzündung von aussen (Periostbereich) oder von innen (Markraum) ihren Ausgang nahm. Weder eine Begutachtung der in Quer- oder Längsrichtung aufgesägten Knochen, noch eine Röntgenuntersuchung wird in der Lage sein, diese Frage hinreichend genau zu beantworten. Mit mikroskopischen Methoden hingegen (z.B. Dünnschlifftechnik) lassen sich sehr viel genauere Ergebnisse gewinnen. Dies gilt ganz besonders für die Untersuchung von Kleinkinderskeleten. Anhand mehrerer aufeinanderfolgender Schriffe (Serienschliffe), die dem Bereich des erkrankten Knochenabschnittes entstammen und die Uebergangszone vom gesunden zum kranken Knochengewebe beinhalten sollten, lässt sich die Ausbreitungsrichtung entzündlicher Knochenkrankheiten im allgemeinen recht gut feststellen (s.a. S.). Dadurch wird es möglich, etwas über den Entstehungsort des Infektes auszusagen. Dies lässt sich besonders gut bei Anfangsstadien dieser Krankheitsgruppe nachweisen.

Im Bereich der ehemaligen Knochenhaut lokalisierte, krankhafte Oberflächenveränderungen sind - obwohl sie meist auf den ersten Blick leicht beurteilbar scheinen - relativ schwer einer bestimmten Erkrankung zuzuordnen. Das Produkt einer

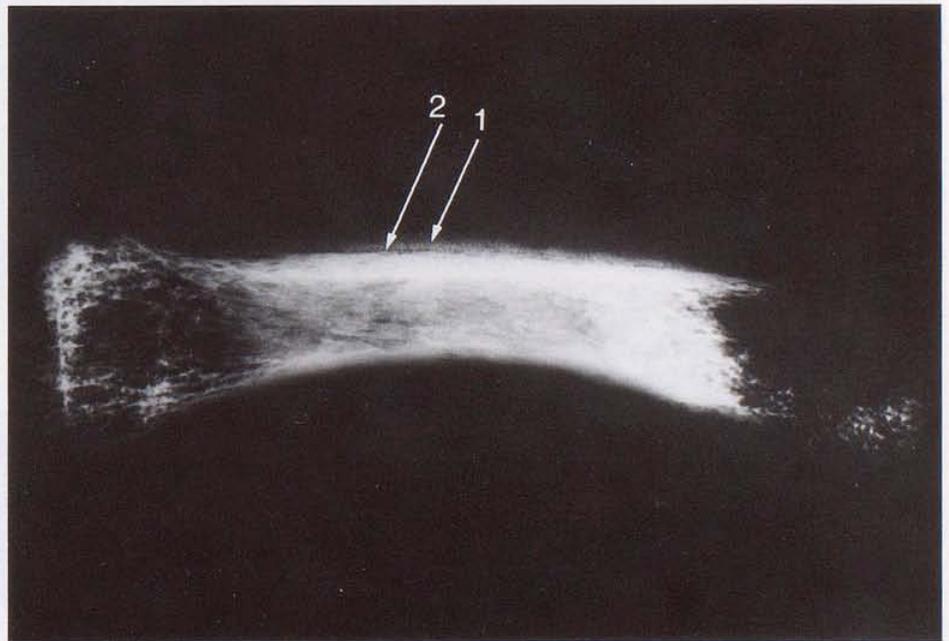


Abb. 10

Röntgenbild des Os metacarpale II der linken Hand eines präkolumbischen Individuums von Culhuacán (Mexico) mit starker Periostreaktion auf der Dorsalfläche.

Beschriftung

1 = Periostale Knochenneubildung

2 = Spaltraum zwischen dieser Neubildung und der Corticalis.

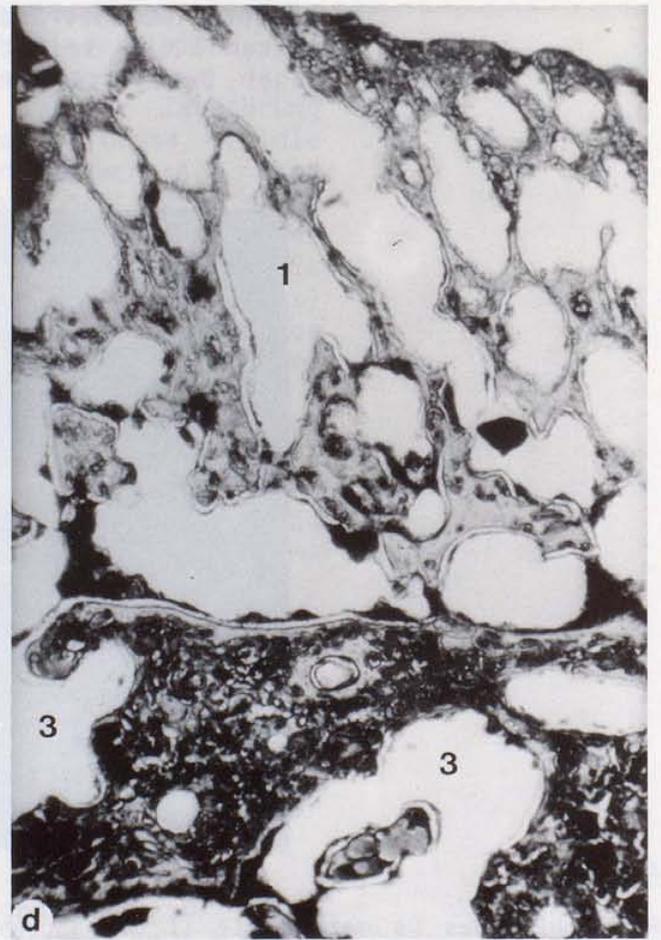
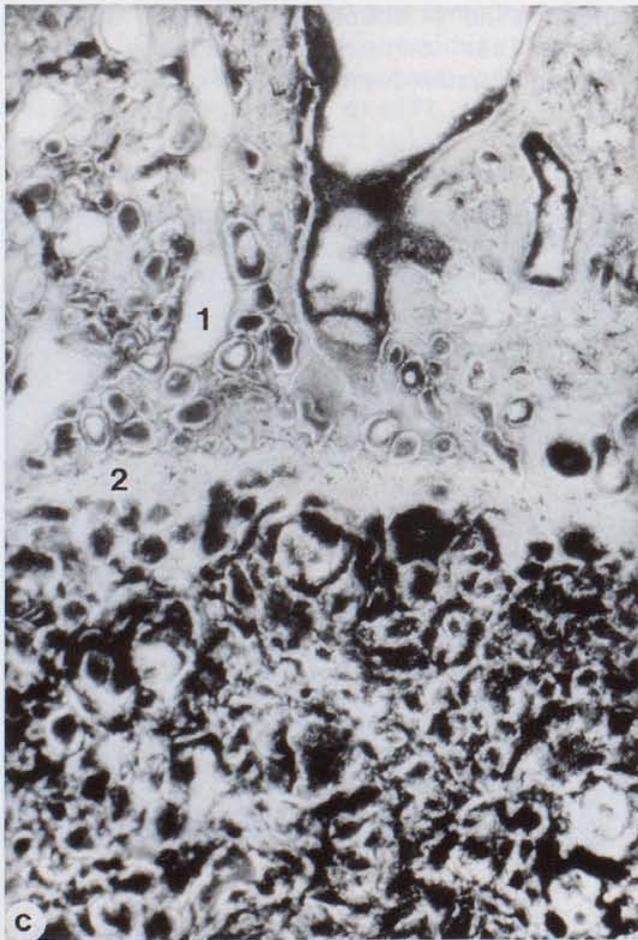
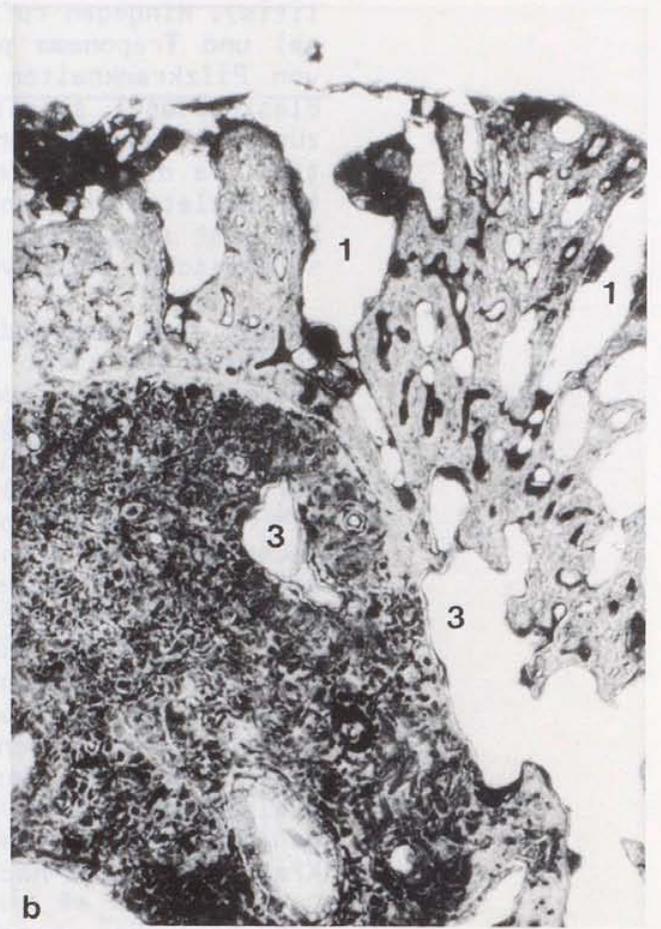


Abb. 11

entzündlichen Periostveränderung (Periostitis) ähnelt makroskopisch sehr dem einer Periostose oder einer reaktiven parossalen Hyperostose. Eine histologische Untersuchung kann meist wesentlich zu einer Klärung des Falles beitragen. Ausser den eben genannten Formen einer periostalen Apposition ist daran zu denken, dass es durch die Aktivität der Knochenhaut auch zu periostalen Resorptionen im Sinne einer Osteolyse kommen kann, die dem Merkmalsbild einer entzündlich veränderten Knochenoberfläche sehr ähnlich ist.

Ein Beispiel für eine kräftige periostale Knochenneubildung wird auf den Abbildungen 10 und 11 vorgestellt. Bei der Inspektion des zweiten Os metacarpale der linken Hand eines präkolumbischen Indianers aus Culhuacán (Mexico) fällt auf, dass die Dorsalfläche des Knochens verdickt und stark verbreitert ist (Abb. 10). Die Oberfläche dieser Verdickung zeigt eine poröse Struktur. Im Röntgenbild stellt sich die periostale Neubildung auf der Dorsalfläche deutlich dar (Abb. 10: 1). Die Struktur dieser Knochenneubildung weist einen differenzierten Bälkchenbau auf und ist von der Corticalis durch einen schmalen Spalt getrennt (Abb. 10: 2). Die Knochenbälkchen stehen fast senkrecht zur Knochenoberfläche (Spicula-Struktur). Proximales und distales Knochenende haben sich aufgrund postmortaler Einwirkungen nur unvollständig erhalten.

Wie nur im histologischen Dünnschliffpräparat sichtbar ist, beginnt die periostale Knochenauflagerung schon auf der medialen und lateralen Fläche der Diaphyse in Form einer sehr dünnen Knochenlage (Abb. 11 a), die sich schon sehr bald nach dorsal verdickt. Auf der Dorsalfläche besitzt die Auflagerung bereits eine Stärke von 2,5 mm (Abb. 11 b). Entgegen der Interpretation des Röntgenbefundes belegt die histologische Untersuchung, dass zwischen periostaler Neubildung und der eigentlichen Knochenoberfläche kein durchgehender Spaltraum ausgebildet ist und dass die im Röntgenbild scheinbar spiculaähnlichen Knochenbälkchen zahlreiche lamelläre Verbindungen aufweisen. Dies kommt besonders deutlich in der stärkeren Vergrößerung zum Ausdruck (Abb. 11 c). Die sekundäre Neubildung (Abb. 11: 1) differenziert sich im angefärbten Schliffpräparat durch Farbe und Struktur von der eigentlichen Diaphysencompacta und liegt dieser über relativ weite Strecken voll auf. Sogar die ehemalige Lage der Knochenhaut ist in Form eines dünnen hellen Streifens zu erkennen (Abb. 11: 2). Ferner fällt auf, dass besonders in diesem Auflagerungsbereich ausgeprägte osteolytische Herde ausgebildet sind (Abb. 11: 3), die sich nur von der ehemaligen Knochenoberfläche her

Abb. 11

Querschliffe durch das Os metacarpale II der linken Hand eines Individuums aus der präkolumbischen Siedlung Culhuacán (Mexico).

- a) Beginnende periostale Knochenneubildung auf der Radialfläche des Knochens. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 32-fache Vergrößerung. Schliffdicke 25 µm. Methylblaufärbung.
- b) Wie a), aber heftige periostale Knochenneubildung im Dorsalbereich dieses Mittelhandknochens. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 25-fache Vergrößerung. Schliffdicke 25 µm. Trichromfärbung nach Masson.
- c) Ausschnitt aus b). Grenzgebiet zwischen der ehemaligen Compacta und der sekundären Knochenneubildung. 100-fache Vergrößerung.
- d) Wie b). 32-fache Vergrößerung. Schliffdicke 25 µm. Fuchsin-Methylblaufärbung.

Beschriftung

- 1 = Sekundäre Knochenneubildung.
- 2 = Grenzgebiet zwischen der Compacta und der sekundären Knochenneubildung (Periostzone).
- 3 = Ausgeprägte osteolytische Herde im peripheren Bereich der Compacta.

in die Compacta in Richtung auf die Markröhre einsenken. Die Markröhre zeigt noch keine Spuren einer entzündlichen Veränderung. Die osteolytischen Herde in der oberflächlichsten Zone der Compacta sind verantwortlich für den im Röntgenbild sichtbaren Spaltraum, der ohne histologische Untersuchung sicher als Grenze zwischen Knochenauflagerung und ehemaliger Knochenoberfläche gedeutet worden wäre. Die histologische Untersuchung hat also ergeben, dass nicht nur - wie ursprünglich vermutet - eine Periostitis ossificans, sondern auch eine sich von aussen nach innen ausdehnende Osteitis vorliegt. Eine Osteomyelitis kann nicht nachgewiesen werden. Ursache dieser krankhaften Veränderung dürfte möglicherweise ein Trauma mit sekundärer Infektion der umgebenden Weichteile gewesen sein. Ein Panaritium ossale kann also nicht ausgeschlossen werden

Ein anderer Fall zeigt, zu welcher schweren Knochenveränderungen ein von aussen einwirkendes Trauma führen kann. Das Os femoris eines präkolumbischen erwachsenen Mannes aus der Smoky Bear Ruin in Arizona war durch äussere Gewalteinwirkung bis in den Bereich der Markröhre eröffnet worden. Diese Verletzung wurde wahrscheinlich durch eine spitze Waffe verursacht. Das Os femoris weist hochgradige periostale Veränderungen auf, die in Form von zottigen Wucherungen die Knochenoberfläche überdecken (Abb. 12).

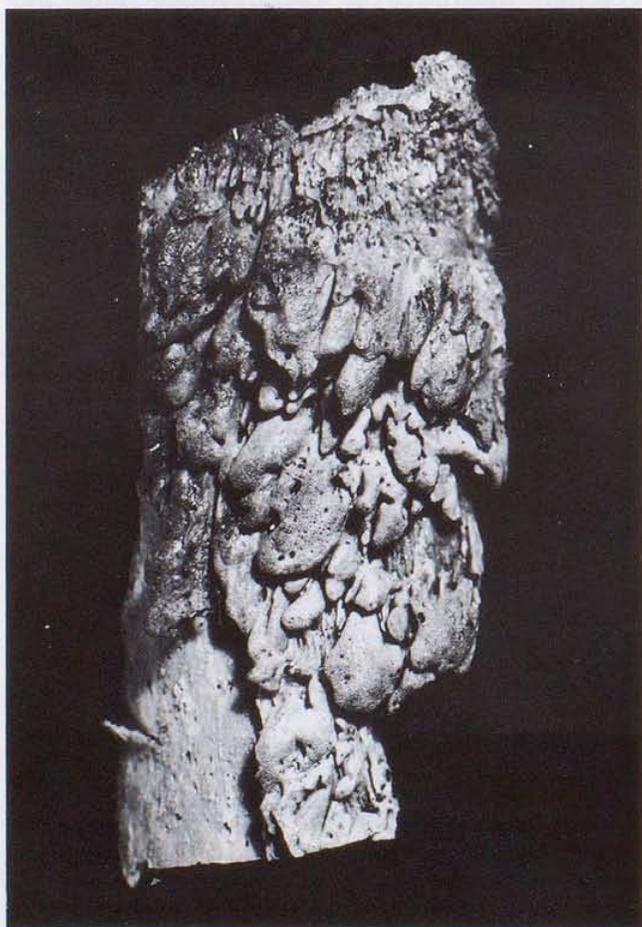


Abb. 12

Femurfragment eines präkolumbischen Indianers aus der Smoky Bear Ruin (Arizona) mit ungewöhnlich heftiger Periostreaktion.

Bei der Betrachtung mit dem Rasterelektronenmikroskop fällt die poröse Struktur der periostalen Neubildung auf (Abb. 13 a). Bei den einzelnen Löchern handelt es sich um Gefäßforamina. Da zahlreiche dieser Foramina auf der Oberfläche der knöchernen Neubildung zu sehen sind, spricht dies für eine verstärkte Durchblutung dieser Strukturen und für eine hohe Aktivität des Prozesses.

Im Gegensatz zum zuvor vorgestellten Fall lässt sich schon in der Lupenbetrachtung ein deutlicher Spaltraum (Abb. 13: 3) zwischen der stark aufgelockerten Compacta (Abb. 13: 1) und der sekundären periostalen Knochenneubildung (Abb. 13: 2) erkennen. Die periostale Knochenneubildung kann in wenigstens zwei Zonen, die parallel zur ehemaligen Knochenoberfläche angeordnet sind, untergliedert werden. Die erste, die der Compacta am nächsten gelegene Zone, ist sehr dünn (Abb. 13 b: 4). Sie lässt sich nicht überall von der zweiten Zone, die weiter aussen liegt, trennen (Abb. 13 b: 5). Diese zweite Zone ist kräftiger entwickelt und für die Ausbildung der zottenförmigen Wucherungen (Abb. 13 b: 6) verantwortlich. An drei Stellen sind auf dem Teilquerschnitt des erkrankten Femurschaftes atypische Spongiosabälkchen zu beobachten (Abb. 13 b: 7, 8, 9). Diese Knochenbälkchen haben fast das Aussehen von Spicula und scheinen aus dem Markraum in Richtung auf bzw. durch die Compacta zu wachsen. Besonders die Bälkchenstruktur ganz rechts im Querschnitt (Abb. 13 b: 9) belegt, dass die Compacta von dem Prozess vollständig durchbrochen worden ist. Struktur, Ausrichtung und Lage dieser Knochenbälkchen erinnern stark an Veränderungen, die bei metastatischen Knochentumoren auftreten können. Allerdings spricht gegen einen Tumor vor allem die durch einen entzündlichen Prozess zerstörte Compacta sowie Art und Ausdehnung der Periostreaktion. In der stärkeren Vergrößerung ist der eben beschriebene Durchbruch noch besser zu erkennen (Abb. 13 c: 9). Weiterhin fallen zahlreiche osteolytische Defekte in der Femurcompacta auf.

Die Mikroradiographie belegt das zuvor Gesagte. Auffällig ist wiederum die starke Reduktion der Femurcompacta. Ein ausgleichender Knochenneubau im Sinne einer Apposition entlang der Randpartien der relativ grossflächigen Defekte (Abb. 13 d: 10) hat sich nicht entwickelt. Dies bedeutet, dass eine reparative Knochenneubildung im Bereich der Compacta nicht stattgefunden hat. Die periostale Knochenauflagerung weist einige kleinere Areale auf, in denen noch keine vollständige Mineralisation erfolgte (Abb. 13 d: 11).

Eine Osteomyelitis lässt sich an prähistorischem Material auch für das Säuglings- und Kleinkindesalter nachweisen. Da in vielen Fällen die für eine Osteomyelitis charakteristischen Merkmale an Kinderskeleten nur sehr diskret ausgebildet sind, wird diese Erkrankung häufig übersehen. Eine typische Säuglingsosteomyelitis mit ausgeprägten Knochenveränderungen zeigt Abbildung 14. Das Skelet eines neugeborenen Kindes aus dem frühbronzezeitlichen Friedhof vom Ikiz Tepe (Türkei) lässt an mehreren langen und platten Knochen eine ausgedehnte poröse Schalenbildung erkennen. So zeigt beispielsweise die Diaphyse der rechten Tibia eine kräftige poröse Hülle (Abb. 14: 2), die die eigentliche Compacta (Abb. 14: 1) umschliesst. Im Querschnitt (Abb. 15 a und b) fällt auf, dass diese poröse Knochenhülle (Abb. 15: 2) die Diaphysencompacta (Abb. 15 a: 1) zu mehr als drei Vierteln umhüllt. Sie ist se-

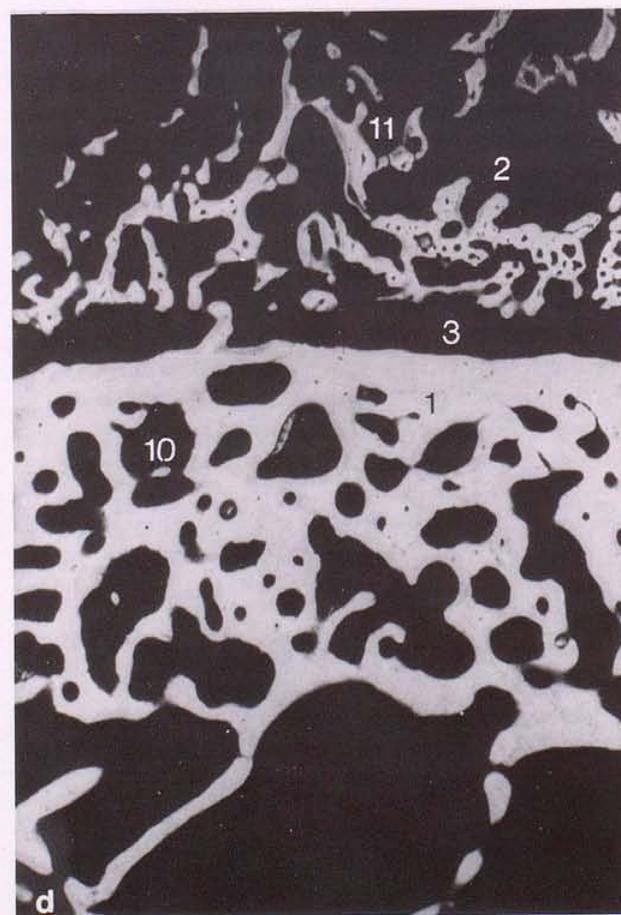
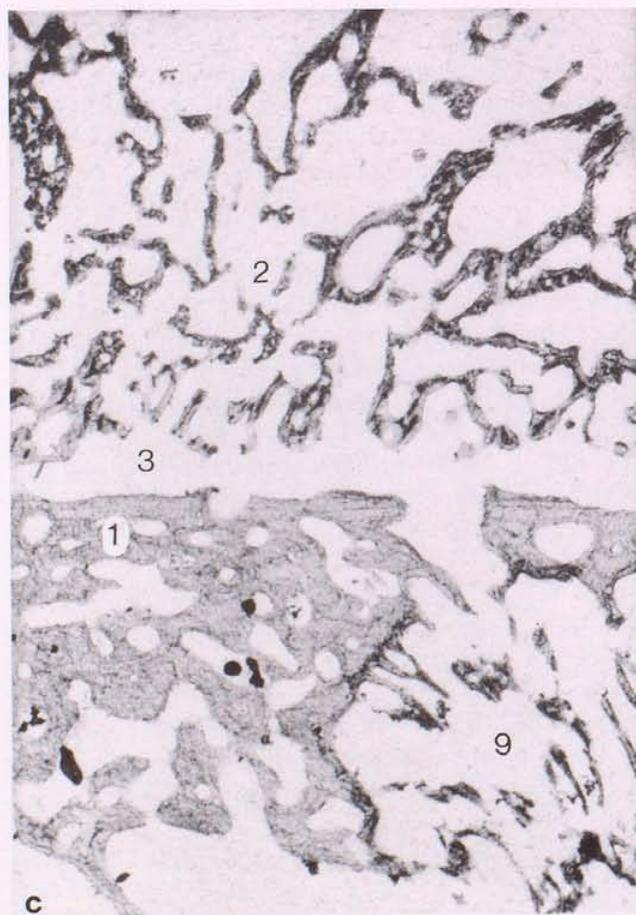
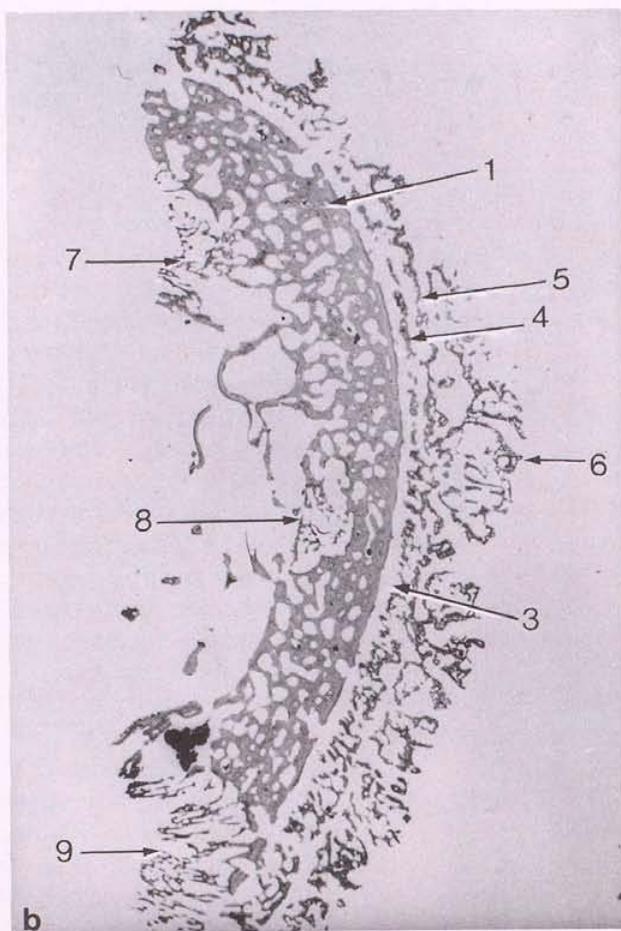
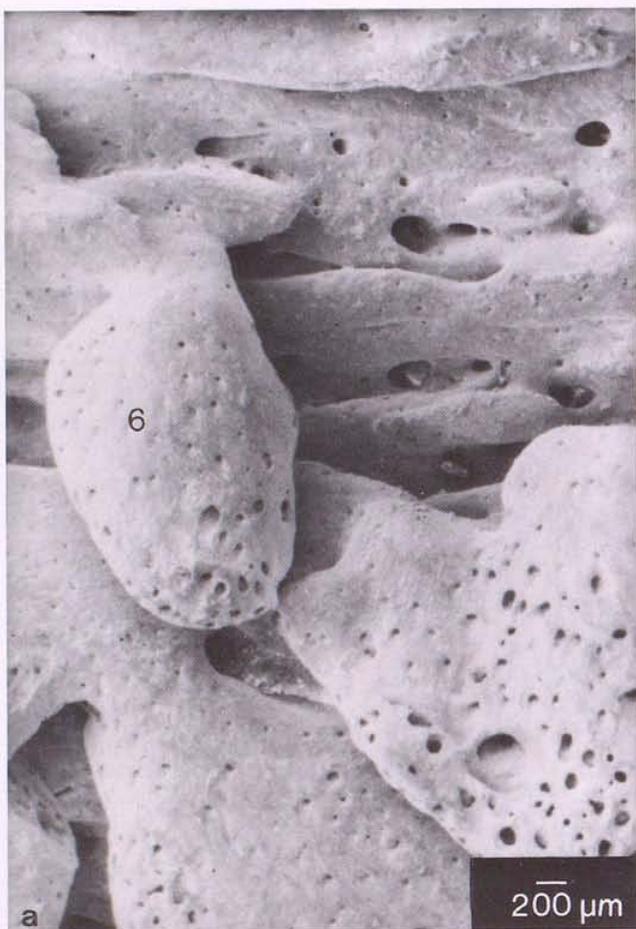


Abb. 13

Femurfragment aus der Smoky Bear Ruin.

- a) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme. Periostale Knochenneubildung.
- b) Querschliff durch das Femurfragment. Lupenvergrößerung. Schliffdicke 50 µm.
- c) Querschliff durch das Femurfragment. Ausschnitt. Etwa 6-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 µm.
- d) Mikroradiographie eines Querschliffes des Femurfragments. Etwa 6-fache Vergrößerung. Schliffdicke 100 µm.

Beschriftung

- 1 = Stark aufgelockerte Compacta.
- 2 = Periostale Knochenneubildung (beinhaltet: 4, 5 und 6).
- 3 = Spaltraum zwischen Compacta und periostaler Knochenneubildung.
- 4 = Innere Zone der periostalen Knochenneubildung.
- 5 = Periphere Zone der periostalen Knochenneubildung.
- 6 = Zottige Wucherung der peripheren Knochenneubildung.
- 7,8,9 = Nester atypischer Spongiosabälkchen.
- 10 = Defekt mit fehlender Apposition von Knochengewebe entlang der Randpartien.
- 11 = Areale unvollständiger Mineralisation (periostale Neubildung).

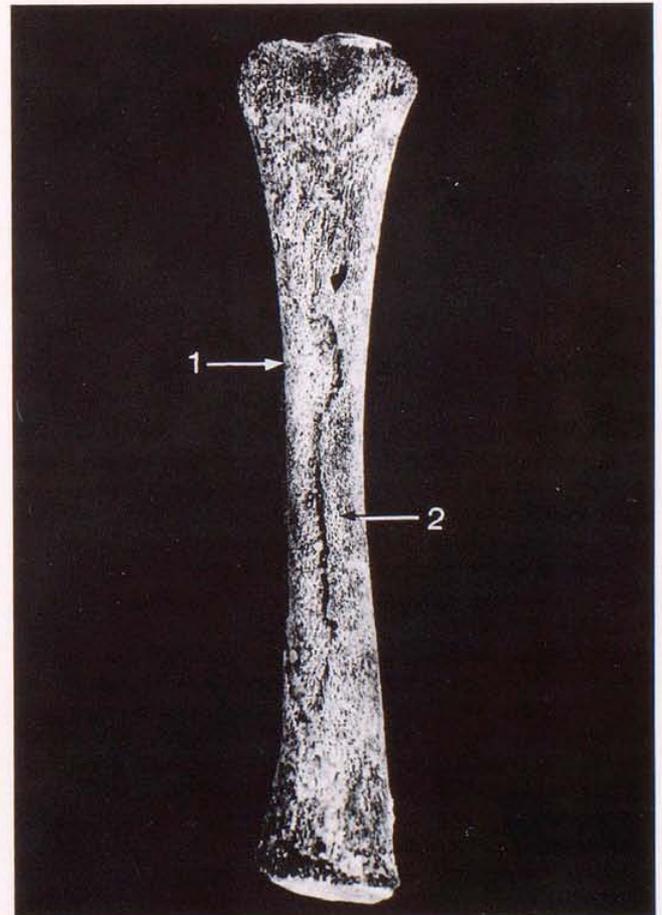


Abb. 14

Säuglingsosteomyelitis an der rechten Tibia eines Neugeborenen aus dem frühbronzezeitlichen Gräberfeld vom Ikiz Tepe (Türkei).

Beschriftung

- 1 = Ursprüngliche Compacta.
- 2 = Sekundär gebildete knöcherne Hülle (Totenlade).

kundär infolge einer sehr heftigen entzündlichen Periostreaktion entstanden und erinnert in ihrer äusseren Ansicht an das Produkt einer starken Periostreaktion, das als sogenannte Totenlade bzw. Involucrum für eine hämatogene Osteomyelitis kennzeichnend ist. Im Querschnitt weist die ventrale Knochenoberfläche keine periostale Knochenneubildung auf. Im Bereich der dorsalen Knochenoberfläche ist ein Teil dieser kräftigen, deckelähnlichen Neubildung möglicherweise postmortal verloren gegangen. Die Compacta ist vor allem in ihrem ventro-lateralen Abschnitt durch Umbaustrukturen (Abb. 15 a: 4) gekennzeichnet, die auf einen entzündlichen Prozess zurückzuführen sind. An einigen Stellen - so zum Beispiel in der dorsalen Compactazone - zeigt der Knochen noch eine fast regelrechte Struktur (Abb. 15 a: 1). Zwischen der Compacta und der Knochenneubildung ist ein deutlicher Spaltraum (Abb. 15 a: 5) ausgebildet, der intravital ursprünglich von einem Teil des entzündlich verbreiterten Periosts eingenommen wurde. Die histologische Untersuchung der periostalen Knochenneubildung im polarisierten Licht lässt keine regelrechten Knochenbälkchen

Abb. 15

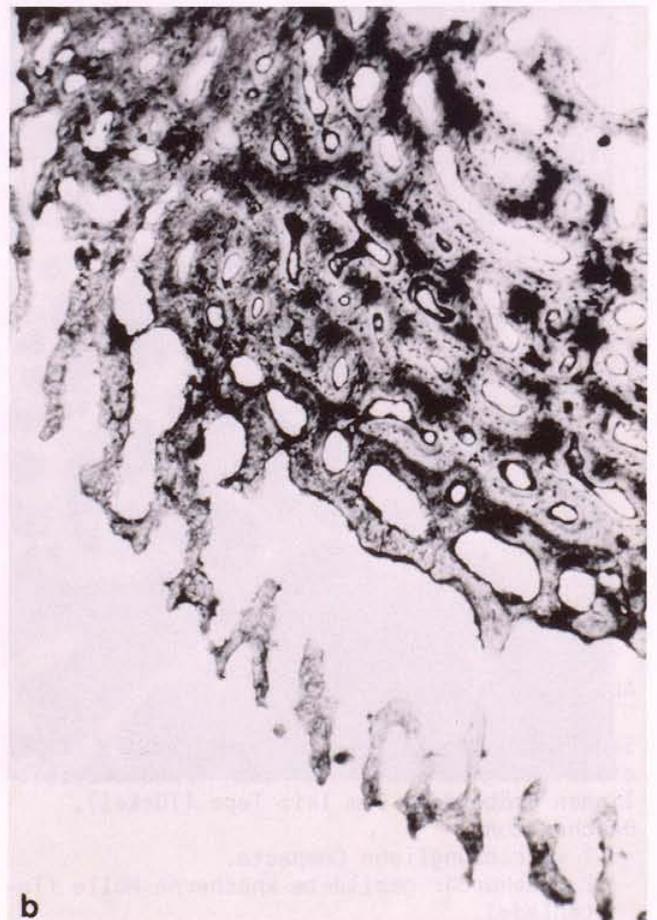
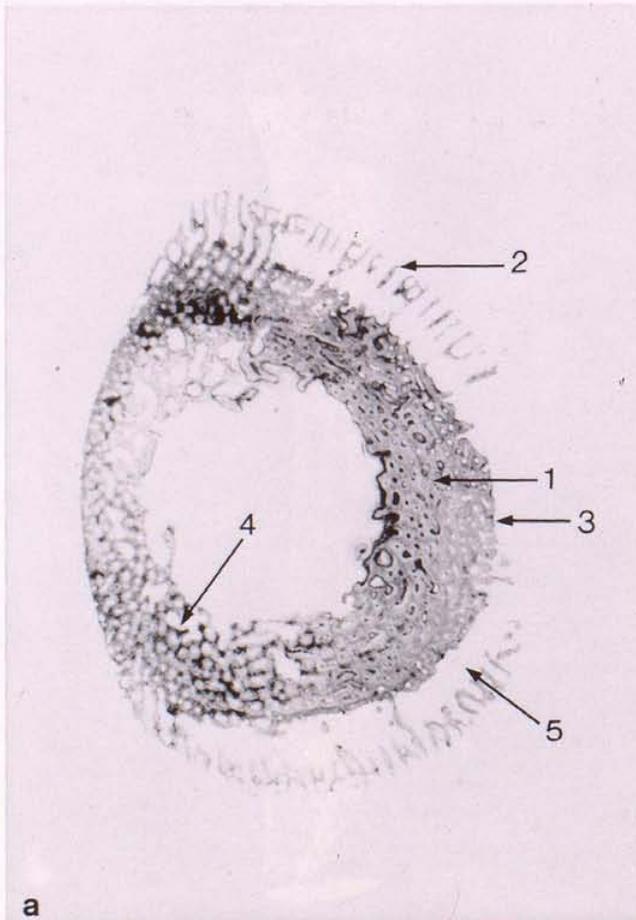
Querschliff durch die rechte Tibia eines Neugeborenen aus dem frühbronzezeitlichen Gräberfeld vom Ikiz Tepe (Türkei). Schliffdicke 50 µm.

a) Lupenvergrößerung.

b) Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 25-fache Vergrößerung.

Beschriftung

- 1 = Ursprüngliche Diaphysencompacta.
- 2 = Poröse Knochenschale.
- 3 = Dorsale Knochenoberfläche.
- 4 = Infolge der Entzündung veränderte Compacta.
- 5 = Spaltraum zwischen der Compacta und der sekundären Knochenneubildung.



erkennen. Die Mikroradiographie belegt, dass diese neugebildeten Strukturen noch nicht in der Masse mineralisiert waren wie dies üblicherweise für gesundes Knochengewebe bei einem Kind dieses Lebensalters der Fall ist.

Bei einem anderen, etwa sechs bis zwölf Monate alten Kind vom Ikiz Tepe konnte ebenfalls mit Hilfe der mikroskopischen Untersuchung - obwohl die makroskopische Begutachtung und die Röntgenuntersuchung keinen Anhalt für eine Erkrankung des Skelettsystems ergeben hatten - eine Osteomyelitis diagnostiziert werden. Die linke Tibia weist diskrete Veränderungen im Bereich der endostalen Compacta im Sinne einer Osteitis auf. Die Compacta ist von unregelmässigen osteolytischen Defekten (Abb. 16 a: 1) durchsetzt, die eine andere Form haben als die normalerweise am ausmazerierten Röhrenknochen in dieser Lebensaltersstufe auftretenden Hohlräume. Weiterhin entsprechen Form und Aufbau der hauptsächlich auf der Dorsalseite gelegenen endostalen Knochenbälkchen (Abb. 16 a: 3) nicht der Norm. Der Prozess dürfte vom Markraum seinen Ausgang genommen haben

Abb. 16

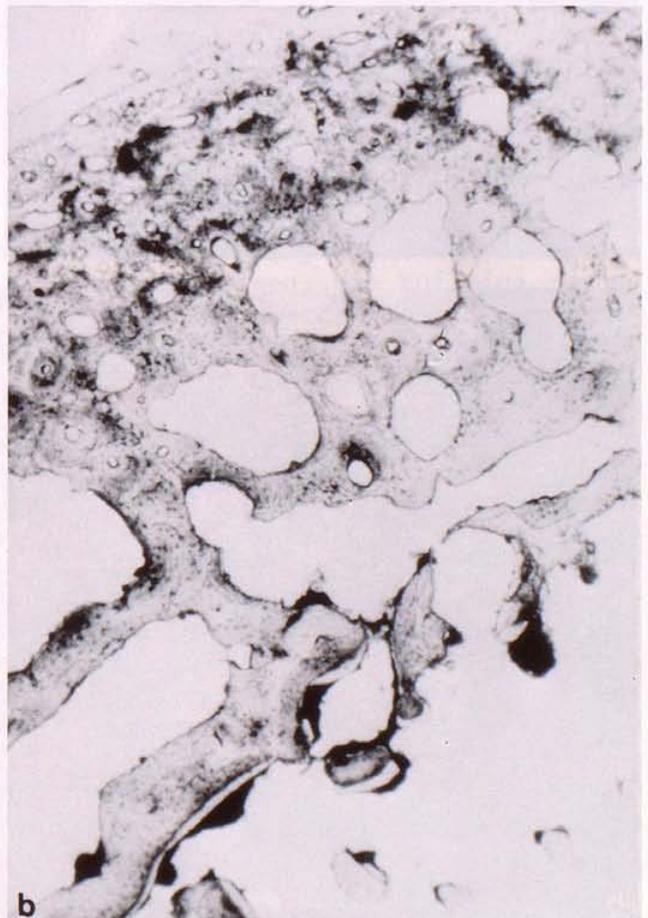
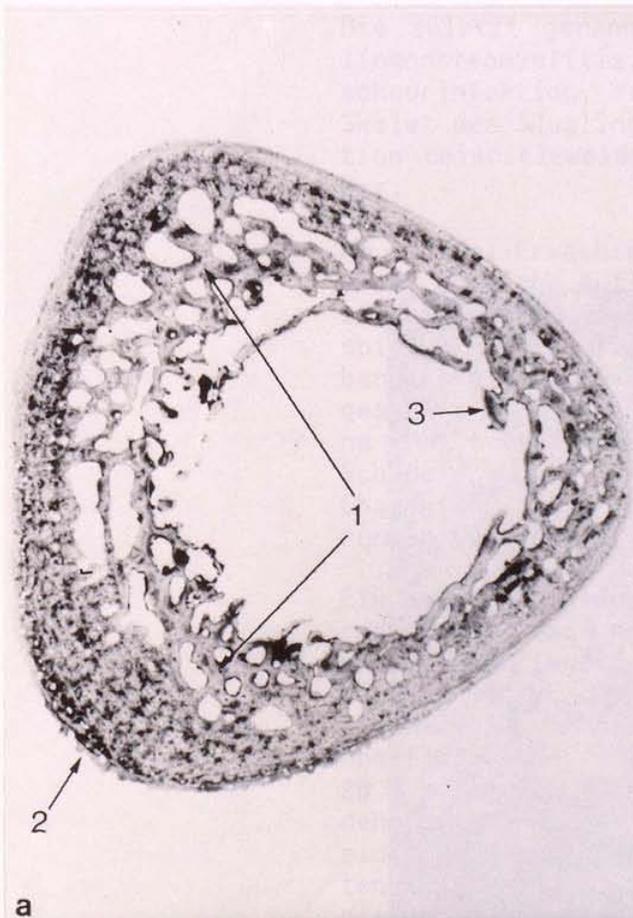
Querschliff durch die linke Tibia eines etwa sechs bis zwölf Monate alten Kindes aus dem frühbronzezeitlichen Gräberfeld vom Ikiz Tepe (Türkei). Schliffdicke 50 µm.

a) Lupenvergrößerung.

b) Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 25-fache Vergrößerung.

Beschriftung

- 1 = Durch unregelmässige osteolytische Herde zerstörte Compacta.
- 2 = Zeichen vermehrter Periostaktivität.
- 3 = Atypisches Knochenbälkchen



(Osteomyelitis). Eine für die Osteitis typische Periostreaktion ist nicht nachweisbar, hätte sich aber sicherlich bei weiterem Fortgang der Erkrankung manifestiert. Lediglich im Bereich der dorsalen und medialen Schaftfläche lassen sich histologisch die Spuren einer vermehrten Periostaktivität (Abb. 16 a: 2) nachweisen.

Entzündliche Knochenerkrankungen finden sich natürlich nicht nur an den Langknochen, sondern treten häufig auch am Schädel auf. Das Schädeldach eines älteren Säuglings, dessen Skelet aus einer präkolumbischen Pueblo-Siedlung in Arizona geborgen



Abb. 17

Entzündlich verändertes Schädeldach eines älteren Säuglings aus einer präkolumbischen Pueblo-Siedlung (Arizona).

a) Aufsicht auf das linke Os frontale.

b) Aufsicht auf die Lamina externa im Scheitelbeinbereich.



werden konnte, fällt durch starke Knochenauflagerungen auf der Lamina interna, besonders aber auf der Lamina externa auf (Abb. 17 a und b). Diese Auflagerungen haben einen ausgesprochen porösen Charakter (Abb. 17 b) und sind deshalb leicht – auch nach röntgenologischer Untersuchung – mit ähnlichen Veränderungen zu verwechseln, die bei den verschiedenen Anämieformen am kindlichen Schädeldach auftreten können (s.S.70ff.).

Abbildung 18 zeigt einen Querschliff in der Sagittalebene durch den medialen Abschnitt des linken Os frontale. Im oberen Abschnitt des Stirnbeins scheint auf den ersten Blick nur die Lamina externa (Abb. 18 a und b: 1) krankhaft verändert zu sein, da sie einen relativ unregelmässigen Aufbau besitzt. Sie ist insgesamt stark ausgedünnt und hat ihre typische Lamellenstruktur verloren. Weiterhin ist sie von einer sehr kräftigen sekundären Knochenauflagerung (Abb. 18: 4) bedeckt. Diese Auflagerung baut sich aus verhältnismässig feinen, meist länglichen Knochenbälkchen auf und gibt dem Schädel im Röntgenbild das Aussehen eines "Bürstenschädels", der normalerweise als Merkmal einer anämischen Erkrankung angesehen wird. Im polarisierten Licht lassen diese Knochenbälkchen (Abb. 18 b und c: 4) keine regelrechte Lamellenstruktur erkennen. Die weitere Untersuchung des Schliffpräparates belegt, dass die Diploë infolge eines ausgedehnten osteolytischen Prozesses nahezu vollständig abgebaut worden ist (Abb. 18: 2; vgl. Abb. 4 a und b). Auch die Lamina interna (Abb. 18: 3) weist Umbauveränderungen auf, die an einigen Stellen sogar mit sekundärer Knochenneubildung in Form kräftiger Auflagerungen (Abb. 18 c: 5) einhergehen. Alle diese Veränderungen – besonders die Struktur der umgebauten Lamina interna – lassen sich im Sägeschnitt nicht nachweisen. Anhand der mikroskopischen Untersuchung kann eine unspezifische Osteomyelitis des Schädeldaches diagnostiziert werden.

Die zuletzt genannten drei Fälle repräsentieren eine Säuglingsosteomyelitis, die hämatogen – z.B. über eine Nabelschnurinfektion, eine Otitis media oder eine Pyodermie – das Skelet des Säuglings erreicht hat. Auch eine pränatale Infektion beispielsweise über die Plazenta ist prinzipiell denkbar.

Am Schädel Erwachsener lassen sich gelegentlich morphologisch recht ähnliche Auflagerungen nachweisen, die auf eine unspezifische Osteomyelitis zurückgeführt werden können. Als Beispiel soll der Fall eines etwa 35-jährigen Mannes aus dem bandkeramischen Gräberfeld von Aiterhofen (Niederbayern) vorgestellt werden. Auf der Lamina externa wie der Lamina interna der Scheitelbeine dieses nur sehr schlecht erhaltenen Schädels finden sich kräftige Knochenauflagerungen porösen Charakters (Abb. 19), die leicht mit postmortalen Versinterungen verwechselt werden können (s.S. 84ff.).

Ein Querschliff durch das Schädeldach im Bereich der Auflagerungen schliesst postmortale Veränderungen als Ursache dieser unklaren Auflagerungen aus, d.h. es handelt sich mit Sicherheit um einen krankhaften Prozess (Abb. 20). Es fällt auf, dass es sich im Bereich der Lamina externa nicht nur um eine oberflächliche, d.h. periostale Reaktion gehandelt hat (Abb. 20 a), sondern, dass vor allem auch die Diploë einen ausgedehnten krankhaften Umbau (Abb. 20 c bis e) aufweist. Da sich das Knochengewebe in seinem Feinbau nur schlecht erhalten hat, wurden die Schliffe mit Methylenblau gefärbt. Auf diese Weise können auch schlecht erhaltene Strukturen deut-

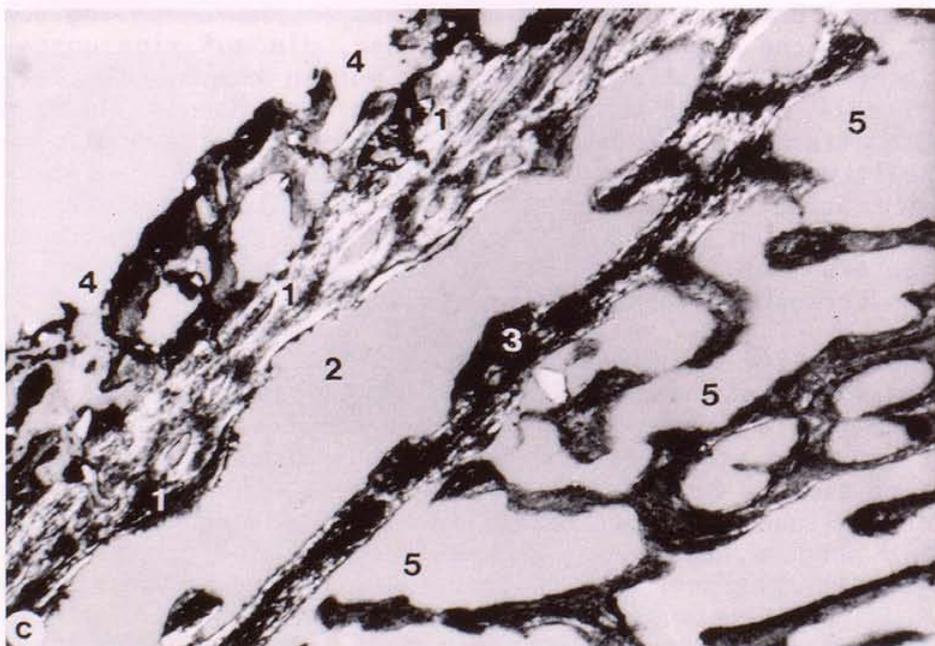
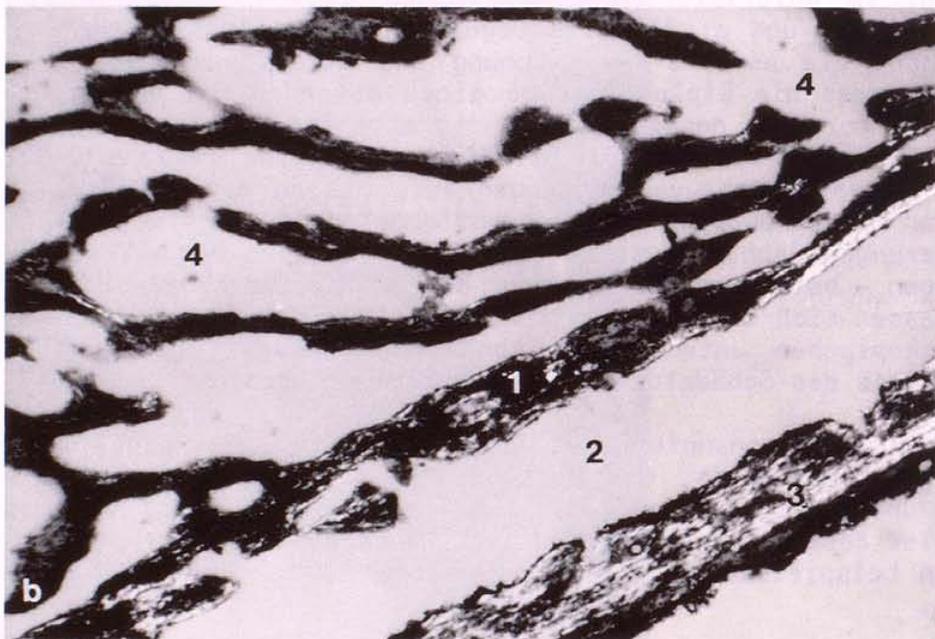
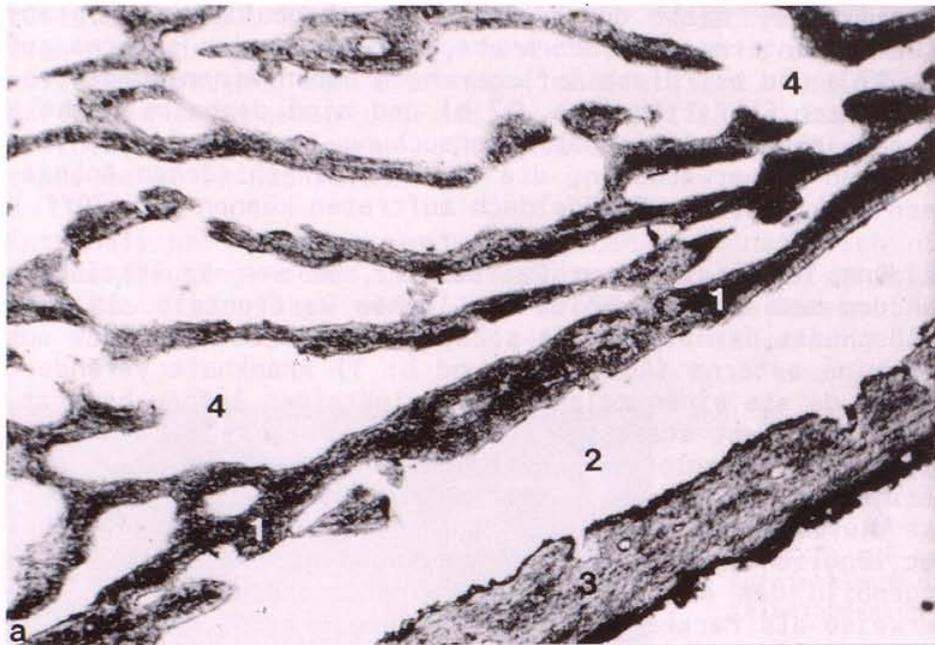


Abb. 18

Abb. 18

Schliffe durch das Schädeldach eines Säuglings aus einer präkolumbischen Pueblo-Siedlung (Arizona). 25-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 µm (s. Abb. 17).

- a) Os frontale. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht.
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).
- c) Os parietale. Betrachtung mit dem Mikroskop im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

- 1 = Lamina externa.
- 2 = Bereich der Diploë.
- 3 = Lamina interna.
- 4 = Auflagerung auf der Lamina externa.
- 5 = Auflagerung auf der Lamina interna.

Abb. 19

Schädeldach eines spätadulten Mannes aus dem bandkeramischen Gräberfeld von Aiterhofen (Niederbayern).

- a) Aufsicht auf den rechten Bereich des Os frontale. Poröse Knochenauflagerungen auf der Lamina externa.
- b) Aufsicht auf die porösen Auflagerungen der Lamina interna.



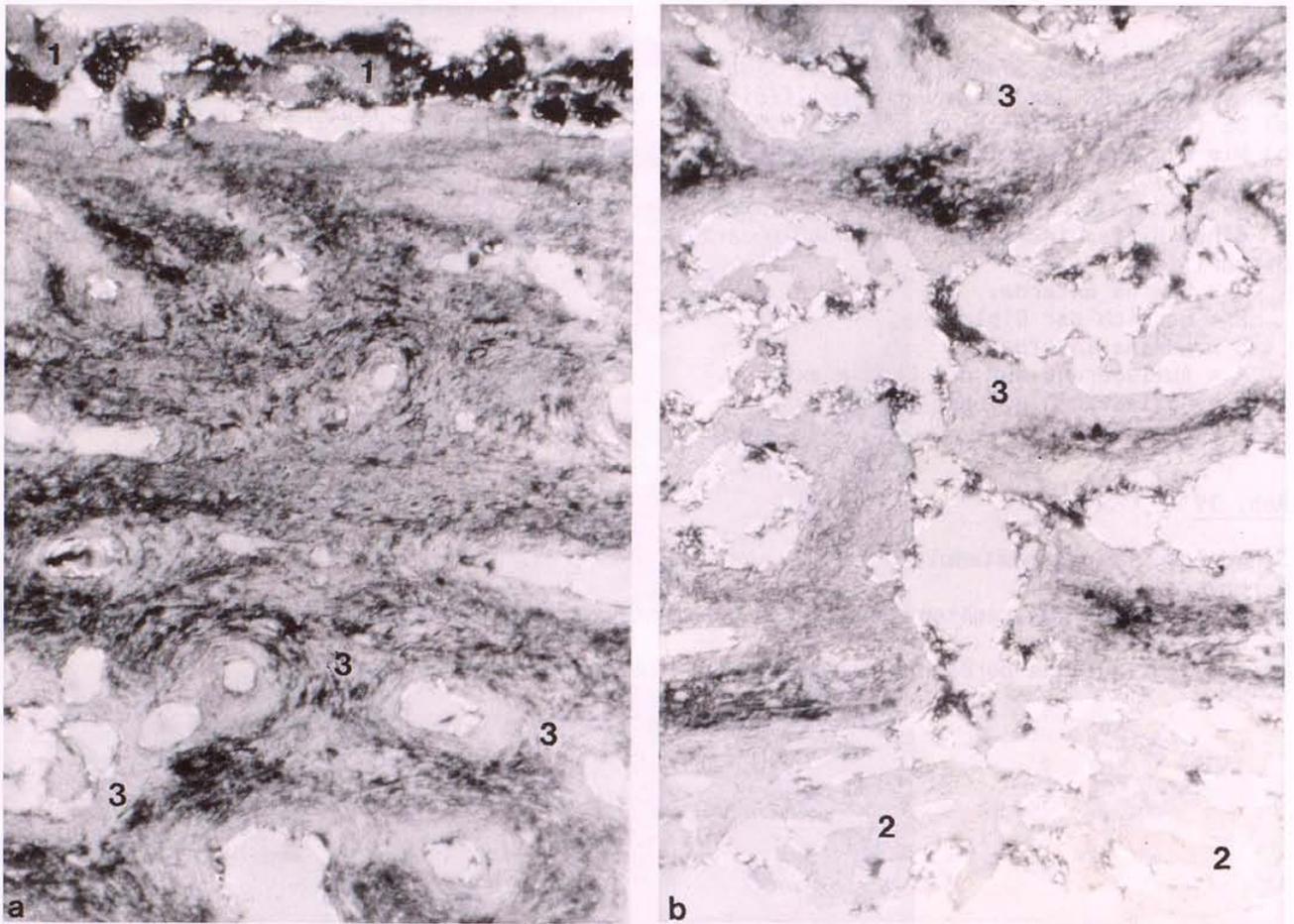


Abb. 20

Schliffe durch das Schädeldach eines spätadulten Mannes aus dem bandkeramischen Gräberfeld von Aiterhofen (Niederbayern). Ausgedehnte Osteomyelitis des Schädeldaches. 25-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm (s. Abb. 19).

- a) Bereich der Lamina externa. Betrachtung mit dem Mikroskop im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).
- b) Bereich der Lamina interna. Betrachtung mit dem Mikroskop im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).
- c) Bereich der Diploë. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht.
- d) wie c), aber im polarisierten Durchlicht.
- e) Wie c), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

- 1 = Auflagerungen auf der Lamina externa.
- 2 = Auflagerungen auf der Lamina interna.
- 3 = Entzündlich veränderte Diploë.
- 4 = Reste des ursprünglichen Knochenkollagens.
- 5 = Produkte eines postmortalen Mineralisationsprozesses.
- 6 = Verdickte Diploëtrabekel.

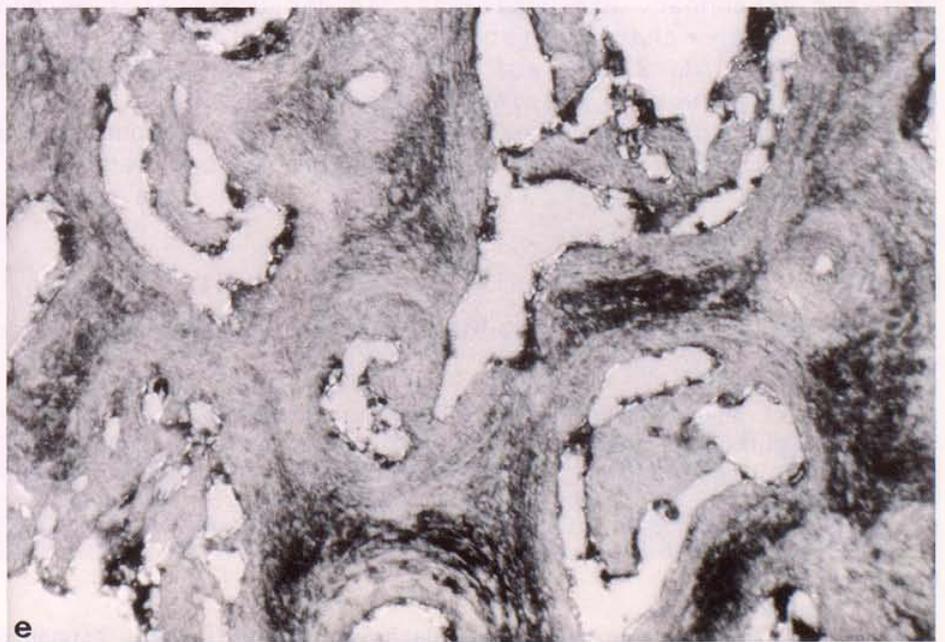
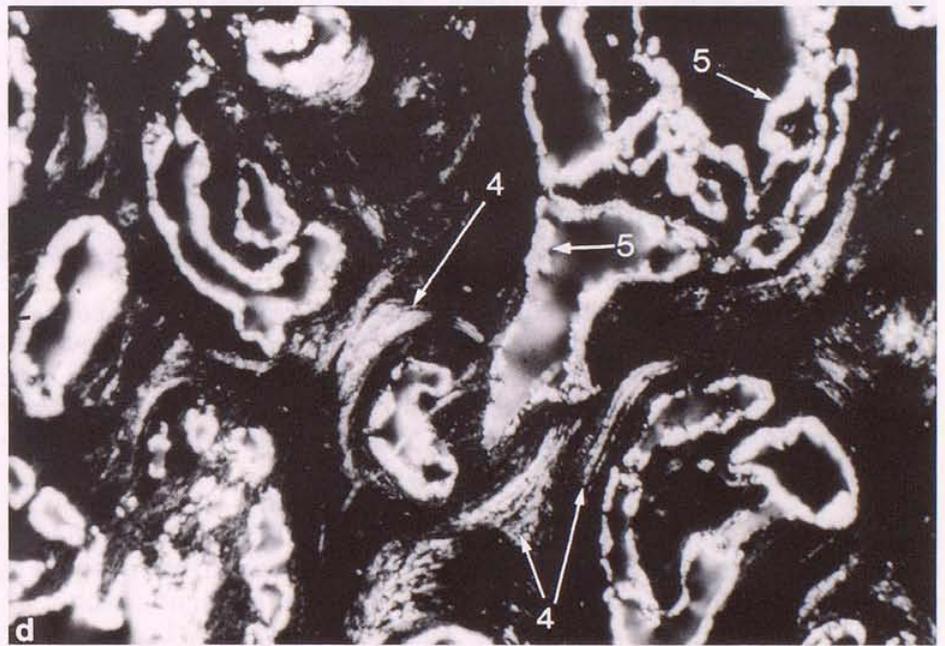
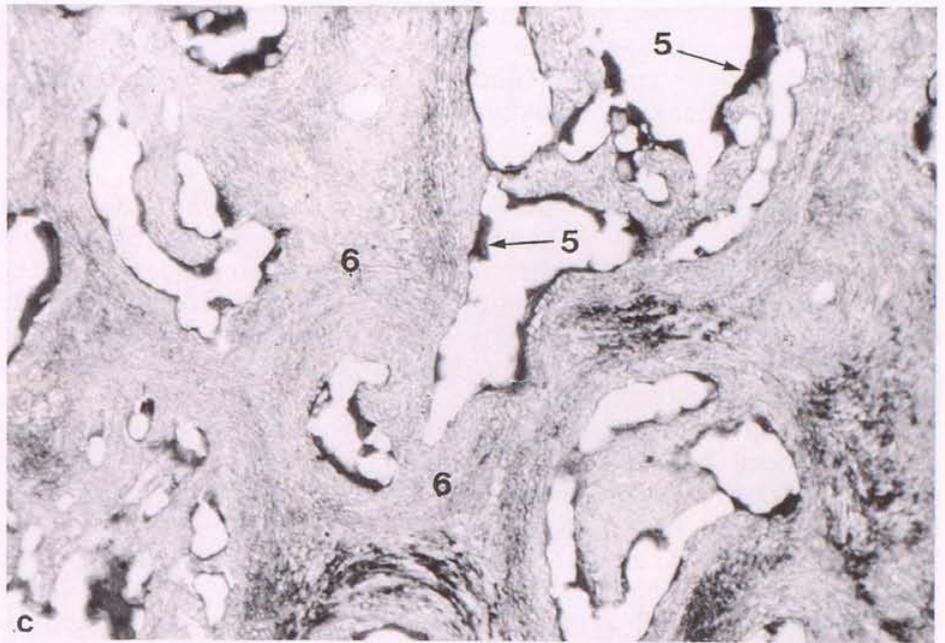


Abb. 20

lich dargestellt werden, so dass sich das eigentliche, noch erhaltene Knochengewebe von den Produkten eines postmortalen Mineralisationsprozesses (Abb. 20 c und d: 5) sowie von sekundär eingebrachten Strukturen (s. S. 84ff.) unterscheiden lässt.

Auf der Lamina externa (Abb. 20 a: 1) sowie auf der Lamina interna (Abb. 20 b: 2) haben heftige Periostreaktionen, die mit einer lebhaften Knochenneubildung einhergingen, stattgefunden (Abb. 20 a und b). Im Bereich der Diploë ist es aufgrund der Entzündung zu den schon erwähnten Umbauvorgängen gekommen. Dabei fallen vor allem die unregelmässigen, zerklüfteten, relativ kleinen Markräume auf (Abb. 20 c bis e). Im einfachen polarisierten Durchlicht ist zu erkennen, dass sich aufgrund der Dekomposition nur noch spärliche Reste des ursprünglichen Knochenkollagens (Abb. 20 d: 4) erhalten haben. Bei vielen Markräumen bzw. bei Kanälen der Diploëgefässe ist das Lumen intravital durch Verdickung der Diploëtrabekel verengt worden (Abb. 20 c: 6). Dies bedeutet, dass während des entzündlichen Prozesses osteoplastische Vorgänge abgelaufen sein müssen, die im Sinne einer scheinbaren Reparation Abschnitte des Marksystems verdrängt haben. Die Ergebnisse der histologischen Untersuchung erlauben die Diagnose einer unspezifischen Osteomyelitis. Der Zustand der Diploë und der Lamina spricht dafür, dass die Entzündung vom Markraum der Diploë ihren Ausgang genommen hat.

Als Beispiel für eine spezifische Osteomyelitis des Schädeldaches soll eine Knochenlues an einem alten Sammlungsschädel aus dem 19. Jahrhundert gezeigt werden. Die für die Knochen-syphilis typischen, gewundenen, rinnenförmigen Defekte nehmen fast den ganzen Bereich des Os frontale ein und haben am Gesichtsschädel schon auf beide Jochbeine übergegriffen (Abb. 21 a). Die Knochenoberfläche besitzt ein unregelmässig poröses, zerfressenes Aussehen, das zum Teil an Mottenfrass erinnert (Abb. 21 b).

Bei der Betrachtung eines Knochendünnschliffs unter dem Mikroskop fallen die starken Zerstörungsspuren dieser aggressiven Erkrankung besonders auf. Die Lamina externa (Abb. 21 c und d: 1) ist teilweise nur noch in Resten als hauchdünne Struktur erkennbar. Die Diploë ist in der unmittelbaren Nachbarschaft der charakteristischen, rinnenförmigen Defekte (Abb. 21 c und d: 2) bis auf geringe Reste nahezu vollständig eingeschmolzen worden. Kleinere Defekte (Abb. 21 c und d: 3) haben das Schädeldach bereits wie Metastasen durchbohrt und würden sich bei Fortdauer der Krankheit verbreitern und zu

Abb. 21

Syphilis des Schädeldaches an einem alten Sammlungsschädel aus dem 19. Jahrhundert (Göttingen).

a) Norma frontalis.

b) Ausschnitt aus dem krankhaft veränderten Stirnbein.

c) Schliff durch das Schädeldach im Bereich der Lamina externa und der anschliessenden Diploë. 25-fache Vergrösserung. Schliffdicke 50 µm. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht.

d) Wie c), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

1 = Lamina externa.

2 = Wandung eines für die Schädeldachsyphilis typischen, rinnenförmigen Defektes.

3 = Kleinere, herdförmige Defekte.

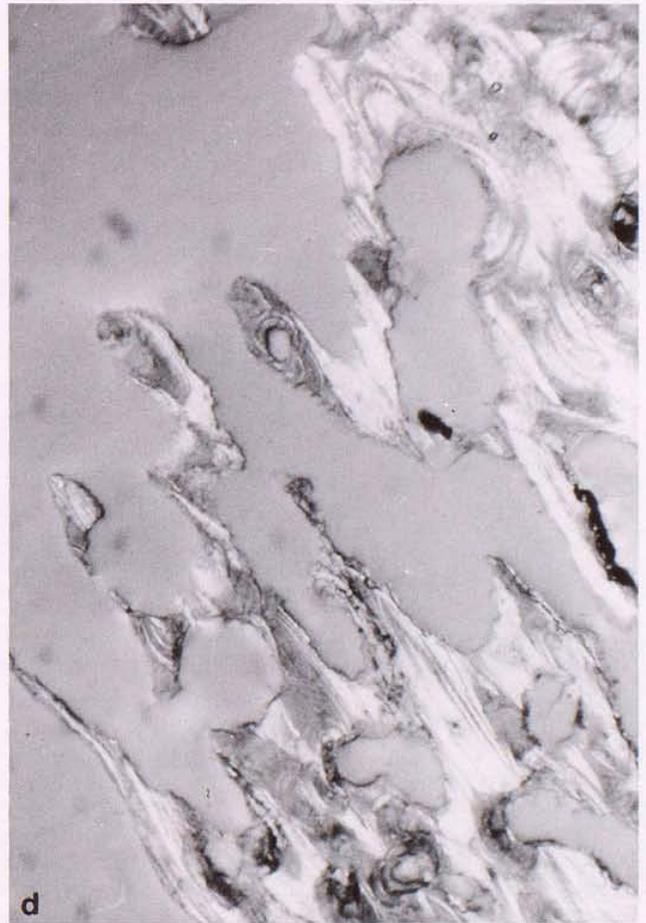
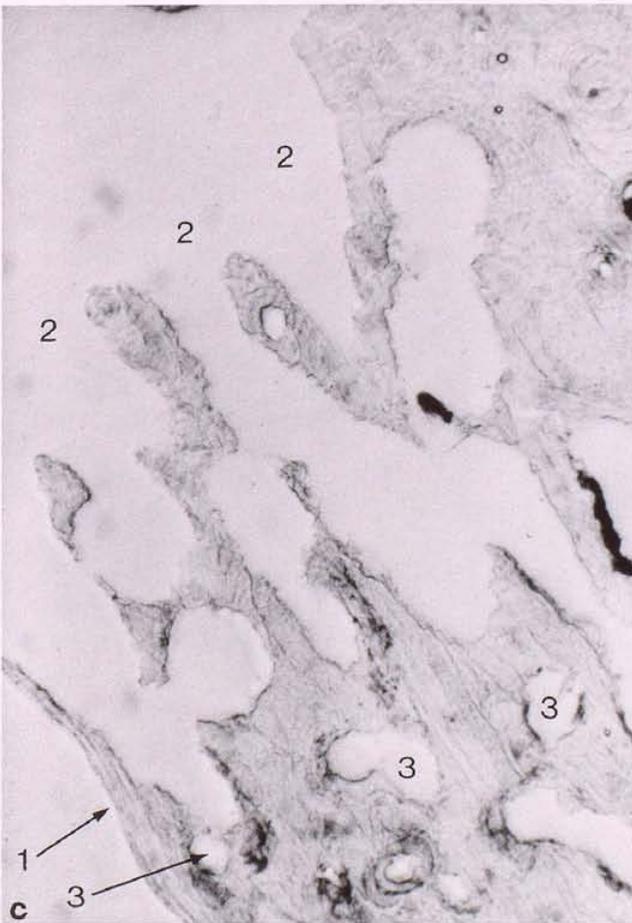
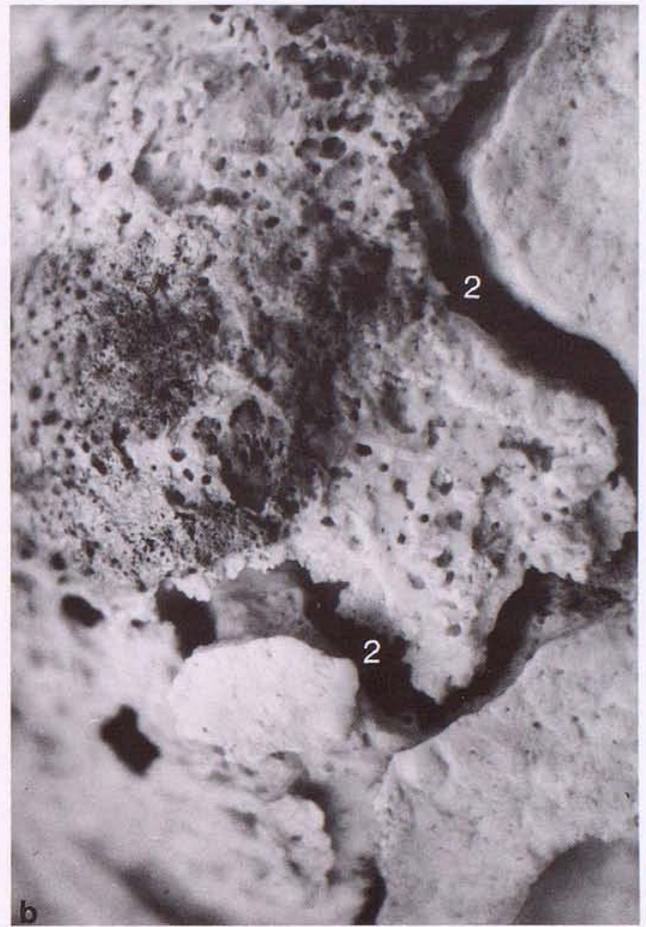
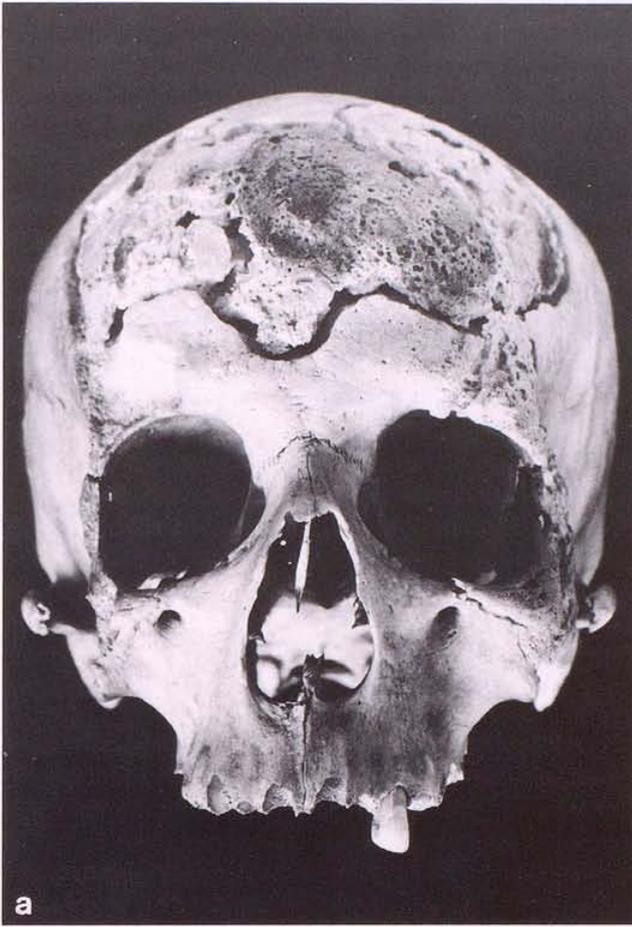


Abb. 21

grösseren Räumen zusammenschliessen. - Weiter soll auf die Knochenlues am Schädeldach nicht eingegangen werden. Eine gute und ausführliche Beschreibung der Syphilis am ausmazerierten Skeletmaterial sowie eine differentialdiagnostische Abgrenzung gegen andere Knochenkrankheiten mittels mikroskopischer Methoden liegt von HACKETT (1976) vor.

Gelegentlich kann es bei einer Osteitis bzw. Osteomyelitis eines Langknochens zu entzündlichen Veränderungen an den Ursprungs- und Ansatzflächen der Muskulatur kommen. Dies ist besonders dann der Fall, wenn die Muskulatur bei Bestehen einer Periostitis zusätzlich noch stark beansprucht wird. Dadurch können sich kräftige, exostosenartige Muskelmarken am Knochen herausbilden, die zum Teil beträchtliche Ausmasse annehmen können und in Form und Struktur stark den Veränderungen ähneln, wie sie bei der Myositis ossificans beobachtet werden. Aber auch bei bestimmten Formen des Diabetes mellitus treten derartige Veränderungen auf, die mit einer Osteoporose einhergehen können.

Das Os femoris eines etwa maturen Mannes aus dem fränkischen Gräberfeld von Eltville im Rheingau weist ähnliche Veränderungen auf. Der Querschnitt durch die dorsale Schafthälfte der Diaphyse lässt eine nahezu normale Compactastruktur (Abb. 22: 1) erkennen. Die zahlreichen unregelmässigen Gefässkanäle, die die Compacta auflockern, sind nicht auf eine entzündliche Knochenreaktion, sondern auf eine Osteoporose (s. S. 77) zurückzuführen. Ein etwa in Transversalebene verlaufender Gefässkanal (Abb. 22: 3) zieht vom Markraum zur Linea aspera. Diese Muskelmarke ist - ebenso wie andere Muskelmarken an diesem Knochen - ungewöhnlich stark vergrössert (Abb. 22: 2).

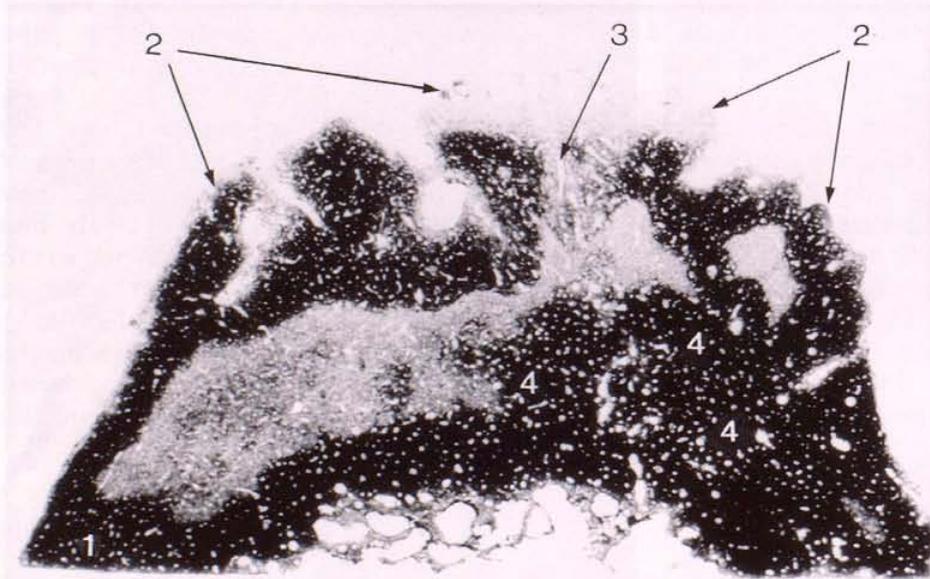


Abb. 22

Querschliff durch die dorsale Schafthälfte des Os femoris eines maturen Mannes aus dem fränkischen Gräberfeld von Eltville (Hessen). Lupenvergrösserung. Schliffdicke 50 μ m.

Beschriftung

- 1 = Normale Compactastruktur.
- 2 = Linea aspera mit sehr kräftigen Muskelmarken..
- 3 = In Transversalebene verlaufender Gefässkanal.
- 4 = Auflockerung der Compacta infolge Osteoporose.

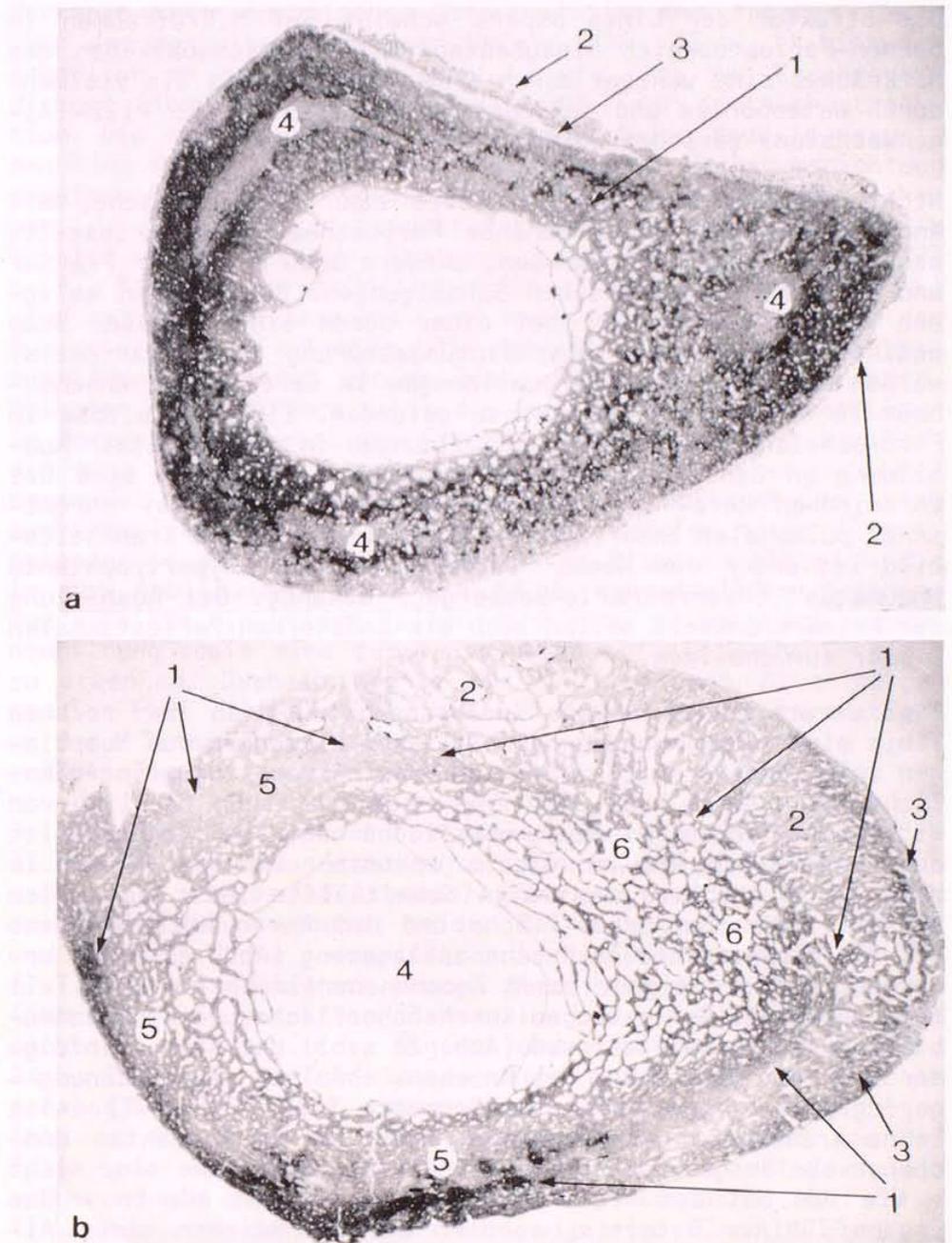


Abb. 23

Querschliffe durch zwei Tibien.

a) Rechte Tibia eines völkerwanderungszeitlichen Alamannen aus Nusplingen (Württemberg). Pierre Marie Bamberger-Syndrom. Lupenvergrößerung. Schliffdicke 50 µm.

Beschriftung

- 1 = Compacta.
- 2 = Dünne sekundäre Knochenauflagerung.
- 3 = Spaltraum zwischen Knochenoberfläche und Knochenneubildung.
- 4 = Zonen schlechten Erhaltungszustandes.

b) Rechte Tibia eines erwachsenen Mannes aus dem bajuwarischen Gräberfeld von Sindelsdorf (Bayern). Chronische Osteomyelitis. Lupenvergrößerung. Schliffdicke 50 µm.

Beschriftung

- 1 = Ehemaliger Knochenumfang.
- 2 = Zone der sekundären Knochenverdickung.
- 3 = Aeussere Randzone des sekundär gebildeten Knochengewebes.
- 4 = Eingeengte Markröhre.
- 5 = Reste der ursprünglichen Schaftcompacta.
- 6 = Neugebildete Knochenstruktur im Bereich der ehemaligen Compacta.

Die Struktur der Linea aspera scheint auf Mikrotraumen im Sehnen-Periostbereich hinzudeuten. Die Spongiosabälkchen des Markraumes sind weniger durch eine Osteomyelitis als vielmehr durch Osteoporose und postmortale Einflüsse (z.B. Pilz- Algenwachstum) zerstört worden.

Nicht nur bei einer Osteomyelitis kann eine typische, mit Knochenneubildung einhergehende Periostreaktion (Periostitis ossificans) beobachtet werden, sondern auch bei einer Fraktur und ähnlichen traumatischen Schädigungen. Bei manchen malignen Knochentumoren oder bei einer durch einen venösen Stau bedingten chronischen Durchblutungsstörung (z.B. Varicosis) werden ebenfalls Knochenneubildungen im Bereich der Knochenhaut im Sinne einer Periostose gefunden. Eine Periostose in Form schalenartiger Knochenneubildungen in symmetrischer Ausbildung an den Diaphysen der Röhrenknochen lassen sich bei chronischen Herz- und Lungenerkrankungen (z.B. bei chronischer pulmonaler Insuffizienz) nachweisen. Dieses Krankheitsbild ist unter dem Namen "**Ostéoarthropathie hypertrophiante pneumique**" (Pierre Marie-Bamberger) bekannt. Bei Ausheilung der Primärkrankheit sollen sich die knöchernen Periostschalen wieder zurückbilden.

Eine derartige periostale Knochenneubildung an der rechten Tibia eines völkerwanderungszeitlichen Alamannen aus Nusplingen zeigt Abbildung 23 a. Die relativ flache, baumrindenähnliche Auflagerung hebt sich makroskopisch schon farblich von der eigentlichen Diaphysenoberfläche ab. Der Querschnitt durch denselben Knochen dieses spätmatur-senilen Mannes in Höhe der Mitte der proximalen Schafthälfte lässt vor allem auf der lateralen Schaftfläche und dem Margo anterior eine relativ dünne sekundäre Knochenauflagerung (Abb. 23 a: 2) erkennen, die der eigentlichen Knochenoberfläche nur zum Teil fest aufsitzt. Der zwischen Knochenoberfläche und Knochenneubildung sichtbare Spaltraum (Abb. 23 a: 3) hat sich - infolge der nach der Ausgrabung des Knochens erfolgten Austrocknung - geringfügig vergrößert. Die Compacta (Abb. 23 a: 1) weist keine krankhaften Veränderungen auf. Die im kompakten Knochengewebe ausgebildeten relativ kleinen Hohlräume sind nicht - wie man bei der ersten Betrachtung denken könnte - das Ergebnis einer Osteitis, sondern das Kennzeichen einer Altersosteoporose (s. S. 77). Bei den im Innern der Compacta gelegenen, helleren, inselähnlichen Gebilden (Abb. 23 a: 4), die ein relativ homogenes Aussehen aufweisen, handelt es sich um Zonen mit schlechtem Erhaltungszustand; also nicht - wie auf den ersten Blick fälschlich diagnostiziert werden könnte - um Restbereiche gut erhaltenen Knochengewebes. Da sich nur die typische periostale Knochenschale nachweisen lässt, zeigt der Knochen das Zustandsbild eines noch nicht allzu lang bestehenden Krankheitsgeschehens. Es liegt also gewissermaßen das Anfangsstadium der "**Ostéoarthropathie hypertrophiante pneumique**" vor, eine Erkrankung, die aufgrund ihrer Eigenschaften auch als Osteoarthropathia hypertrophicans bezeichnet wird.

Mit dem in Abbildung 23 a dargestellten Fall einer "**Ostéoarthropathie hypertrophiante pneumique**" soll in Abbildung 23 b der Fall einer chronischen Osteomyelitis verglichen werden. Ein erwachsener Mann aus dem bajuwarischen Gräberfeld von Sindelsdorf litt an einer chronischen Osteomyelitis. Diese Entzündung hatte einen nahezu vollständigen Umbau der rechten Tibia zur Folge. Der Querschnitt durch diesen Knochen in Höhe der proximalen Schafthälfte (Abb. 23 b) zeigt die typischen

Merkmale einer chronischen Osteomyelitis. Der Knochen hat - über den normalen ehemaligen Umfang (Abb. 23 b: 1) hinaus - erheblich an Volumen zugenommen. Diese Zone der Knochenverdickung (Abb. 23 b: 2) ist das Produkt der Knochenhautreaktion. Die Knochenbälkchen dieser periostalen Neubildung weisen eine gerichtete Struktur auf, die die Wachstumsrichtung anzeigt. Der Prozess scheint längere Zeit angedauert zu haben, da der periostal neugebildete Knochen anfängt, sich im Bereich seiner äusseren Randzone umzudifferenzieren (Abb. 23 b: 3). Reste der ursprünglichen Schaftcompacta (Abb. 23 b: 5) sind nur noch im lateralen und medio-dorsalen Abschnitt des Querschnittes zu erkennen. Die Markröhre ist durch Knochenneubildung eingeengt worden (Abb. 23 b: 4). Diese Knochenbälkchen der Markröhre sowie die neugebildete Knochenstruktur im Bereich der ehemaligen Compacta (Abb. 23 b: 6) besitzen ein ganz ähnliches Aussehen. Sie weisen aber einen ganz anderen Bau auf als gesunde Spongiosa und unterscheiden sich auch deutlich von den Strukturen, die infolge einer Altersosteoporose entstehen. Auf den ersten Blick ähneln sich die in den Abbildungen 23 a und 23 b dargestellten Knochenquerschnitte. In beiden Fällen sind eine periostale Knochenneubildung sowie eine durch Hohlräume aufgelockerte Compacta zu erkennen. Deshalb könnte der in Abbildung 23 a vorgestellte Fall auch irrtümlich als Osteomyelitis interpretiert werden. Tatsächlich liegen aber - wie beschrieben - zwei vollständig unterschiedliche Krankheitsbilder vor.

Bei dem Skelet eines maturaen Mannes, das aus den perserzeitlichen Schichten der altorientalischen Stadt Kumidi (das heutige Kāmid el-Lōz im Libanon) geborgen werden konnte, sind die langen Röhrenknochen beider Beine geringgradig verdickt und besitzen dünne, baumrindenähnliche Auflagerungen (Abb. 24 a). In der Vergrösserung kommen diese sekundären Neubildungen (Abb. 24 b: 2) besser zur Darstellung. Die Auflagerungen sind nicht allzu fest mit der eigentlichen Knochenoberfläche (Abb. 24 b: 1) verwachsen und lassen sich leicht absprengen. Röntgenologisch fällt auf, dass diese sekundären Auflagerungen (Abb. 25 b: 2) nur an den Diaphysen zu finden sind und die Epiphysen frei lassen. Die Auflagerungen sind nicht so solide aufgebaut wie die geringgradig verdickte Compacta (Abb. 25 b: 1) und umgeben den Knochenschaft wie eine dünne Hülse bzw. Manschette. Sie weisen keine durchgehende Längsstreifung auf. An einigen Stellen lassen sich die sekundären Neubildungen eindeutig gegen die darunter gelegene Compacta durch einen feinen Aufhellungssaum (Abb. 25 b: 3) abgrenzen.

Die Lupenbetrachtung des halben Querschnittes (ventrale Hälfte) durch die Schaftmitte des linken Os femoris lässt drei unterschiedlich breite Zonen erkennen (Abb. 26 a). Die eigentliche Compacta (Abb. 26: 1) begrenzt den Markraum (Abb. 26: 4). In dieser Compactaschicht sind vereinzelt relativ grosse, unregelmässig geformte Lochdefekte (Abb. 26: 5) zu sehen. Nach aussen schliesst sich eine zweite, relativ breite Compactazone (Abb. 26: 2) an, die zum Teil nur unvollständig von der eigentlichen Schaftcompacta (Abb. 26: 1) durch eine aus mehreren länglichen Lochdefekten gebildeten Gürtelzone (Abb. 26: 6) getrennt wird. Diese zweite Compactazone ist in ihrem medialen Abschnitt durch verhältnismässig grosse, unregelmässig geformte Lochdefekte (Abb. 26: 7) aufgelockert. Die dritte Zone (Abb. 26: 3) ist am weitesten peripher gelegen. Sie ist gekennzeichnet durch eine mehr oder weniger parallele Ausrichtung ihrer Knochenbälkchen. Diese dritte Zone ist - zumindest an den Stellen, an denen noch keine postmortale

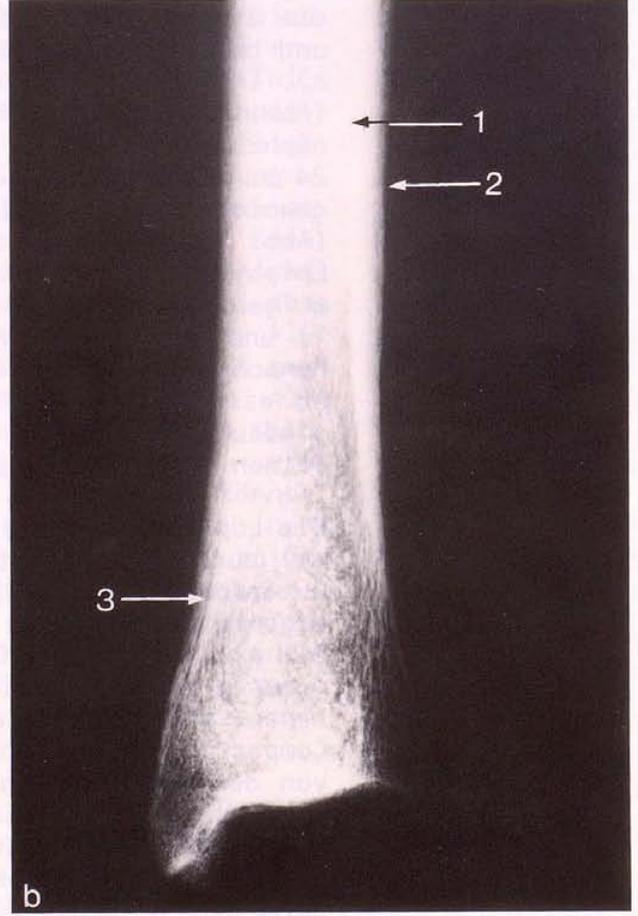
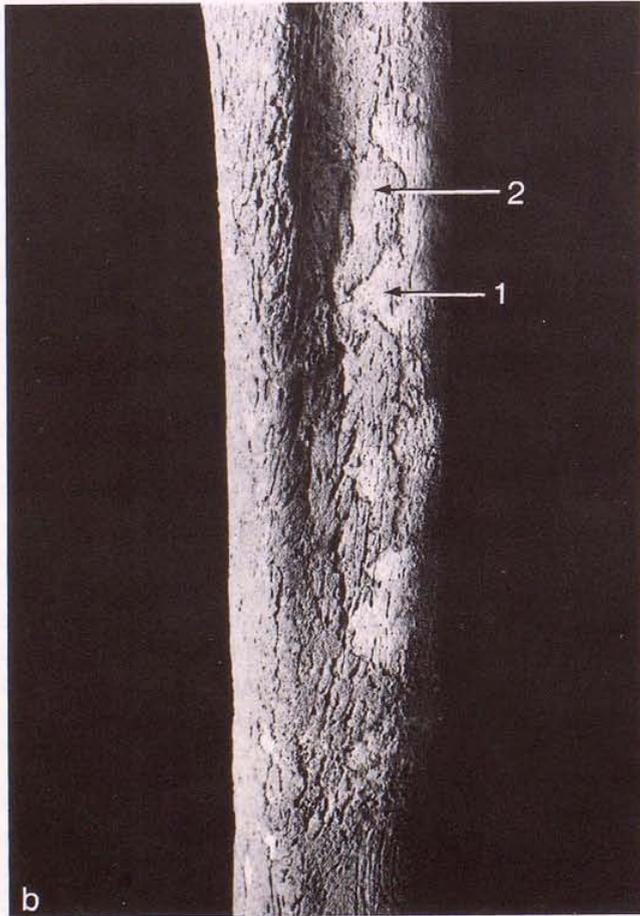
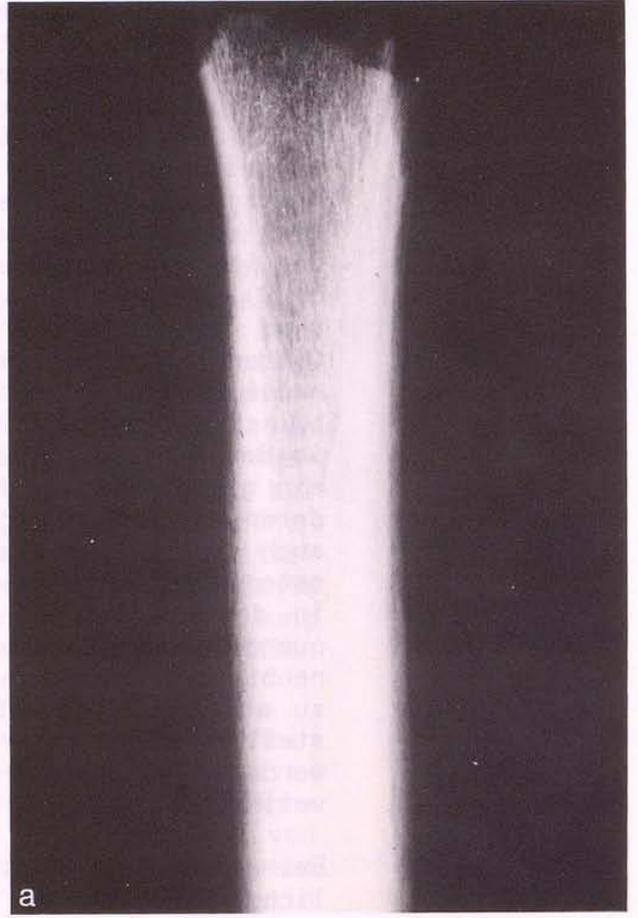
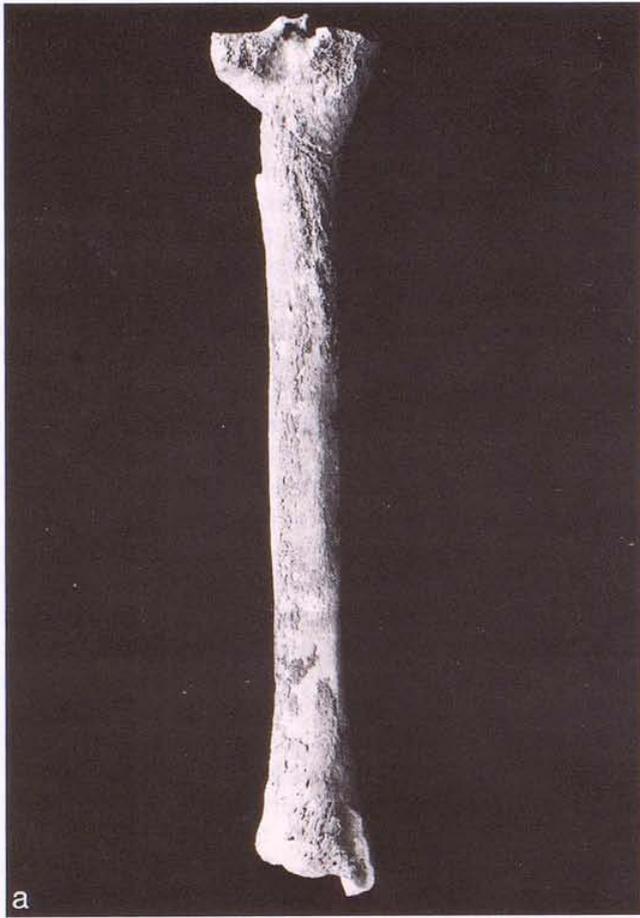


Abb. 24

Abb. 25

Abb. 24

Tibiae eines maturen Mannes aus der altorientalischen Stadt Kumidi (Libanon).

- a) Dorsalansicht der linken Tibia.
- b) Lateralansicht der rechten Tibia.

Beschriftung

- 1 = Eigentliche Knochenoberfläche.
- 2 = Sekundäre Auflagerung.

Abb. 25

Röntgenaufnahme der linken Tibia des maturen Mannes aus der altorientalischen Stadt Kumidi (Libanon).

- a) Proximale Schafthälfte (a - p).
- b) Distale Schafthälfte (a - p).

Beschriftung

- 1 = Geringgradig verdickte Compacta.
- 2 = Sekundäre Knochenauflagerung.
- 3 = Aufhellungssaum.

Zerstörung der Knochensubstanz erfolgte (z.B. Abb. 26: 8) - zum grossen Teil durch eine periphere Verdichtung ihrer Knochenbälkchen bzw. durch eine Arkadenbildung der Bälkchen untereinander zur Oberfläche hin abgeschirmt.

Die Mikroradiographie bestätigt das zuvor Gesagte auch für die Tibia (Abb. 26 b, vgl. Abb. 9a). Es fällt auf, dass die in den zwei Compactazonen gelegenen, unregelmässig geformten Lochdefekte (Abb. 26: 5 bis 7) nicht den herkömmlichen Gefässkanälen entsprechen. Eine typische Wandung, wie sie bei den üblichen Gefässkanälen (z.B. Haversscher Kanal) beobachtet werden kann, fehlt diesen Lochdefekten vollständig. Osteoplastische Reparationsvorgänge an den Randpartien dieser Defekte sind nicht nachweisbar. Bei der Betrachtung des Schliffpräparates in der stärkeren Vergrösserung wird deutlich, dass sich die Struktur der äusseren dritten Zone (Abb. 26: 3) vom Aufbau der mittleren zweiten Zone (Abb. 26: 2) unterscheidet.

Auch bei diesem Fall dürfte es sich um eine "Ostéoarthropathie hypertrophiante pneumique" handeln - allerdings um ein schon sehr weit fortgeschrittenes Stadium. Die ersten, sekundär gebildeten periostalen Knochenschichten, die der zweiten Zone (Abb. 26: 2) des Querschnittes entsprechen, haben sich bereits zu solidem bzw. nahezu kompaktem Knochengewebe umgebaut. Als am weitesten peripher gelegene Schicht zeigt die dritte Zone (Abb. 26: 3) des Querschnittes noch am ehesten einen Charakter, wie er für eine ossifizierende Periostreaktion typisch ist, denn diese Schicht ist für den "Baumrindencharakter" der äusseren Hülle verantwortlich. Mit der Umformung der anfänglich, d.h. zu Beginn des Krankheitsgeschehens, gebildeten periostalen Knochenschichten zu mehr solidem Knochengewebe geht eine sogenannte "Spongiosierung" dieser umgebauten Schicht (Abb. 26: 2) sowie nachfolgend auch der eigentlichen Compacta (Abb. 26: 1) einher. Somit kommt es zur Ausbildung der unregelmässig geformten Lochdefekte (Abb. 26: 5 bis 7). Diese Lochdefekte entstehen aus ehemaligen Haversschen Kanälen durch glattwandige Knochenresorption (Abb. 26). Es kommt nicht zur Umbildung in eine echte Spongiosa, sondern nur zur Auflockerung der ehemals kompakten Strukturen (Abb. 26).

Abb. 26

Querschliffe durch den Langknochen des muren Mannes aus der altorientalischen Stadt Kumidi (Libanon).

- a) Querschliff durch die ventrale Hälfte des linken Os femoris. Lupenvergrösserung. Schliffdicke 50 µm.
- b) Mikroradiographie durch einen Querschliff der rechten Tibia. Etwa 10-fache Vergrösserung. Schliffdicke 100 µm (s. Abb. 9 a).
- c) Querschliff durch die rechte Tibia. Peripherer Bereich. Etwa 25-fache Vergrösserung. Schliffdicke 50 µm.

Beschriftung

- 1 = Ursprüngliche Compacta.
- 2 = Erste sekundär gebildete, relativ breite Compactazone.
- 3 = Zweite sekundär gebildete, schmale Compactazone.
- 4 = Markröhre.
- 5 = Unregelmässig geformte Lochdefekte in der ursprünglichen Compactazone.
- 6 = Gürtelzone aus länglich geformten Lochdefekten.
- 7 = Unregelmässig geformte Lochdefekte in der ersten sekundären Compactazone.
- 8 = Stellen postmortaler Zerstörung.

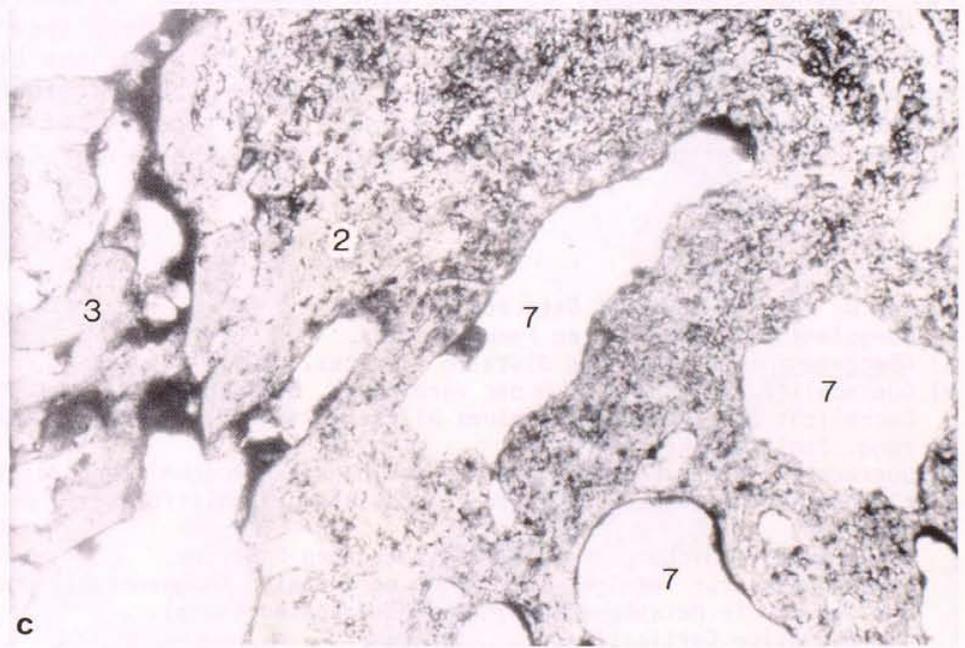
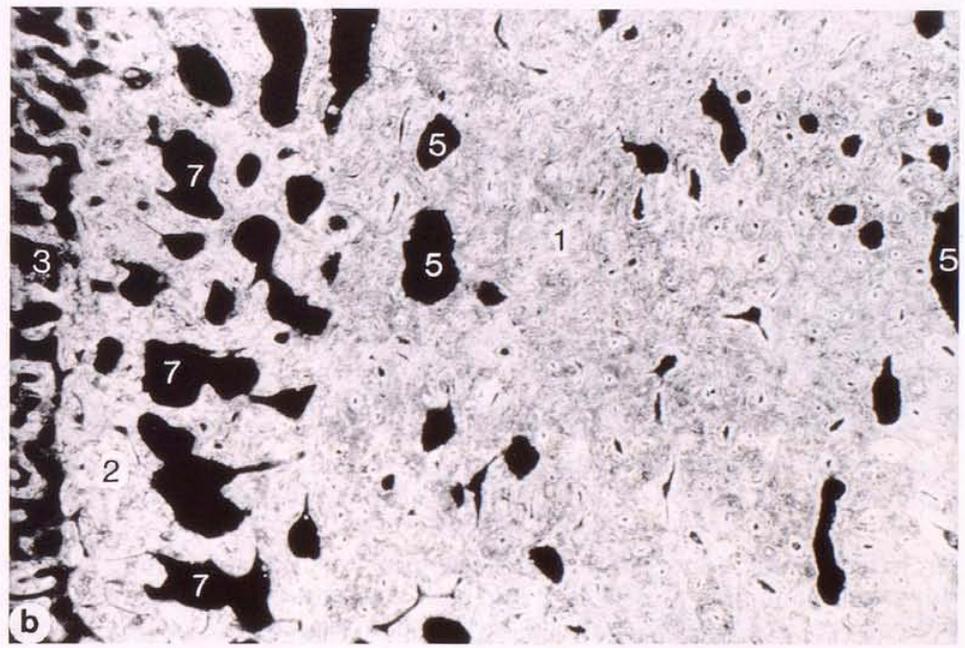
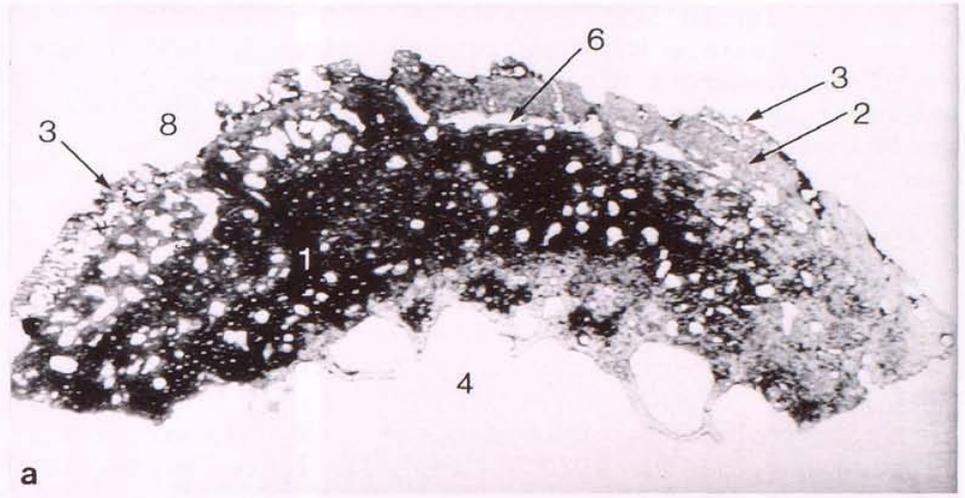


Abb. 26

Am ausmazerierten Skeletmaterial können verknöcherte, ehemalige subperiostale **Hämatome** aufgrund ihres ähnlichen morphologischen Aussehens mit den zuvor beschriebenen Periostverknöcherungen verwechselt werden. Subperiostale Blutungen sind meist Ursache eines Traumas (z.B. am Margo anterior der Tibia) und treten gehäuft bei chronischem Vitamin C-Mangel auf. Besonders schwierig ist eine Diagnose am kindlichen Skelet zu stellen. Verknöcherte subperiostale Hämatome sind am kindlichen Knochen häufig nur sehr flach ausgebildet und können deshalb leicht übersehen werden. Wie nachfolgendes Beispiel zeigt, sind aber auch am Skelet von Erwachsenen alte, gut verknöcherte Hämatome schwer zu diagnostizieren.

Bei der osteologischen Untersuchung des Skelets von Graf Otto von Northeim, der von 1020 (?) bis 1083 lebte, wurde auf der Dorsalfläche des linken Os femoris eine sehr flache, nahezu unauffällige Verdickung (Abb. 27 a: 1) proximal des lateralen Condylus beobachtet. Diese länglich-ovale, etwa mandelgrosse Verdickung besitzt eine feinporöse Oberfläche. Der Randbereich dieser Verdickung weist eine unregelmässige, leicht erhabene Oberfläche auf. Im Röntgenbild (Abb. 27 b) fällt an dieser Stelle eine geringgradige Substanzverdickung auf, die ohne scharfe Abgrenzung in die durch Altersosteoporose reduzierte Spongiosa der distalen Metaphyse übergeht. Im distomedialen Uebergangsbereich sind Gefässkanäle (Abb. 27 b: 10) orthograd getroffen, die auch schon bei der äusseren Betrachtung der Knochenoberfläche auffielen und keine pathologische Bedeutung haben. Im distalen Abschnitt der Metaphyse kurz oberhalb des Epicondylus lateralis weist die laterale Profillinie in Höhe der Knochenverdichtung im Röntgenbild eine leichte Doppelkontur (Abb. 27 b: 2) auf, die wohl auf eine alte Periostreaktion zurückgeführt werden kann.

Nach Entnahme einer Knochenprobe aus der Dorsalfläche des Femurs in Höhe der röntgenologisch nachgewiesenen Verdichtung erbrachte die histologische Untersuchung am Querschliffpräparat folgende Ergebnisse. Es liegt eine ausgeprägte Osteoporose vor, die sich vor allem in der Reduktion der Metaphysenspongiosa (Abb. 27 d: 3) äussert und auf das relativ hohe Lebensalter von Graf Otto (wenigstens 63 Jahre) zurückgeführt werden kann. Trotz der Osteoporose ist die Corticalis auf den ersten Blick verhältnismässig dick und ähnelt eher einer Com-

Abb. 27

Linkes Os femoris von Graf Otto von Northeim.

a) Dorsalansicht des distalen Femurschaftes.

b) Röntgenaufnahme (a-p) des distalen Schaftes.

c) Querschliff aus dem Bereich der Verdickung. Betrachtung mit dem Mikroskop im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz). 25-fache Vergrösserung. Schliffdicke 50 µm.

d) Querschliff einer Knochenprobe aus dem dorsalen Abschnitt des distalen Schaftes in Höhe der flachen Knochenverdickung. Lupenvergrösserung. Schliffdicke 50 µm.

Beschriftung

- 1 = Flache Verdickung proximal des lateralen Condylus.
- 2 = Doppelkontur infolge einer alten periostalen Knochenneubildung.
- 3 = Reduzierte Metaphysenspongiosa (Altersosteoporose).
- 4 = Ehemalige Corticalis.
- 5 = Sekundär gebildete Knochenlage (ehemaliges subperiostales Hämatom).
- 6 = Unregelmässige, atypische Gefässkanäle in gürtelförmiger Anordnung.
- 7 = Atypisches Bälkchenwerk.
- 8 = Saumartige äussere Randzone (postmortal).
- 9 = Innere unregelmässige Gürtelzone (postmortal).
- 10 = Gefässkanal.

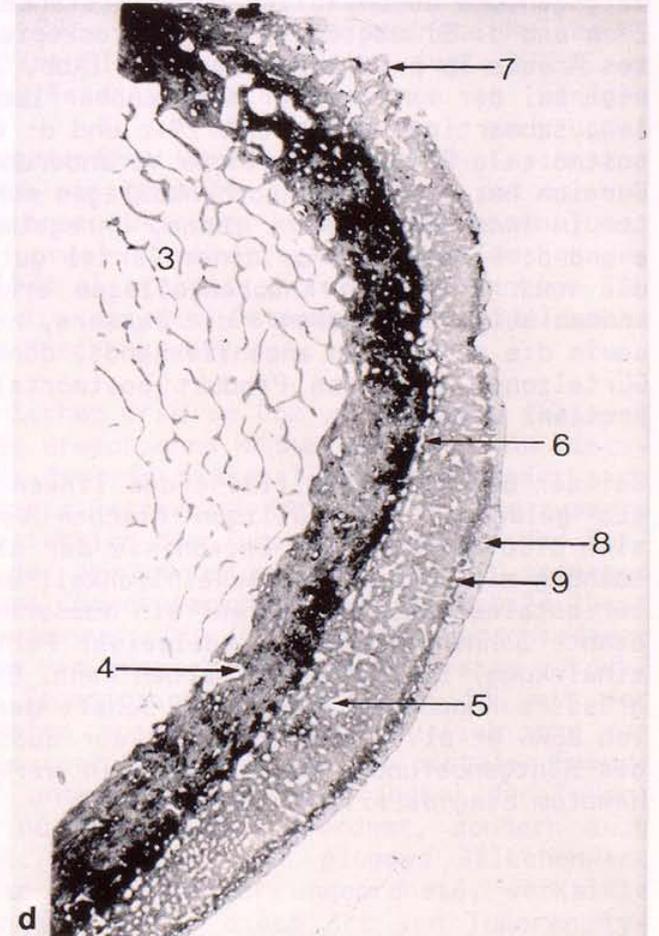
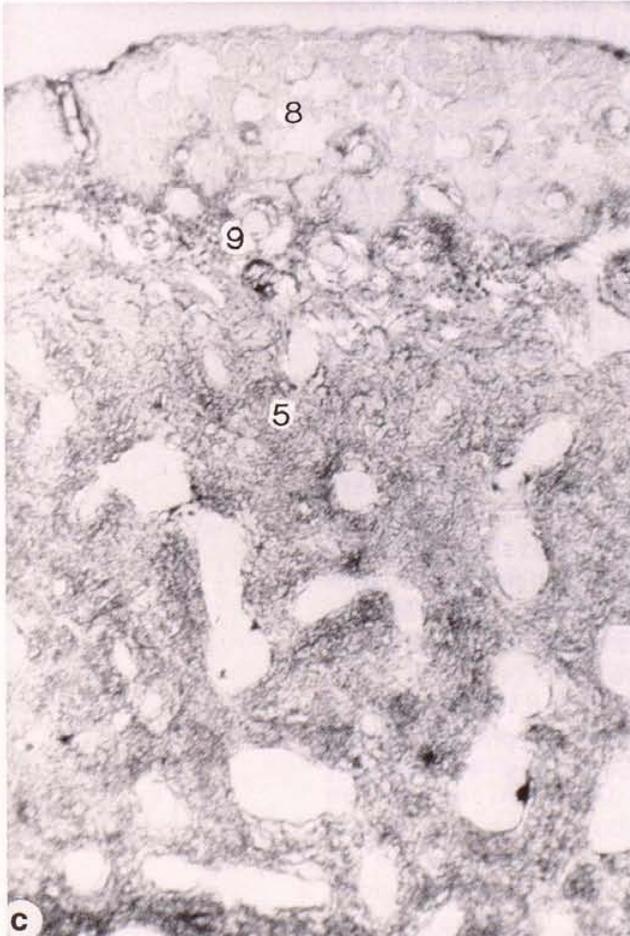
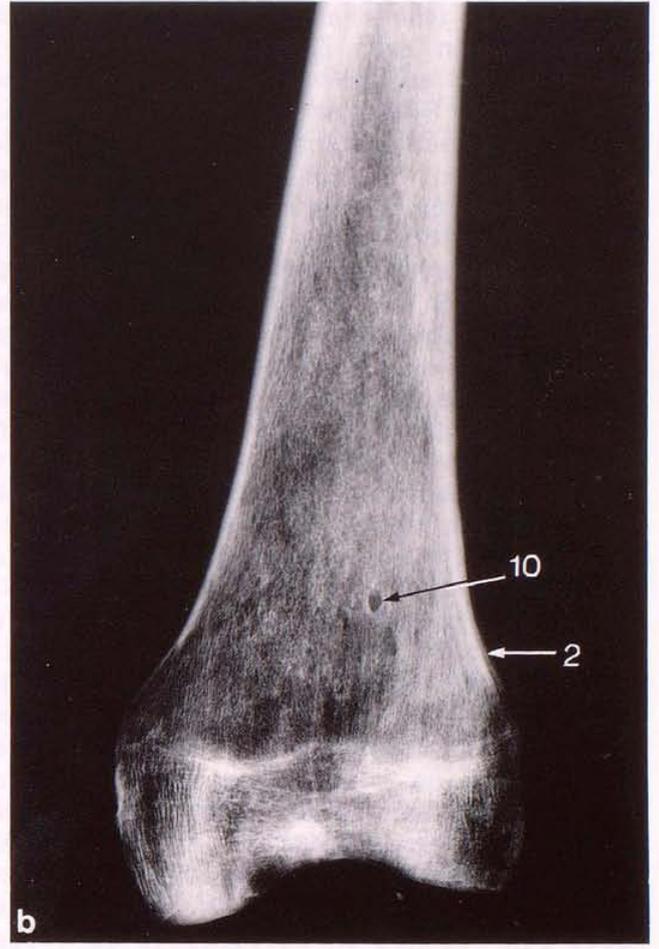
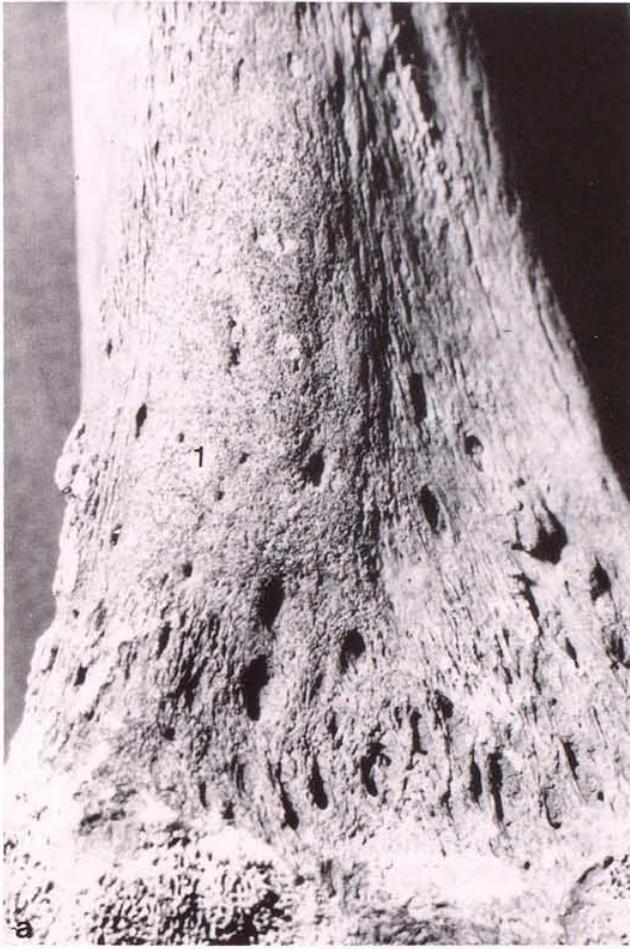


Abb. 27

pacta. Bei genauerer Untersuchung lässt sich die kompakte Corticalis in zwei Zonen teilen. Die erste Zone (Abb. 27 d: 4) schliesst an den Spongiosaraum an und entspricht der ursprünglichen Femurcorticalis. Die zweite Zone (Abb. 27 c und d: 5) legt sich unmittelbar der ersten an und wird nur teilweise gegen diese von zahlreichen längs-ovalen Lochdefekten (Abb. 27 d: 6) abgegrenzt. Die Lochdefekte finden sich fast ausschliesslich in der zweiten Zone und repräsentieren unregelmässige, atypisch vergrösserte Gefässkanäle. Diese zweite Zone, die sich der ursprünglichen Corticalis aufgelagert hat, ist eine Neubildung. Die Struktur dieser Knochenneubildung spricht für das Vorliegen eines ehemaligen subperiostalen Hämatoms, das nahezu vollständig in kompaktes Knochengewebe umgebaut worden ist. Die erste Zone - die die ursprüngliche Corticalis repräsentiert - ist durch postmortale Einflüsse im Sinne der Dekomposition stark geschädigt worden. Dies fällt vor allem an den im Querschliff deutlich dunkler gefärbten Arealen auf, deren periphere Grenzen beide Knochenzonen in etwa trennen. Im lateralen Abschnitt des Querschliffs ist die relativ glatte Knochenoberfläche durch atypischen Bälkchenbau (Abb. 27 d: 7) gestört. Dieser Abschnitt entspricht der Region, auf die sich im Röntgenbild die laterale Doppelkontur projiziert (Abb. 27 b: 2) und die auch makroskopisch eine rauhe Oberfläche aufweist. Es dürfte sich bei dieser Veränderung um eine alte abgeheilte Periostreaktion handeln. Es fällt ferner auf, dass sich im Bereich der medialen zwei Drittel des Querschnittes entlang der äusseren Knochenoberfläche eine relativ helle, saumartige Zone (Abb. 27 c und d: 8) ausgebildet hat, die sich durch eine etwas dunklere, ebenfalls sehr dünne, unregelmässige Gürtelzone (Abb. 27 c und d: 9) gegen die durch Auflagerung entstandene zweite Zone (Abb. 27 c und d: 5) abgrenzt. Die mikroskopische Betrachtung dieses Areals im polarisierten Licht (Abb. 27 c) zeigt, dass es sich bei der entlang der Knochenoberfläche verlaufenden hellen, saumartigen Zone (Abb. 27 c und d: 8) nur um eine durch postmortale Faktoren bedingte Veränderung handelt. In diesem Bereich hat sich kein Knochenkollagen mehr erhalten. Die weiter im Inneren gelegene, dünne, unregelmässige Zone (Abb. 27 c und d: 9) besteht aus einem Gürtel gut erhaltener Osteone, die noch reichlich Knochenkollagen erkennen lassen. Somit können beide Strukturen - die äussere, helle, saumartige Zone sowie die nach innen anschliessende, dunklere, unregelmässige Gürtelzone - als das Produkt postmortaler Einflüsse interpretiert werden.

Bei der auf der Dorsalfläche des linken distalen Femurschaftes gelegenen unauffälligen flachen Verdickung handelt es sich also aufgrund der Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung mit grosser Wahrscheinlichkeit um ein ehemaliges subperiostales Hämatom, das auf ein äusseres Trauma (z.B. ausge dehnte Sehnenzerrung mit teilweiser Periostabhebung, Schlag einwirkung) zurückgeführt werden kann. Eine zweite, sehr viel grössere Knochenapposition am Schaft der linken Tibia wurde von BERG et al. (1981) aufgrund der äusseren Morphologie und des Röntgenbefundes sicher als ein verknöchertes ehemaliges Hämatom diagnostiziert.

2.1.2 Knochengeschwülste

Eine Vielzahl von Skelettfunden belegt, dass Tumoren auch in frühgeschichtlicher Zeit verhältnismässig häufig auftraten (z.B. MOODIE 1923, BROTHWELL 1967, STROUHAL 1976, STEINBOCK 1976, UHLIG 1982).

Eine relativ zuverlässige Diagnose ist technisch oft recht aufwendig und meist nur bei den osteogenen Tumoren möglich. Anhand von fünf Fällen sollen nachfolgend die Möglichkeiten der Diagnostik an ausmazeriertem Skeletmaterial mittels mikroskopischer Techniken umrissen werden.

Im allgemeinen besteht Tumorgewebe nicht aus reifem Organewebe. Dies gilt natürlich auch für knöcherne Tumoren des Skelettsystems. Am Beispiel des kompakten Knochens, dessen funktionelle Baueinheit das Osteon ist, soll dies näher ausgeführt werden. Normal ausgebildete Osteone wurden bereits in den Abbildungen 2 und 3 vorgestellt. Typische, quergeschliffene Osteone einer soliden, kompakten Knochengeschwulst des Os femoris zeigt Abbildung 28 a und b. Im einfachen Durchlicht ist der irreguläre Gefässkanal (Abb. 28 a und b: 1) zu erkennen. Erst im polarisierten Durchlicht lässt sich die Anordnung der Kollagenfibrillen näher differenzieren.

An dem künstlich deformierten Schädel einer maturen Frau aus dem präkolumbischen Gräberfeld von Chancay (Peru) befindet sich ein etwa kleinwalnussgrosser gestielter knöcherner Tumor (Abb. 28 e und f). Die mikroskopische Untersuchung der Dünnschliffe (Abb. 28 c und d) ergab das Vorliegen von sogenannten Faserfilzen, die sich dadurch auszeichnen, dass die um den Gefässkanal (Abb. 28 c und d: 1) angeordnete Kollagenstruktur keine lamelläre Gliederung aufweist (vgl. KNESE et al. 1954). Derartige Faserfilz-Osteone können an wenigen Stellen des Skeletes - z.B. in der Mandibula - auch unter normalen Umständen angetroffen werden. In soliden Knochentumoren hingegen treten sie gehäuft auf. Ausser diesen unvollständig differenzierten Osteonen konnten in diesem Tumor auch noch zahlreiche normal strukturierte Osteone nachgewiesen werden (SCHULTZ 1978 a). Letzteres ist für derartige Tumoren typisch. Denn die meisten **Osteome des Schädeldaches** bauen sich aus reifem Knochengewebe auf.

Aus einem mittelalterlichen Grab im Dom zu Fritzlar (Hessen) wurde das Skelet eines erwachsenen Mannes geborgen. Am distalen Ende des linken Os femoris dieses Skeletes befindet sich eine etwa kindskopfgrosse Geschwulst (Abb. 29 a). Die äussere Morphologie, die Lokalisation des Tumors im Bereich der Epi- und Metaphyse sowie der Röntgenbefund (Abb. 29 b) sprechen für das Vorliegen eines **Chondrosarkoms**. Das Röntgenbild lässt einige Einzelheiten erkennen. Die Untersuchung verschiedener kleiner Knochenproben im Rasterelektronenmikroskop ergab, dass sich die innere Spongiosastruktur (Abb. 30 b), mit der die Geschwulst teilweise ausgefüllt ist, deutlich von der Struktur normaler, gesunder Spongiosa aus der distalen Femurmetaphyse (Abb. 30 a) unterscheidet. Die Trabekel der Tumorspongiosa sind nicht nur irregulär angeordnet, sondern auch unregelmässig verdickt und bilden ein plumpe Bälkchenwerk (Abb. 30 c). Teilweise sind auch nur ungeordnete, verkalkte Formationen zu erkennen, die für diese Art von Tumoren typisch sind. Sie besitzen eine bröckelige Konsistenz. Die Oberfläche der äusseren Knochenschale (Abb. 30 d), weist einen groben, sklerotischen Charakter auf.

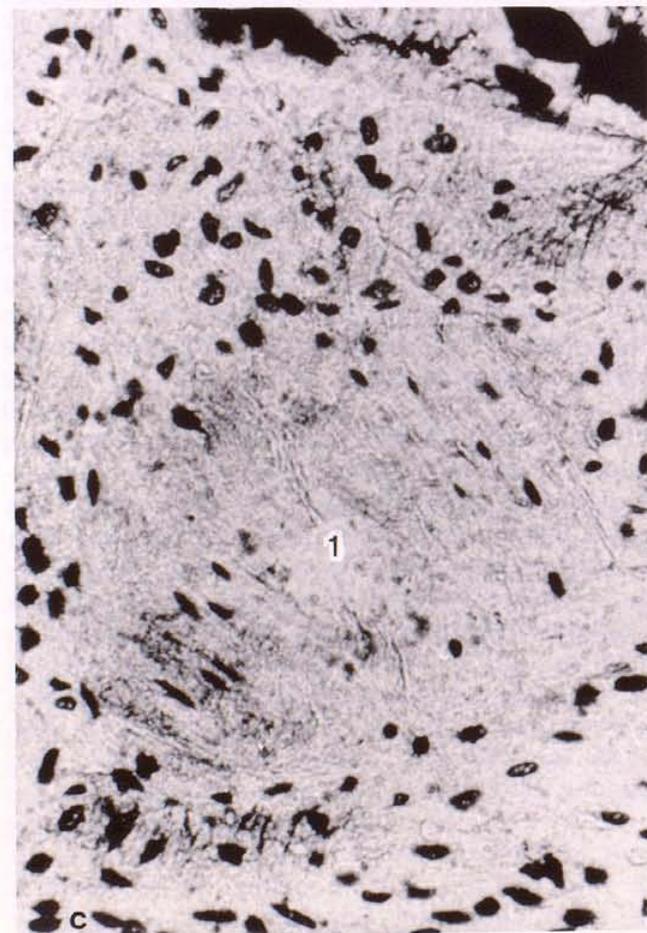
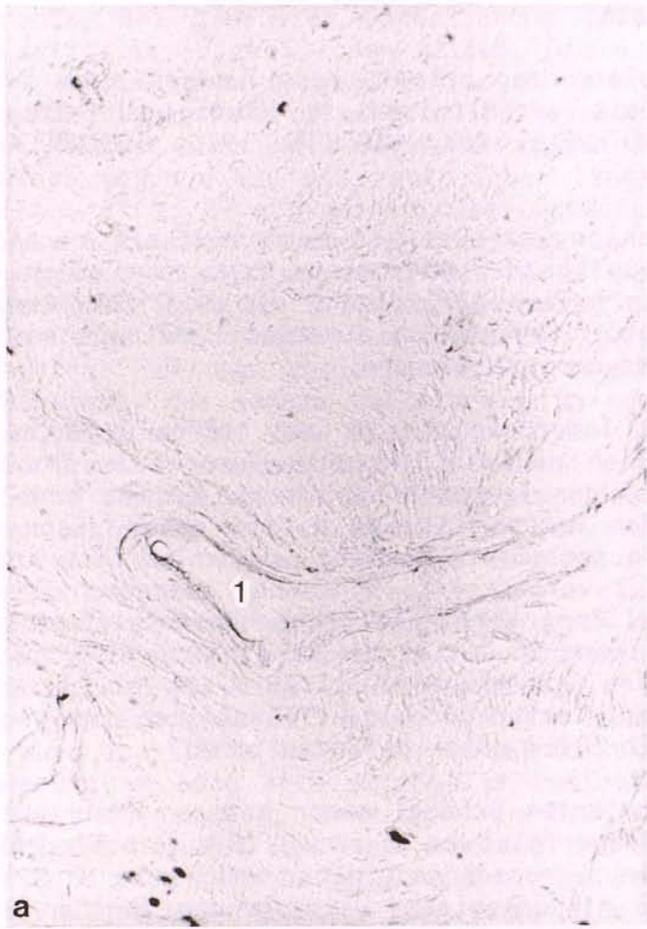


Abb. 28

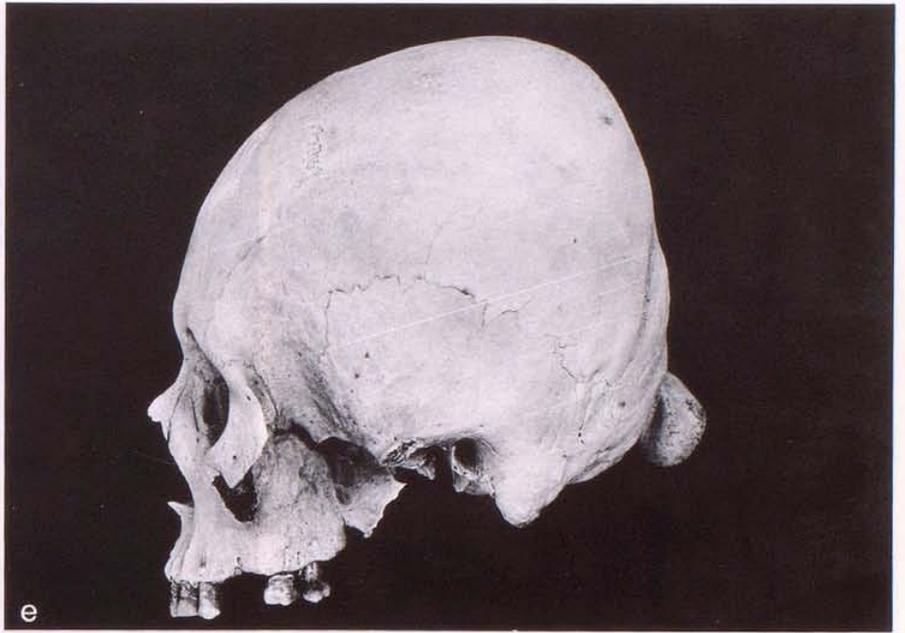
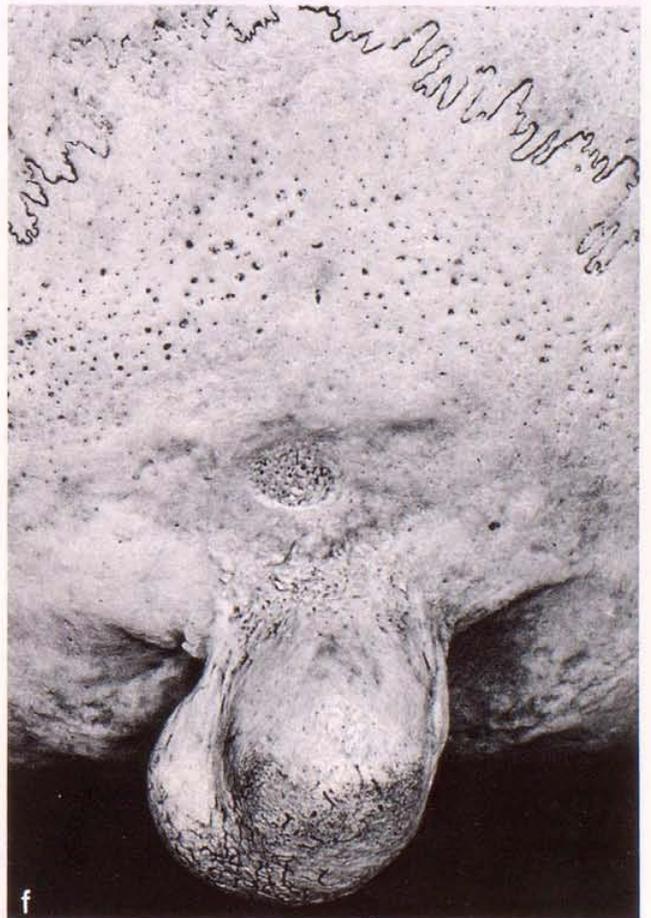


Abb. 28

- a) Querschliff durch einen soliden Knochentumor am Femurschaft eines maturaen weiblichen Individuums aus dem Spätmittelalter Württembergs. Atypischer Gefässkanal, wie er bei kompakten Knochentumoren des postcranialen Skelets häufiger beobachtet werden kann. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 160-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μ m.
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht.
- c) Querschliff durch den gestielten knöchernen Tumor an der Squama occipitalis einer maturaen Frau aus dem präkolumbischen Gräberfeld von Chancay (Peru). Sogenanntes Faserfilz-Osteon. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 160-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μ m.
- d) Wie c) aber im polarisierten Durchlicht.
- e) Künstlich deformierter Schädel einer maturaen Frau aus dem präkolumbischen Gräberfeld von Chancay (Peru). Gestielter knöcherner Tumor am Hinterhaupt. Linke Seitenansicht (s. Abb. 28 c und d).
- f) Wie e). Ansicht der Squama occipitalis mit gestieltem Tumor von occipital.

Beschriftung

1 = Gefässkanal



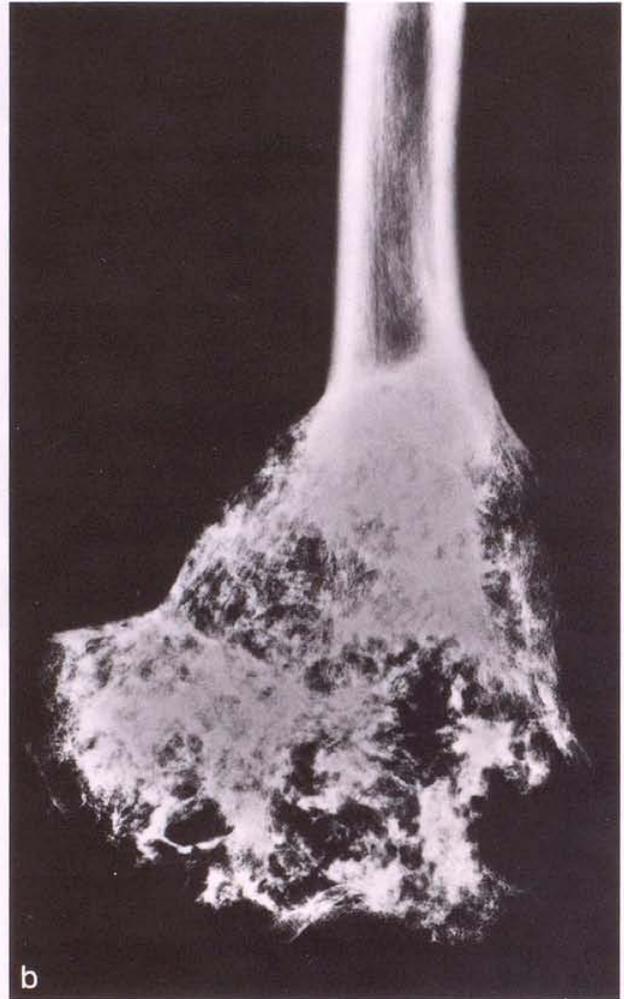
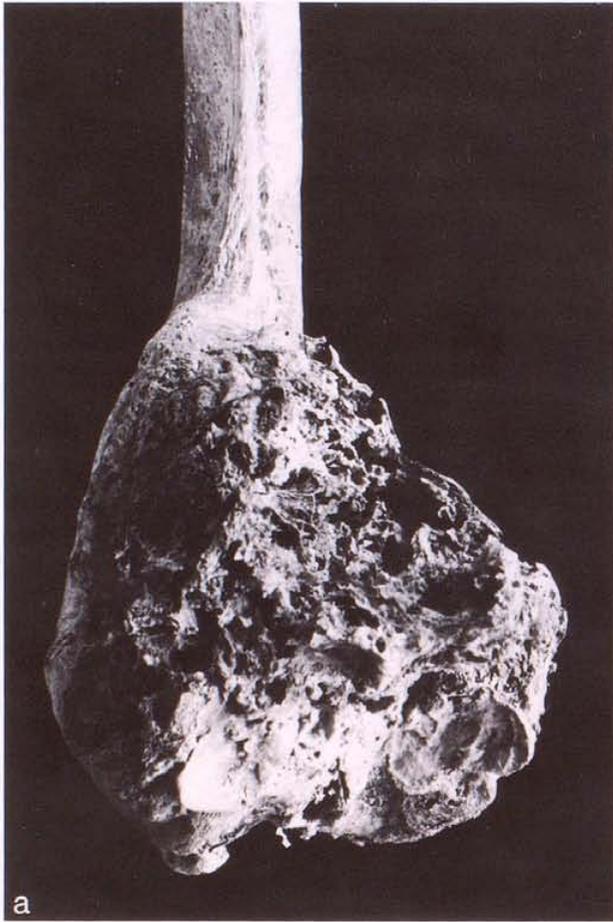


Abb. 29

Distales Ende des linken Os femoris eines erwachsenen Mannes aus einem mittelalterlichen Grab im Dom zu Fritzlar (Hessen). Chondrosarkom.

- a) Dorsalansicht.
- b) Röntgenaufnahme (a - p).

Abb. 30

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen.

- a) Normal ausgebildete, gesunde Spongiosa aus dem Metaphysenbereich eines rezenten Os femoris.
- b) Spongiosa aus dem Inneren des Chondrosarkoms von Abb. 29.
- c) Wie b).
- d) Aufsicht auf die Aussenschale des Chondrosarkoms aus Abbildung 29.

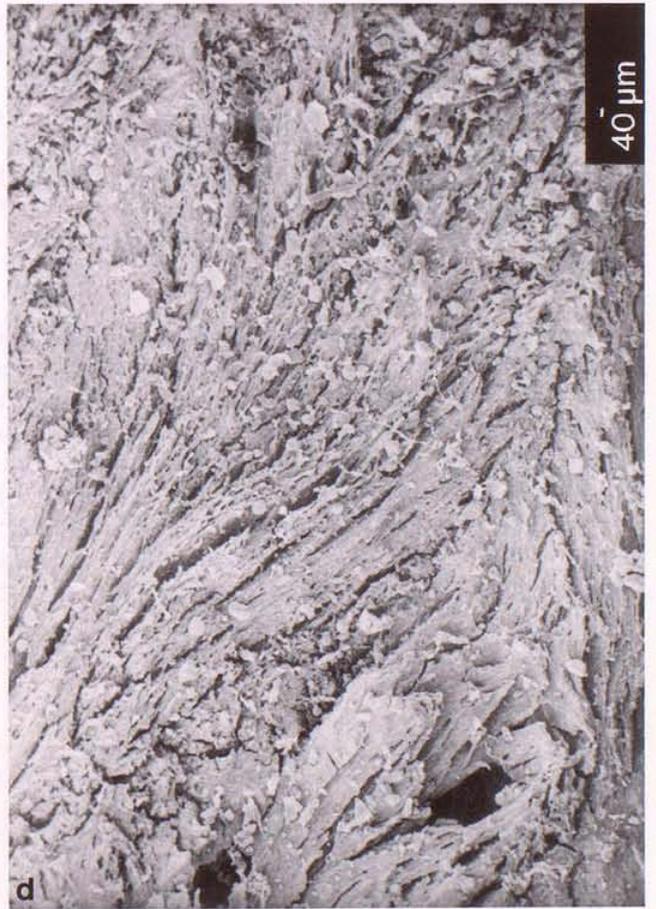
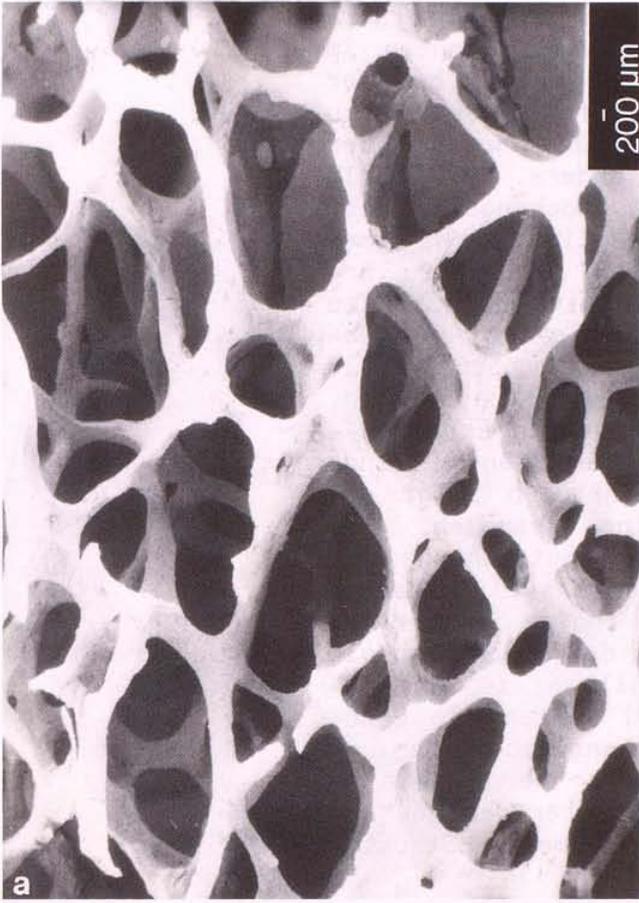


Abb. 30

Bei einem spätadulten Mann, dessen Skelet aus dem bandkeramischen Gräberfeld von Aiterhofen geborgen wurde, konnten im proximalen Bereich der Diaphyse des rechten Femurs bei der routinemässigen Anfertigung von Querschliffen zwei nahezu kreisrunde, helle Herde (Abb. 31 a: 1) beobachtet werden. Der eine Herd ist wesentlich grösser als der andere. Ihr Inhalt grenzt sich deutlich gegen das umgebende Knochengewebe ab. Ausser den beiden Herden sind im Querschliff noch Zonen schlecht erhaltenen Knochengewebes (Abb. 31 a: 2) zu erkennen, die sich aufgrund der Anfärbung mit Methylenblau dunkler darstellen. Infolge der grossen Brüchigkeit des relativ schlecht erhaltenen Skelets lassen sich im Schliffbild zahlreiche Mikrofrakturen (z. Bsp. Abb. 31 a: 3) ausmachen, die während der Zeit der Lagerung der Knochen im Erdboden - wahrscheinlich infolge des Bodendruckes - entstanden sind. Abgesehen von diesen postmortalen Mikrofrakturen zeigt die Compacta dieses Knochens das Aussehen eines gesunden, voll funktionsfähigen Osteonenknochens. Bei der Betrachtung des grösseren Herdes im polarisierten Licht kommt sein Charakter besser zur Darstellung (Abb. 31 c). Das Innere des Herdes weist ein scholliges Aussehen auf. Mehrere der kleinen schollenähnlichen Gebilde scheinen vermehrt Kollagen zu beinhalten. In der Mikroradiographie (Abb. 31 d) lassen die Herdstruktur sowie das umgebende kompakte Knochengewebe einen unterschiedlichen Verkalkungsgrad erkennen. Der Herd weist in Bezug auf die Strahlendichte, die deutlich unter der des umgebenden Knochengewebes liegt, eine relativ homogene Struktur auf.

Alle Befunde deuten auf das Vorliegen des Nidus eines **Osteoidosteoms** hin. Dafür spricht nicht nur die Lokalisation des Defektes an der Femurdiaphyse, sondern auch das Geschlecht des Individuums: Osteoidosteome treten bei Männern etwa viermal so häufig auf wie bei Frauen (ADLER 1983). Einen morphologisch ganz ähnlichen Fall bilden SPJUT et al. (1971) ab. Allerdings dürfte das gleichzeitige Auftreten von zwei Nestern dieser Geschwulst im selben Knochen vergleichsweise selten sein.

Um den Fall weiter abzuklären, wurden von diesem Präparat Serienschliffa angefertigt, die proximal und distal an den ersten Schliff (Abb. 31 a) anschliessen. Folgende Beobachtungen können gemacht werden. In den weiter proximal anschliessenden Schliffen, in denen sich der Abstand zwischen den beiden Nestern immer mehr vergrössert, lässt sich der kleinere Nidus nur noch über einen relativ kurzen Streckenabschnitt nachweisen. Es ist dann nur noch der grosse Nidus zu beobachten (Abb. 31 c), der nach einem weiteren Streckenabschnitt auch

Abb. 31

Querschliff durch den proximalen Diaphysenbereich des rechten Os femoris eines spätadulten Mannes aus dem bandkeramischen Gräberfeld von Aiterhofen (Niederbayern).

- a) Lupenaufnahme des Querschliffes.
- b) Betrachtung der beiden Tumorherde mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 10-fache Vergrösserung. Schliffdicke 70 µm.
- c) Wie b), aber Betrachtung im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz.). 12-fache Vergrösserung.
- d) Mikroradiographie eines 100 µm starken Dünnschliffes. 20-fache Vergrösserung.

Beschriftung

- 1 = Zellnidus eines Osteoidosteoms.
- 2 = Zonen schlecht erhaltenen Knochengewebes.
- 3 = Postmortale Mikrofraktur.

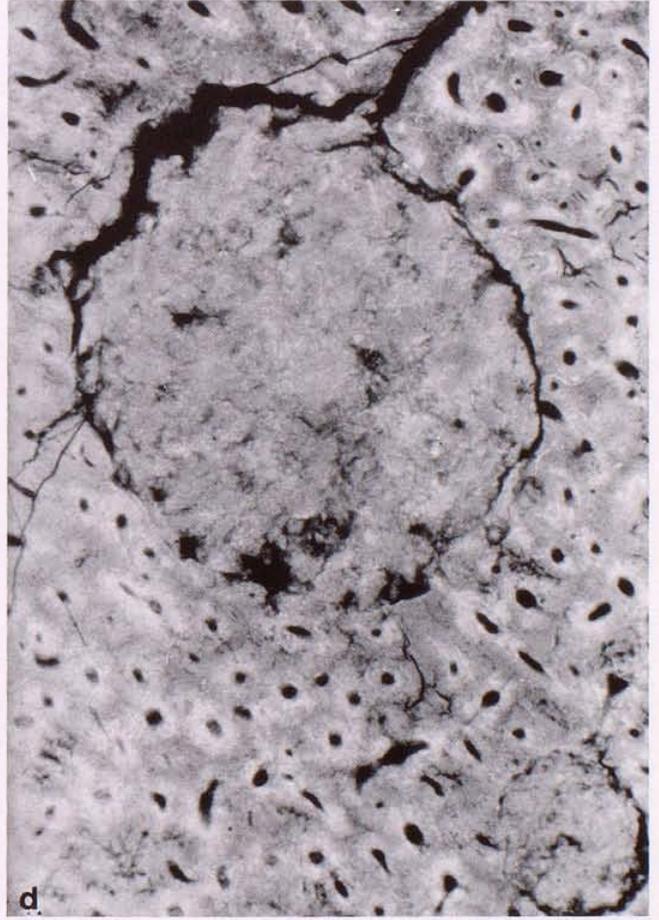
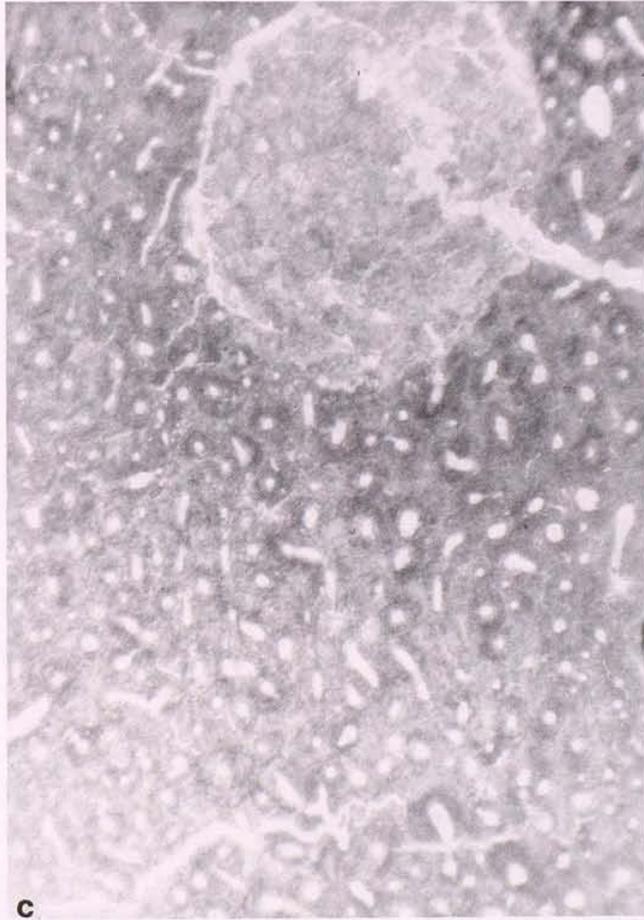
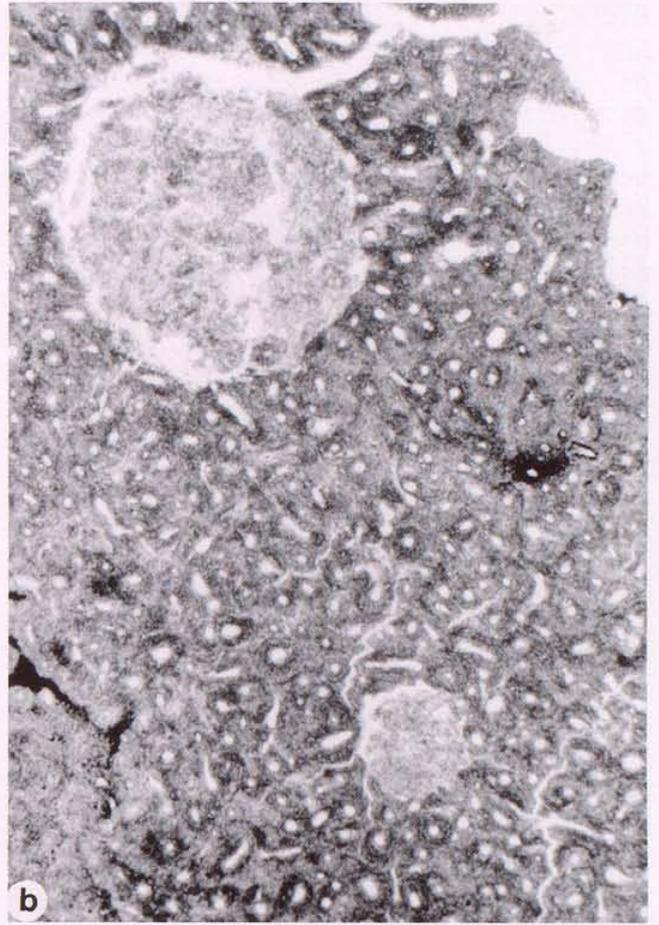
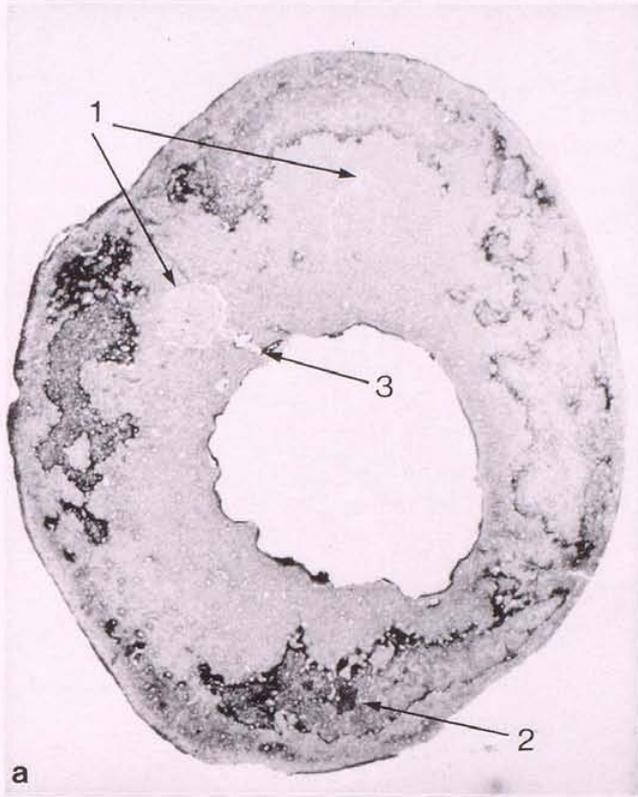


Abb. 31

nicht mehr nachweisbar ist. In den distal an den ersten Schliff (Abb. 31 a) anschliessenden Schliffen verringert sich der Abstand zwischen beiden Nestern um so mehr, je weiter sich die Schliffebene in den distalen Schaftbereich projiziert (Abb. 31 d). Da der noch weiter distal anschliessende Schaftabschnitt für die histologische Untersuchung nicht mehr zur Verfügung stand, kann nicht überprüft werden, ob beide Nester im distalen Bereich miteinander verschmelzen. Wenn dies – was aufgrund der histologischen Befunde anzunehmen ist

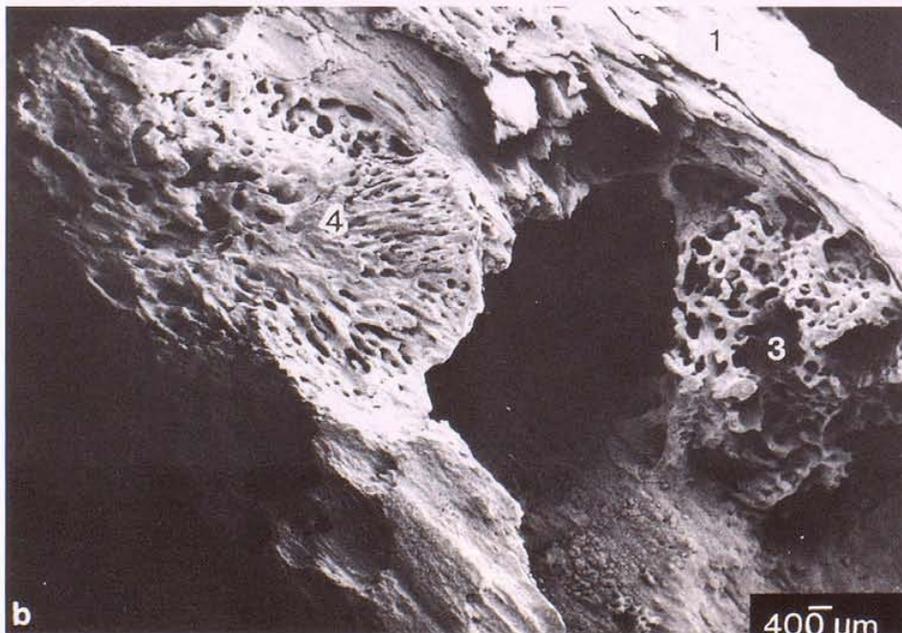
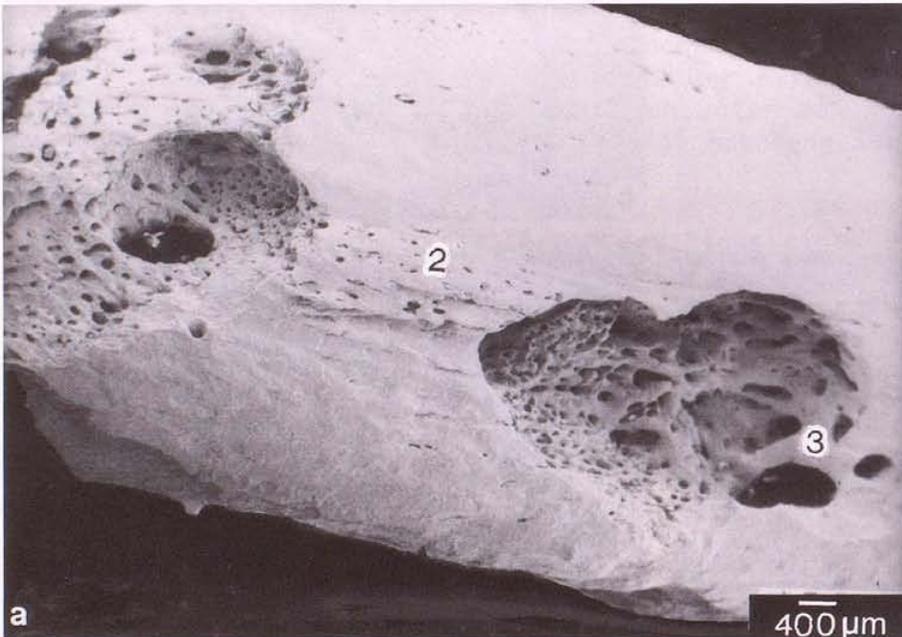
Abb. 32

a) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen einer caudalen Rippe eines 25- bis 55-jährigen Alamannen aus Truchteltingen (Württemberg). Aeussere Ansicht der Rippe mit mehreren Lochdefekten.

b) Wie a). Blick in den Markraum nach Entfernung der äusseren Corticalis.

Beschriftung

- 1 = Atypische Corticalis.
- 2 = Knochenneubildung im Sinne einer Periostose.
- 3 = Neugebildete, unregelmässig geformte Knochenbälkchen.
- 4 = Strahlenförmig sich ausbreitende, neu gebildete Knochenbälkchen.



- der Fall wäre, würde es sich nur um einen Nidus handeln, von dem sich lediglich ein kleiner, relativ kurzer Strang schräg nach proximal abgezweigt hätte. Je nach dem, ob die Schliffebene mehr im proximalen oder im distalen Schaftabschnitt zu liegen kommt, ergibt sich die Darstellung nur eines Nestes (Abb. 31 c) oder zweier scheinbar von einander unabhängiger Nester (Abb. 31 a, b und d). Dieses Beispiel weist auf die Bedeutung von Serienschliffen hin.

Differentialdiagnostisch können grosse Gefässkanäle oder auch postmortale Veränderungen - wie beispielsweise Zerstörungsspuren infolge von Pflanzenwurzeln (s. S. 94f.) - als Ursache dieser beiden Nester sicher ausgeschlossen werden.

Das Skelet eines etwa 25- bis 55-jährigen Alamannen aus dem völkerwanderungszeitlichen Gräberfeld von Truchtelfingen (Württemberg) zeigt im Bereich der caudalen Rippen, der caudalen Lendenwirbelsäule, des Kreuzbeins des Beckens und beider Femurschäfte eine auffällige poröse Oberfläche. Auf den ersten Blick ist man versucht, diese poröse Oberfläche auf die postmortale Bodenerosion zurückzuführen. Tatsächlich aber liegen - wie die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung belegen - Metastasen eines osteoklastischen/osteoplastischen Tumors vor.

Die Aussenfläche einer Rippe weist mehrere scharfrandig ausgestanzte Lochdefekte auf, die vom Knochenmarkraum her mit unregelmässig geformten Knochenbälkchen vermauert sind (Abb. 32 a). Es sind also gleichzeitig Knochenabbau- und Knochenaufbauvorgänge abgelaufen. Nach Aufpräparation des Markraumes stellt sich eine atypisch aufgebaute Corticalis (Abb. 32 a: 1) dar, der eine sekundäre Knochenneubildung (Abb. 32 b: 2) periostalen Ursprungs im Sinne einer Periostose aufliegt. Es zeigt sich, dass die unregelmässig geformten Knochenbälkchen, die sekundär die Defekte vermauert haben (Abb. 32 a: 3), säulenartig von der Mitte des Markraumes nach aussen in Richtung auf die Corticalis gewachsen sind (Abb. 32 b: 3) oder sich auch strahlenförmig im Bereich der Corticalis ausgebreitet haben (Abb. 32 b: 4). Die eigentliche Spongiosa der Markhöhle ist fast vollständig abgebaut worden. Deshalb erscheint die Markhöhle als nahezu leerer Hohlraum. Auch im Kreuzbein und im Femur sind diese unregelmässigen, sekundär gebildeten Spongiosanester, die als osteoplastische "Knochenmetastasen" verstanden werden können, in grosser Zahl zu finden (Abb. 33 a bis c). Von einem solchen, innerhalb der ehemaligen Corticalis gelegenen Spongiosanest (Abb. 33 c) wurde ein Dünnschliffpräparat angefertigt. Deutlich hebt sich der atypische Bälkchenbau (Abb. 33 d: 1) vom umgebenden regulären Knochengewebe (Abb. 33 d: 2) ab. Diese neugebildeten Knochenbälkchen sind von minderer Qualität und scheinen durch relativ schnelles Wachstum entstanden zu sein.

Das Lebensalter und das Geschlecht des Erkrankten, die Lokalisation der Defekte und nicht zuletzt die Struktur der krankhaften Veränderungen legen es nahe, dass es sich bei diesem Tumor um ein metastasierendes **Prostatakarzinom** gehandelt haben könnte.

Abschliessend soll ein Fall vorgestellt werden, der wahrscheinlich ebenfalls einem tumorösen Geschehen zugeordnet werden kann. Am Brustbein eines spätadulten Mannes (?), dessen Skelet bei der Ausgrabung des grossen präkolumbischen Kulturzentrums Casas Grandes (Mexico) gefunden wurde, findet

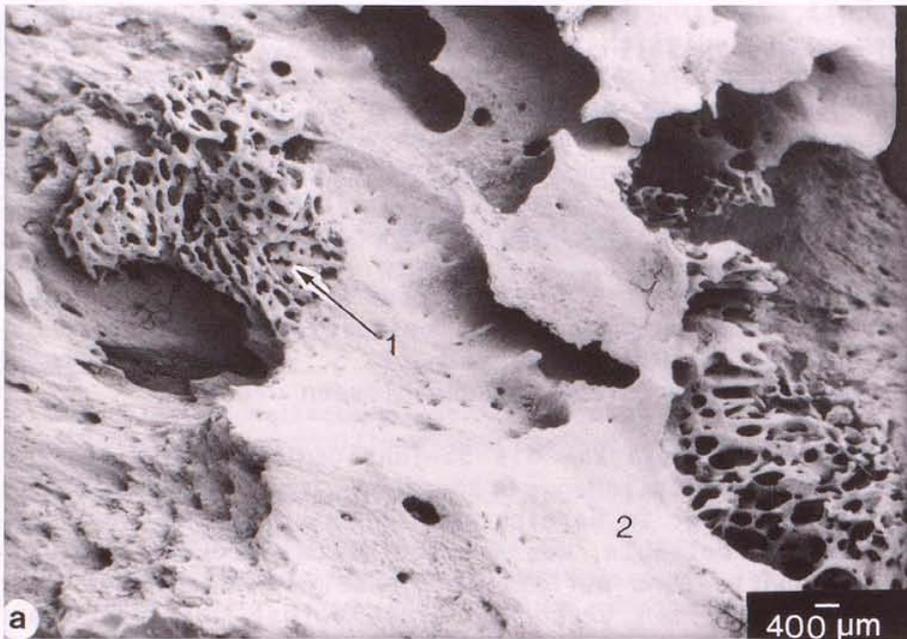


Abb. 33

Wie Abbildung 32. Osteoplastische "Knochenmetastasen" in der Compacta des Os femoris.

- a) In die Compacta eingetieft, neu gebildete Spongiosanester.
- b) Abgang der tumorbedingten, atypischen Knochenbälkchen aus der eigentlichen Femurcompacta.
- c) Neu gebildetes Spongiosanest in der Femurcompacta.
- d) Mit Methylenblau gefärbter Knochendünnschliff durch ein in die Femurcompacta eingetieftes Spongiosanest. Querschliff. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 25-fache Vergrößerung. Schliffdicke ca. 25 μm .

Beschriftung

- 1 = Tumorbedingter, atypischer Bälkchenbau.
- 2 = Reguläres Knochengewebe der Compacta.

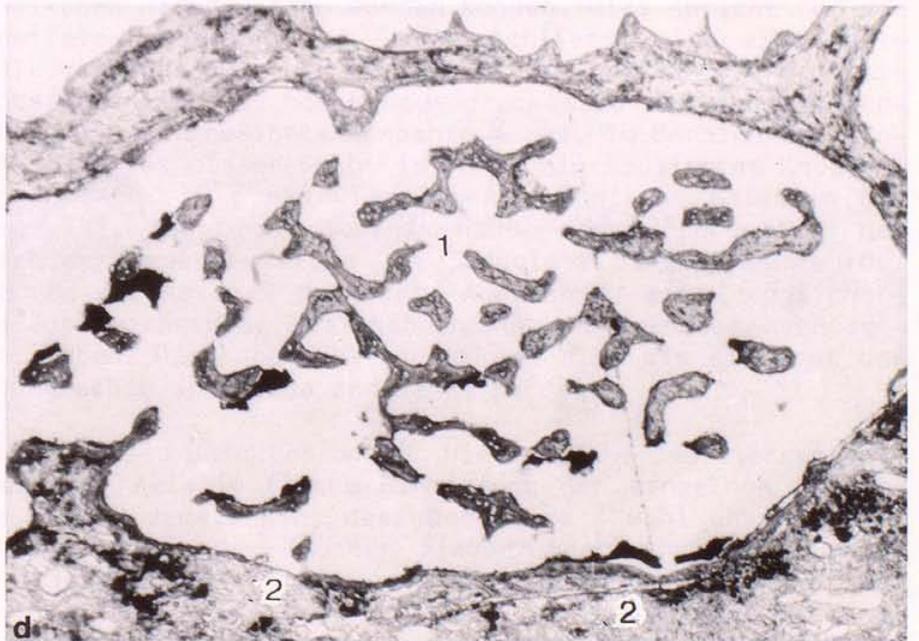
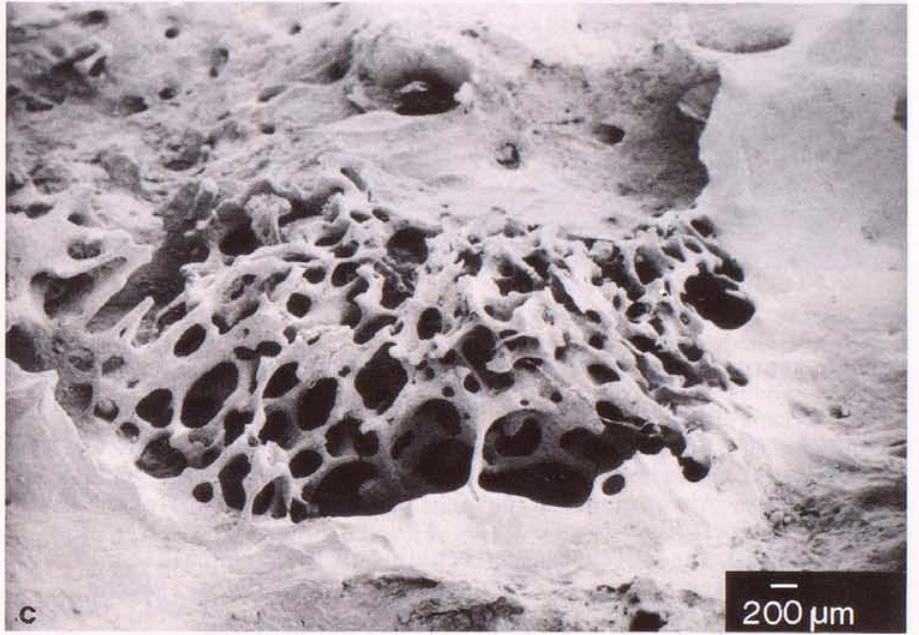
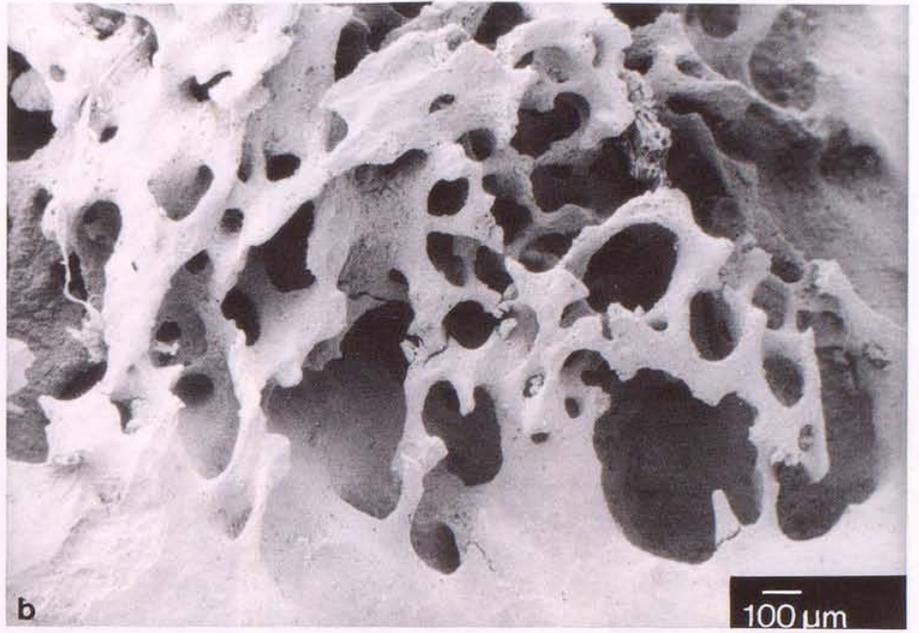


Abb. 33

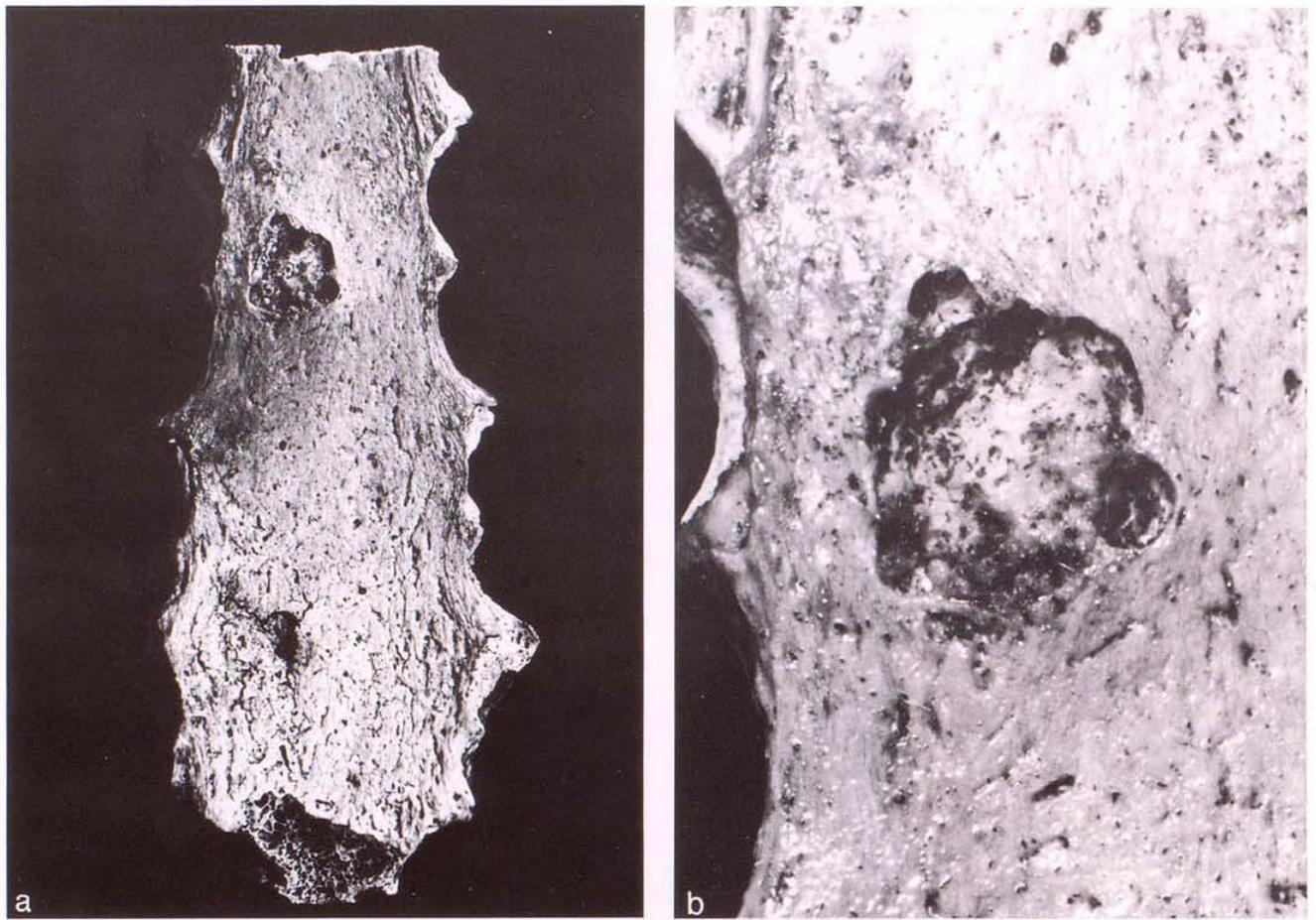


Abb. 34

Corpus sterni eines wahrscheinlich spätadulten Mannes aus dem präkolumbischen Kulturzentrum Casas Grandes (Mexico).

a) Dorsalansicht.

b) Unregelmässig geformte Impression auf der Dorsalfläche des Corpus sterni.

c) Querschliff durch den Brustbeinkörper in Höhe des cranialsten Abschnittes der unregelmässig geformten Impression. Lupenvergrößerung. Schliffdicke 70 μm .

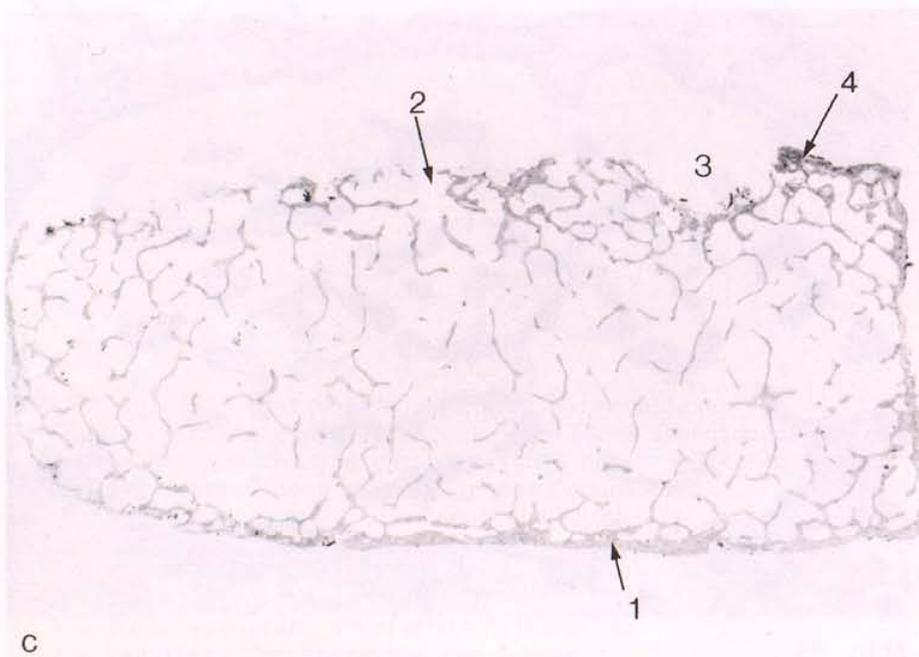
Beschriftung

1 = Normal ausgebildete Corticalis auf der Ventralfläche.

2 = Erheblich reduzierte Corticalis auf der Dorsalfläche.

3 = Cranialster Abschnitt der unregelmässig geformten Impression.

4 = Verdichtete Spongiosastruktur in unmittelbarer Nähe der Impression.



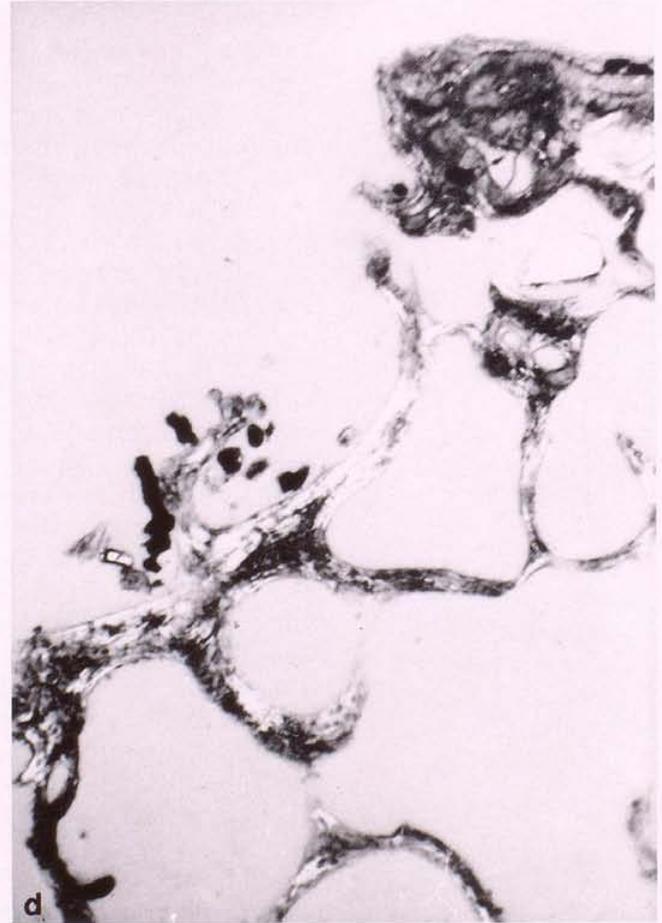
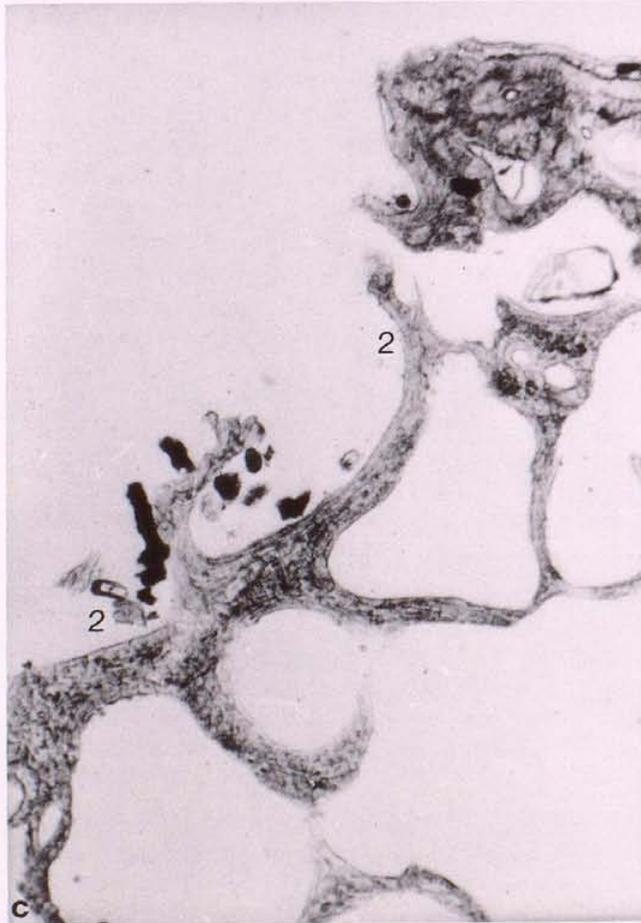
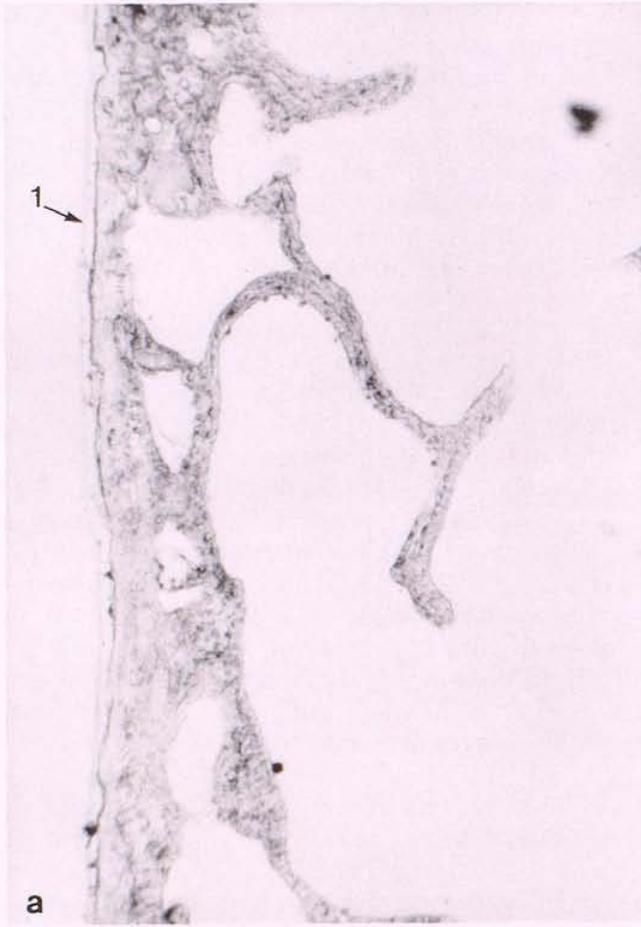
c

sich auf der Dorsalfläche des Corpus sterni ein unregelmässig geformter, etwas über linsengrosser Defekt (Abb. 34 a). Dieser Defekt besteht aus fünf relativ flachen, grubenartigen Eintiefungen, die sich um eine leicht erhabene Struktur gruppieren, die ebenfalls noch im Bereich der Spongiosa liegt und das Niveau der Brustbeincorticalis nicht überragt (Abb. 34 b). Der grösste Teil der Ränder dieser lochförmigen Eintiefungen besitzt glatte, schwach gerundete Kanten, während der andere Teil zerfressene Randpartien aufweist.

Es wurde ein Querschliff durch den Brustbeinkörper in Höhe der cranialsten dieser fünf Eintiefungen gelegt (Abb. 34 c). Im Schliffpräparat stellt sich der Defekt wie folgt dar. Eine normal kräftig ausgebildete Corticalis (Abb. 34 c: 1) umgibt das Brustbein auf seiner Ventral- und seinen beiden Seitenflächen. Auf der Dorsalfläche ist die Corticalis erheblich reduziert (Abb. 34 c: 2), so dass der Knochen ein poröses Aussehen erhält. In der Nähe der linken hinteren Kante befindet sich eine relativ flache, rundliche Grube, die der cranialsten Eintiefung entspricht (Abb. 34 c: 3). Nahe dieser Grube weist die Spongiosa eine dichtere Struktur auf (Abb. 34 c: 4). Möglicherweise entstand diese Spongiosaverdichtung im Sinne einer reaktiven Sklerosierung aufgrund eines vom Mediastinum her einwirkenden intravitalen Prozesses.

Bei der Betrachtung der Dünnschliffe unter dem Mikroskop ist die Corticalis auf der Ventralfläche des Corpus sterni durch ihren regelrechten Bau gekennzeichnet (Abb. 35 a und b). Von aussen ist die Corticalis von einer sehr dünnen, durchsichtigen Schicht (Abb. 35 a und b: 1) überzogen. Es handelt sich hierbei um eine dünne Leimschicht, die von den Archäologen zwecks Konservierung der Funde auf die äussere Knochenoberfläche aufgetragen worden ist. Die Grube zeigt in der schwachen Vergrösserung eine deutliche Abgrenzung gegenüber der anschliessenden Spongiosa (Abb. 35 c bis f: 2). Diese Abgrenzung besitzt den gleichen Aufbau und in etwa die gleiche Stärke wie die normale Corticalis, ist also kräftiger ausgebildet als die im Corpus sterni gelegenen Spongiosabälkchen. Im polarisierten Durchlicht weisen die die Abgrenzung bildenden Knochenbälkchen (Abb. 35 d und f) einen regelrechten Bau auf, ohne dass Mikrofrakturen, Einbrüche oder eine Verbiegung der Bälkchen nachgewiesen werden können. Dies spricht für die intravitale Entstehung der Grube, schliesst also eine postmortale Veränderung - wie beispielsweise das Eindringen kleiner Steinchen infolge hohen Bodendruckes in den durch Bodenfeuchtigkeit aufgeweichten Knochen - aus. Im Bereich des linken Abschnittes dieser Grube ist noch ein isoliertes Knochenbälkchen (Abb. 35 c bis f) gelegen. Da dieses Bälkchen das einzige ist, liegt der Schluss nahe, dass ursprünglich der Bereich der gesamten Grube von Spongiosa eingenommen wurde. Die Grube dürfte sich durch das Auswachsen eines möglicherweise aus Weichgewebe bestehenden Körpers sekundär herausgebildet haben. Das Knochenbälkchen kann also als ein Rest der ursprünglichen Spongiosa angesehen werden.

Die Lage dieses Defektes an der Hinterfläche des Sternums sowie die nur relativ flache Eintiefung der einzelnen Lochdefekte deuten darauf hin, dass der Prozess wohl eher vom Mediastinum her in den Knochen eingedrungen ist, als dass er sich primär direkt im Knochen, d.h. genauer gesagt in der Spongiosa, entwickelt haben könnte. Die Morphologie der kleinen Lochdefekte, besonders das Aussehen ihrer Randpartien, spricht nicht nur für Einwirkungen im Sinne einer Druck-



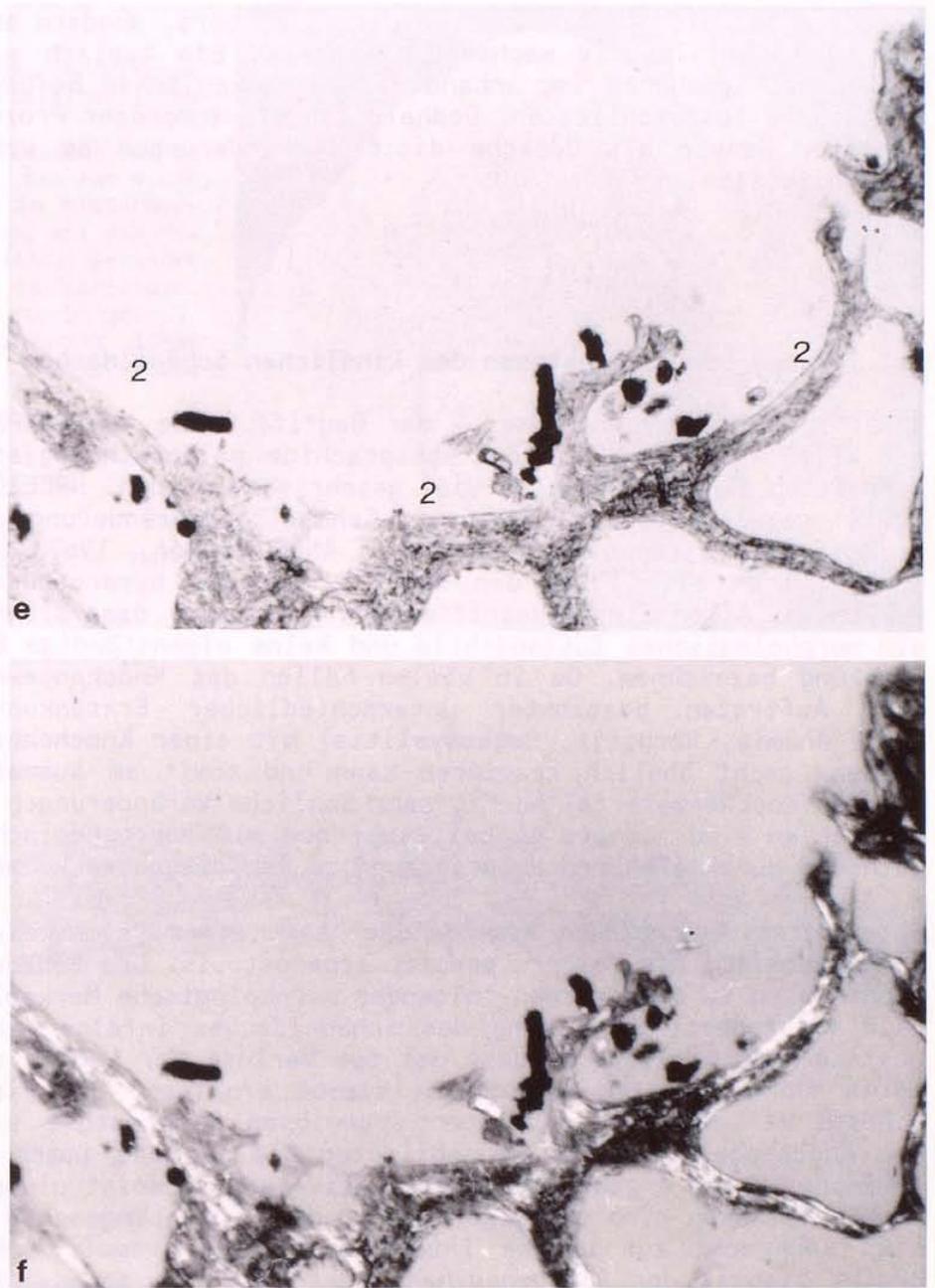


Abb. 35

Querschliff durch die Corticalis des Brustbeinkörpers eines wahrscheinlich spätadulten Mannes aus Casas Grandes (Mexico). 25-fach Vergrößerung. Schliffdicke 70 μm (s. Abb. 34).

- a) Ausschnitt aus dem Bereich der Corticalis auf der Ventralfläche des Corpus sterni. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht.
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjektes Rot 1. Ordnung (Quarz).
- c) Linker Randabschnitt der grubenförmigen Vertiefung. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht.
- d) Wie c), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).
- e) Boden der grubenförmigen Impression. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht.
- f) Wie e), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

- 1 = Dünne Leimschicht (Konservierung).
- 2 = Randbegrenzung der Impression.

atrophie auf die Spongiosa des Brustbeinkörpers, sondern auch für einen infiltrativ wachsenden Prozess. Ein typisch entzündliches Geschehen ist anhand des makroskopischen Befundes weitgehend auszuschliessen. Deshalb ist ein tumoröser Prozess unklarer Genese als Ursache dieser Veränderungen am wahrscheinlichsten.

2.1.3 Spongiöse Hyperostosen des kindlichen Schädeldaches

Ueber spongiöse Hyperostosen - der Begriff wurde von HAMPERL und WEISS (1955) in das deutschsprachige paläopathologische Schrifttum eingeführt - ist viel geschrieben worden. HRDLIČKA (1914) bezeichnet diese Form der Schädeldachveränderung als "symmetrical osteoporosis", während ANGEL (1966, 1967) und EL-NAJJAR et al. (1976) den Begriff "porotic hyperostosis" verwenden. Allen diesen Begriffen ist gemeinsam, dass sie nur ein morphologisches Zustandsbild und keine eigenständige Erkrankung bezeichnen. Da in vielen Fällen das Knochengewebe beim Auftreten bestimmter unterschiedlicher Erkrankungen (z.B. Anämie, Rachitis, Osteomyelitis) mit einer Knochenneubildung recht ähnlich reagieren kann und somit am ausmazierten Knochenmaterial häufig sehr ähnliche Veränderungen zu beobachten sind, könnte es bei einer nur mit makroskopischen Methoden durchgeführten Untersuchung zu Fehldiagnosen kommen.

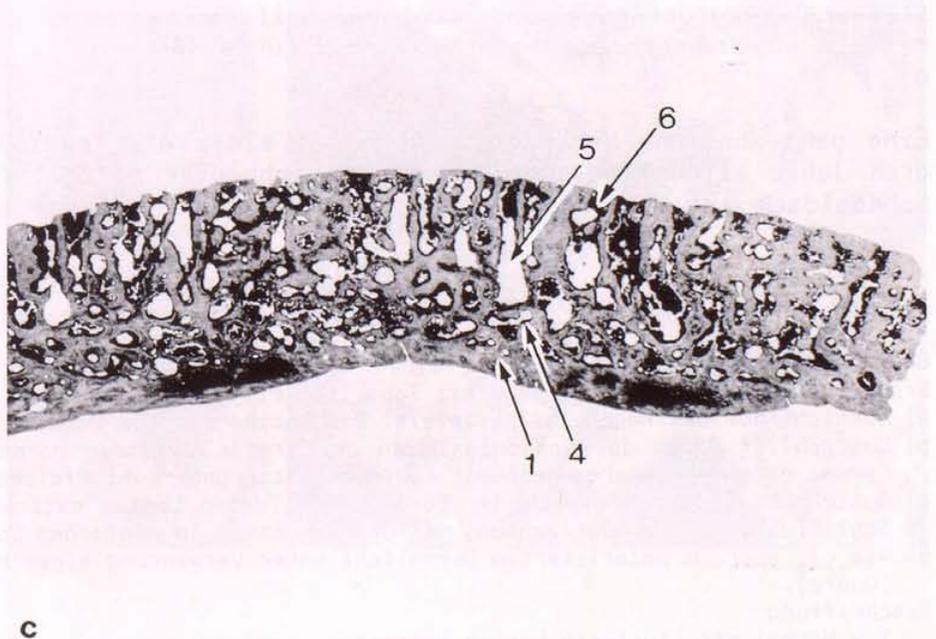
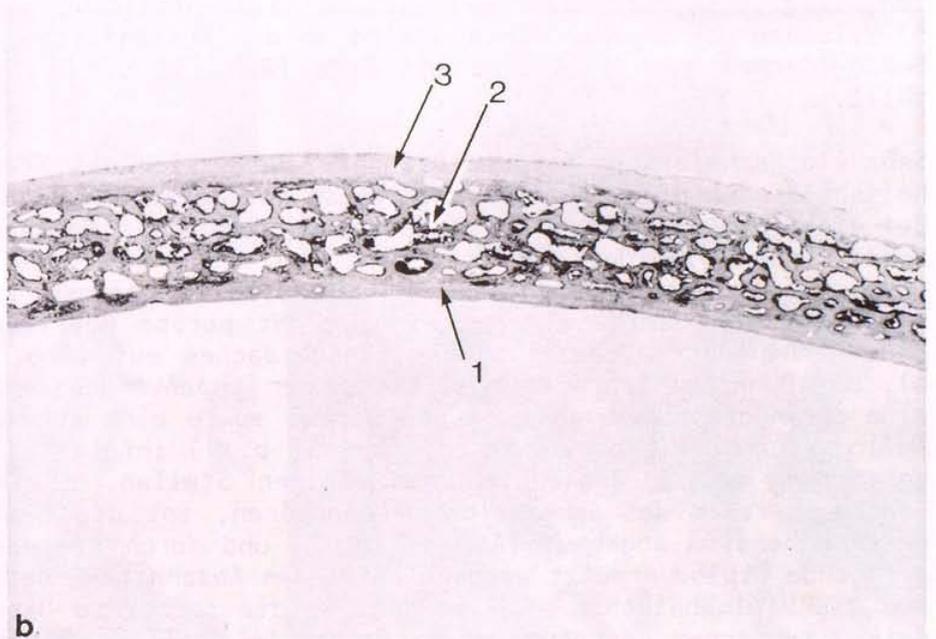
Unter einer "spongiösen Hyperostose" bzw. einer "symmetrical osteoporosis", bzw. einer "porotic hyperostosis" des Schädeldaches wird im allgemeinen folgendes morphologische Merkmalsbild verstanden: Verdickung des Schädeldaches infolge eines gesteigerten Diploëwachstums, das zum Verlust der Lamina externa führt; die Lamina interna bleibt erhalten. Bei einem Schädel mit einer ausgeprägten spongiösen Hyperostose sind die Knochenbälkchen der neugebildeten Diploë fast immer in typischer Weise angeordnet. Die relativ langen, meist plumpen Knochenbälkchen sind so ausgerichtet, dass ihre Längsachse in etwa senkrecht zur Lamina interna zu stehen kommt. Daher ergibt sich in der Röntgenaufnahme das Bild des sogenannten Bürstenschädels. Am besten von allen oben genannten Begriffen charakterisiert der Begriff "spongiöse Hyperostose" den tatsächlichen Zustand des umgebauten Schädeldaches. Eine Osteoporose geht mit dieser Veränderung nicht einher. Bei Kindern ist diese Art der Schädeldachverdickung viel häufiger zu finden als bei Erwachsenen. Allerdings ist eine Diagnose am Kinderschädel sehr viel schwieriger zu stellen als am Erwachsenenschädel, da am Schädel eines Säuglings bzw. eines Kleinkindes verschiedene Krankheiten makroskopisch recht ähnliche Veränderungen hervorrufen können (s.o.). In diesen Fällen ist eine verlässliche Diagnose ohne mikroskopische Untersuchung häufig nicht möglich (vgl. ASCENZI 1976).

Derartige spongiöse Hyperostosen finden wir bei fast allen ausgeprägten Formen der Anämie im Kindesalter, besonders bei angeborenen hämolytischen Anämien (z.B. Thalassämie, Sichelzellanämie, enzymopenische hämolytische Anämie), Eisenmangelanämie und Proteinmangelanämie sowie chronischem Parasitenbefall (z.B. Wurmerkrankungen, Malaria). Einen typischen Fall einer spongiösen Hyperostose an einem frühmittelalterlichen Kinderschädel zeigt Abbildung 36 a. Besonders am Säuglings- bzw. Kleinkinderschädel kann das Anfangsstadium einer durch

- a) Spongiöse Hyperostose eines kindlichen Schädeldaches aus einem mittelalterlichen Gräberfeld in Württemberg.
- b) Querschliffe durch das Schädeldach eines etwa fünf Jahre alten Kindes, das aus einer schnurkeramischen Bestattung in Niederbayern geborgen wurde. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. Gesunder Schädeldachabschnitt aus dem Os parietale. Lupenvergrößerung. Schliffdicke 50 µm.
- c) Wie b), aber krankhaft veränderter Schädeldachabschnitt aus dem Os parietale ("Bürstenschädel").

Beschriftung

- 1 = Lamina interna.
- 2 = Normal ausgebildete Diploë.
- 3 = Lamina externa
- 4 = Sekundär vergrößerte Diploë.
- 5 = Vertikal angeordnete, längliche Mark- bzw. Gefäßräume.
- 6 = Erdpartikel.



Anämie bedingten spongiösen Hyperostose morphologisch sehr den Veränderungen ähneln, die durch Rachitis, Vitamin C-Mangel und Osteomyelitis hervorgerufen werden (vgl. S. 31). Deshalb sollen nachfolgend weitere Fälle einer durch Anämie bedingten spongiösen Hyperostose vorgestellt werden.

Bei einem etwa fünf Jahre alten Kind, dessen Grablegung in die Zeit der Schnurkeramik (etwa 2200 bis 1800 v. Chr.) datiert wird und das in der Region des heutigen Niederbayerns (Alburg-Straubing) gelebt hat, weist der Schädel eine poröse Oberfläche sowie eine ungewöhnliche Verdickung des Schädeldaches auf. Die Betrachtung zweier Dünnschliffpräparate in der Lupenvergrößerung zeigt deutlich den Unterschied zwischen einem Abschnitt des gesunden (Abb. 36 b) und des krankhaft veränderten (Abb. 36 c) Schädeldaches. Dieser Fall ist ein typisches Beispiel einer relativ gut entwickelten spongiösen Hyperostose. Deutlich sind die erhaltene Lamina interna (Abb. 36 c: 1) sowie die sekundär vergrößerte Diploë (Abb. 36 c: 4), deren Bälkchen in typischer Weise parallel ausgerichtet sind ("Bürstenschädel"), zu erkennen. Die vertikal angeordneten, länglichen Mark- bzw. Gefäßräume (z.B. Abbildung 36 c: 5) zwischen den Knochenbälkchen sind an der Aussenfläche des Schädeldaches noch teilweise mit Erde (Abb. 36 c: 6) verfüllt.

Sehr viel schwieriger ist die Diagnose, wenn sich das Krankheitsbild noch nicht in typischer Weise hat ausbilden können. Bei einem etwa 18 bis 24 Monate alten Kind aus der frühbronzezeitlichen Siedlung vom Ikiz Tepe (ca. 2600 bis 2400 v. Chr.), die an der türkischen Schwarzmeerküste gelegen ist, fällt auf der Lamina externa eine leicht poröse Oberfläche ohne nennenswerte Verdickung des Schädeldaches auf (Abb. 37 a). Das Dünnschliffpräparat zeigt in der Lupenvergrößerung eine geringgradige Verdickung der Diploë sowie eine schwache Auflockerung der Lamina externa (Abb. 37 b: 1) infolge einer Vermehrung von Gefässkanälen. An einigen Stellen, die dem Zentrumsbereich des Scheitelbeins angehören, ist die Lamina externa bereits abgebaut (Abb. 37 b: 2) und durch die nachdrängende Diploë ersetzt worden. In diesen Abschnitten beginnen die Diploëbälkchen sich in der für die spongiöse Hyperostose typischen Anordnung auszurichten (Abb. 37 b: 2). Die stärkere Vergrößerung des Knochenschliffes bestätigt die mittels Lupenvergrößerung erhobenen Befunde (Abb. 37 c und d).

Eine ganz ähnliche Veränderung kann bei einem etwa zwei bis drei Jahre alten Kind vom Ikiz Tepe beobachtet werden. Das Schädeldach ist hier schon sehr viel stärker im Sinne der

Abb. 37

Beginnender "Bürstenschädel" bei einem eineinhalb- bis zweijährigen Kind aus dem frühbronzezeitlichen Gräberfeld vom Ikiz Tepe (Türkei).

- a) Aufsicht auf das rechte Os parietale. Die Lamina externa weist ein poröses Aussehen auf.
- b) Querschliff durch das Schädeldach an der Grenze zwischen normaler und porös veränderter Lamina externa (Uebergangszone). Lupenvergrößerung. Schliffdicke 50 µm.
- c) Ausschnitt aus dem Bereich der porös umgebildeten Lamina externa. 25-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 µm. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht.
- d) Wie c), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

1 = Normal strukturierte Lamina externa.

2 = Poröse Lamina externa und beginnendes Auswachsen der Diploëbälkchen.

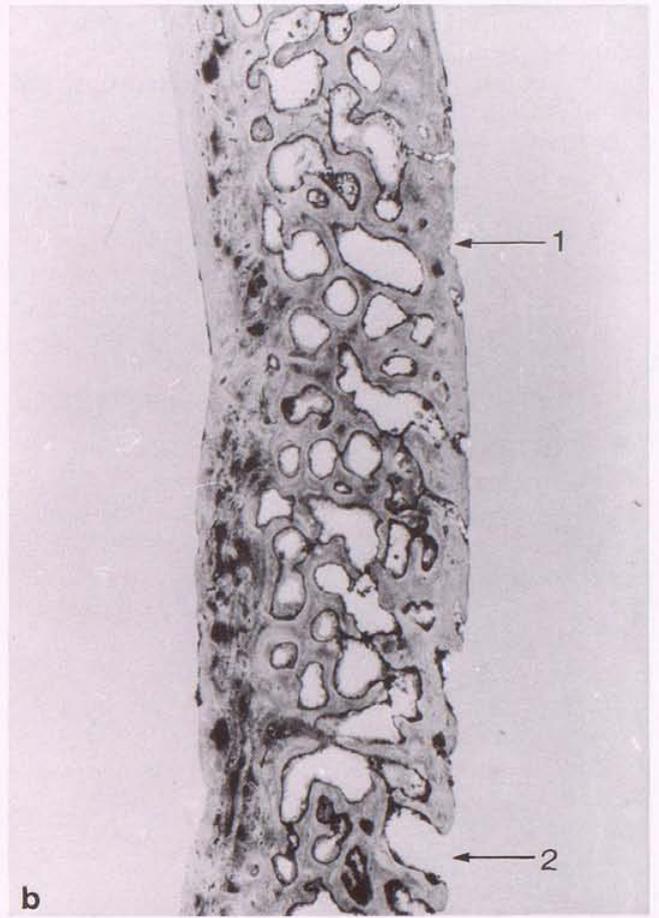
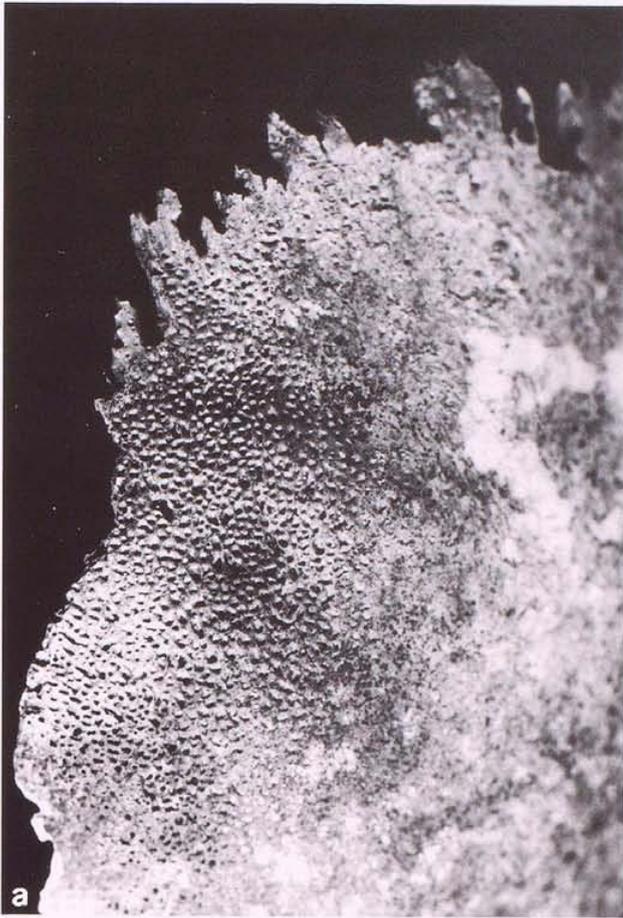


Abb. 37

spongiösen Hyperostose umgebaut worden (Abb. 38 a). Die Knochenbälkchen der Diploë erinnern in ihrem Aufbau und ihrer Ausrichtung schon sehr viel mehr an das typische Bild des "Bürstenschädels" (Abb. 38 b bis d).

Die mikroskopische Untersuchung ermöglicht es, zwischen verschiedenen Stadien der spongiösen Hyperostose zu unterscheiden und die Entwicklung bzw. den Ablauf des Knochenumbaus am Schädeldach zu beobachten. Bei den hier vorgestellten und histologisch untersuchten Fällen handelt es sich um Schädeldachveränderungen, die als Folge einer Anämie anzusehen sind. Die Reihenfolge der Abbildungen 37, 38, 36 c und 36 a spiegelt die ansteigende Intensität des Krankheitsgeschehens wider.

Abb. 38

Querschliffe durch das Schädeldach eines zwei bis drei Jahre alten Kindes aus dem frühbronzezeitlichen Friedhof vom Ikiz Tepe (Türkei). Beginnender "Bürstenschädel" (etwas fortgeschritteneres Stadium als in Abb. 37). Schliffdicke 50 μm .

- a) Lupenvergrößerung.
- b) Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 25-fache Vergrößerung.
- c) Wie b), aber im polarisierten Durchlicht.
- d) Wie b), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

- 1 = Lamina interna
- 2 = Lamina externa

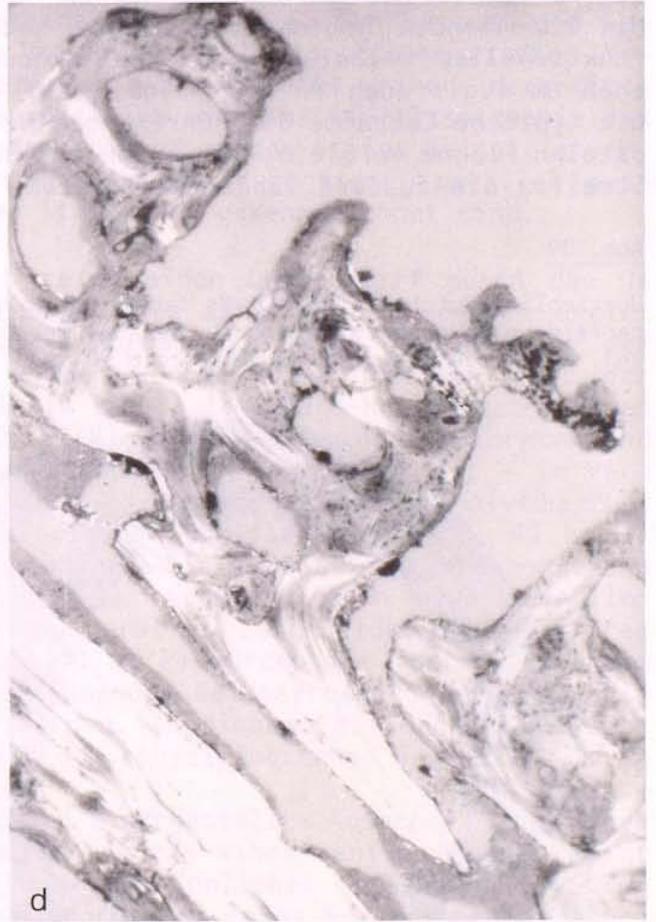
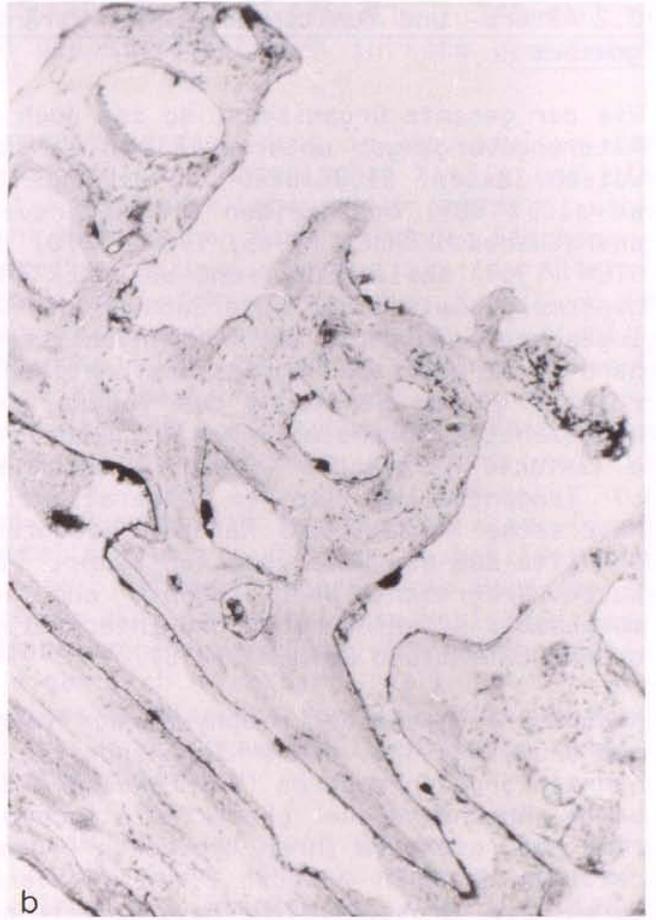
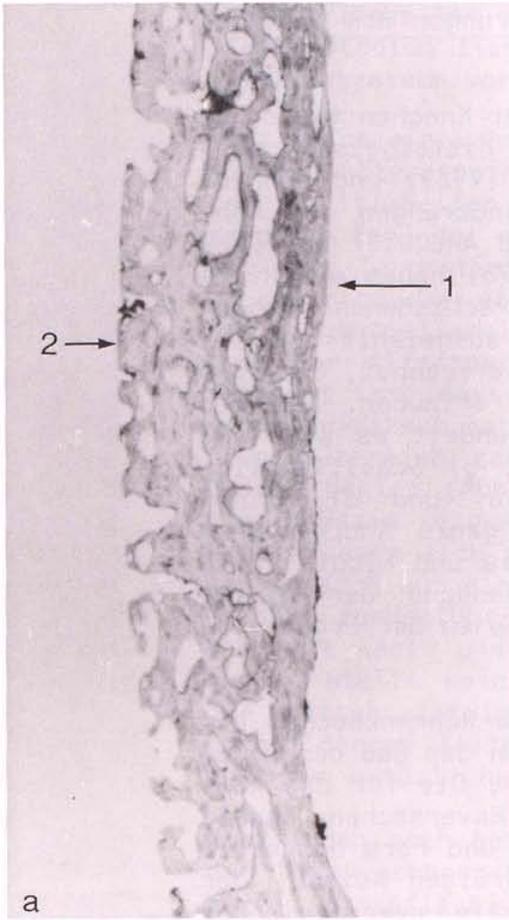


Abb. 38

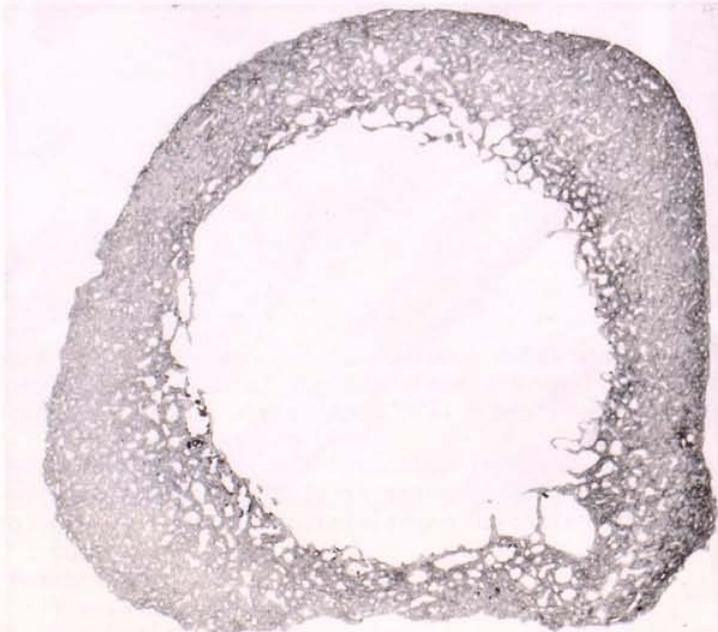
2.2 Alters- und funktionsbedingte Veränderungen des Knochengewebes

Wie der gesamte Organismus, so ist auch der Knochen typischen Alterungsvorgängen unterworfen, die sich histologisch nachweisen lassen. SILBERBERG und SILBERBERG (1961) und SCHMIDT et al. (1981) beschreiben die Altersveränderungen des Knochengewebes. KERLEY (1965, 1969, 1970) und AHLQUIST und DAMSTEN (1969) sowie KERLEY und UBELAKER (1978) haben mit Hilfe histomorphometrischer Untersuchung die verschiedenen morphologischen Strukturen in Knochenschliffen ausgezählt und anhand der Ergebnisse Regressionsfunktionen errechnet, die eine relativ genaue Schätzung des Todesalters erlauben. Bei den ausgezählten morphologischen Strukturen handelt es sich um: a) intakte Haverssche Kanäle (= Osteone), b) Schaltlamellen c) Tangentiallamellen (= Generallamellen) und d) nicht-Haverssche Kanäle. Als Material dienten ganze Knochenquerschnitte aus den Diaphysen von Femur, Tibia und Fibula. Eine kurze Uebersicht über Technik und Anwendung der histomorphometrischen Methoden und Interpretationen der Ergebnisse geben LEUTERT und ROTHER (1978).

Knochenproben aus den Diaphysen der langen Röhrenknochen eines Säuglings bzw. eines Kleinkindes zeigen den Bau des sogenannten Schalenknochens (WEIDENREICH 1930). Die für das kompakte Knochengewebe charakteristischen Haversschen Kanäle sind noch nicht in ihrer typischen Grösse und Form ausgebildet. Der Knochen besitzt einen schalenförmigen Aufbau, der durch die grossen nicht-Haversschen Kanäle gekennzeichnet ist. Die Kollagenfasern weisen einen netzartigen Aufbau auf. Mit zunehmendem Lebensalter bildet sich der Knochen unter funktioneller Belastung vom Schalenknochen zum Osteonenknochen um (vgl. auch PAUWELS 1965). Auf diese Weise entsteht die typische Compacta der Röhrenknochen. Aussen auf der peristotalen Fläche verbleibt als anfangs recht breiter lamellärer Streifen die äussere Tangentiallamelle. Innen auf der endo-

Abb. 39

Querschliff durch das rechte Os femori eines senilen Individuums aus dem merowingischen Gräberfeld von Müdesheim (Franken). Relativ grosse Höhlen in der Femurcompacta (Altersosteoporose). Lupenvergrösserung. Schliffdicke 50 μm .



stalen Fläche ist die innere Tangentiallamelle zu finden. In diesem Stadium liegen die Kollagenfasern in Form geordneter Lamellensysteme vor.

Ganz allgemein kann gesagt werden, dass in der adulten und maturen Altersstufe die Zahl der Haversschen Kanäle und die der Schaltlamellen mit zunehmendem Lebensalter ansteigt, während die Zahl der nicht-Haversschen Kanäle und der Flächenanteil der Tangentiallamellen abnimmt. In der senilen Altersklasse sind die eigentlichen nicht-Haversschen Kanäle sowie die Tangentiallamellen verschwunden und es kommt zur Ausbildung der Altersosteoporose, die vor allem dadurch gekennzeichnet ist, dass sich die Markröhre zu Ungunsten der Compacta erweitert hat und dass der quergeschnittene Knochen im Compactabereich zahlreiche unregelmässig geformte, relativ grosse Höhlen (Abb. 39; s. auch Abb. 27 d) aufweist, die gleichmässig im gesamten Querschnitt anzutreffen sind. Diese Höhlen haben sich anstelle früherer Osteone ausgebildet und lassen sich auf eine unterbliebene Erneuerung der Haversschen Gefässe zurückführen. Sie sind im nicht ausmazerierten Knochen mit Fett- und Bindegewebe ausgefüllt. Die Altersosteoporose stellt keine eigentlich krankhafte Veränderung dar. Sie entsteht infolge eines Nachlassens der Aktivität der knochenbildenden Zellen: der Knochengewebsaufbau bleibt gegenüber dem natürlichen Schwund zurück.

Nun finden sich bei der Untersuchung von Querschliffen, die dem Diaphysenbereich der grossen Röhrenknochen entstammen, häufig grossflächige, lamelläre Strukturen, die sich weder eindeutig als Schaltlamellen noch als Reste von Tangentiallamellen einordnen lassen. In solchen Fällen besteht die Gefahr, das Lebensalter mittels der histomorphometrischen Methode falsch zu bestimmen. Die Ursache einer derartigen Veränderung kann beispielsweise eine Inaktivitätsatrophie des Knochengewebes sein. Nachfolgend werden einige Beispiele vorgestellt, die durch das Vorliegen derartiger, parallel ausgebildeter, lamellärer Strukturen gekennzeichnet sind.

Abbildung 40 a und b zeigt einen Querschliff durch das Os femoris eines etwa sieben Jahre alten Kindes, dessen Skelet aus einem eneolithischen Kurgan (ca. 4500 v. Chr.) in der Südukraine geborgen werden konnte. Den grössten Teil der Bildfläche nehmen relativ lange, lamelläre Kollagenstrukturen (Abb. 40 b: 2) ein. Die Zahl der kleinen, oval geformten und in Reihen angeordneten Osteone (Abb. 40 a: 1) ist - im Vergleich zum Präparat eines adulten bis maturen Individuums - noch relativ gering. Typische Schaltlamellen (Abb. 40 b: 3) sind nur selten anzutreffen. Somit weist das Knochengewebe die wichtigsten Merkmale des spätkindlichen bzw. juvenilen Knochengewebes auf. Die parallel ausgebildeten, lamellären Knochenstrukturen (Abb. 40 b: 2) würden mit fortschreitendem Lebensalter infolge zunehmender Gefässprossung durch Haverssche Systeme ersetzt werden. In diesem Fall handelt es sich also um einen normalen, d.h. physiologischen Befund.

Der in Abbildung 40 c und d dargestellte Ausschnitt aus einem Querschliff durch das Os femoris eines senilen Mannes zeigt auf den ersten Blick ein ganz ähnliches Aussehen. Auch hier beherrschen parallel angeordnete, lange Kollagenbahnen (Abb. 40 d: 2) das Bild. Die Zahl der runden Osteone ist ebenfalls verringert. Die Ursache dürfte vor allem in einer Reduktion der Knochengefässe - einhergehend mit einer verminderten Osteoblastenaktivität - zu sehen sein. Nur wenige Osteone be-

Abb. 40

- a) Querschliff durch die Femurcompacta eines etwa sieben Jahre alten Kindes aus einer eneolithischen Bestattung in der Südukraine. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 100-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .
- b) Wie a) aber im polarisierten Durchlicht.
- c) Querschliff durch die Femurcompacta eines senilen Mannes aus einer eneolithischen Bestattung in der Südukraine. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 100-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .
- d) Wie c), aber im polarisierten Durchlicht.

Beschriftung

- 1 = Normal grosses Haverssches System
- 2 = Längsparallel angeordnete Kollagenbahnen.
- 3 = Schalllamelle.
- 4 = Weit über die Norm erweitertes Haverssches System.

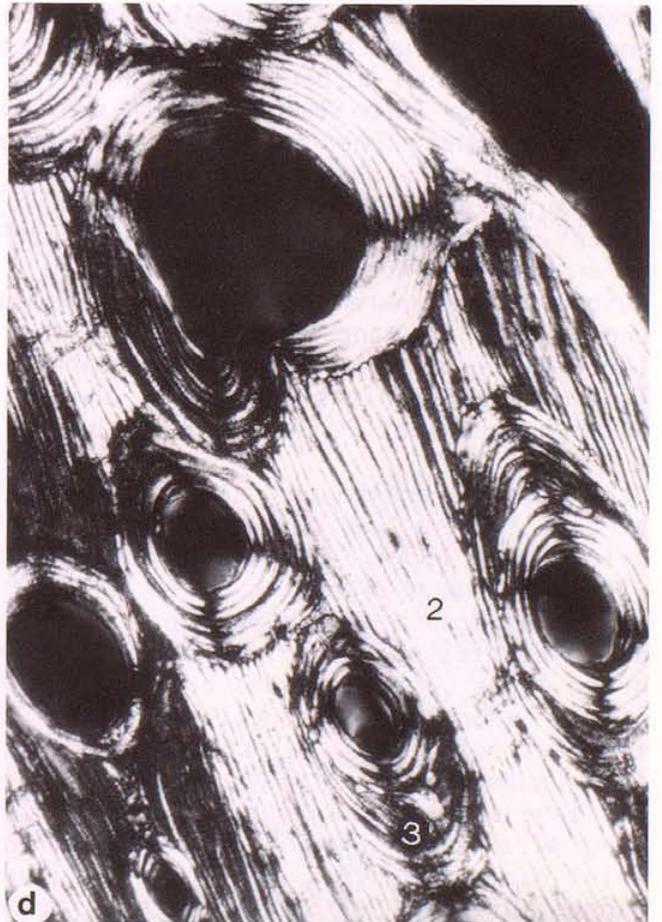
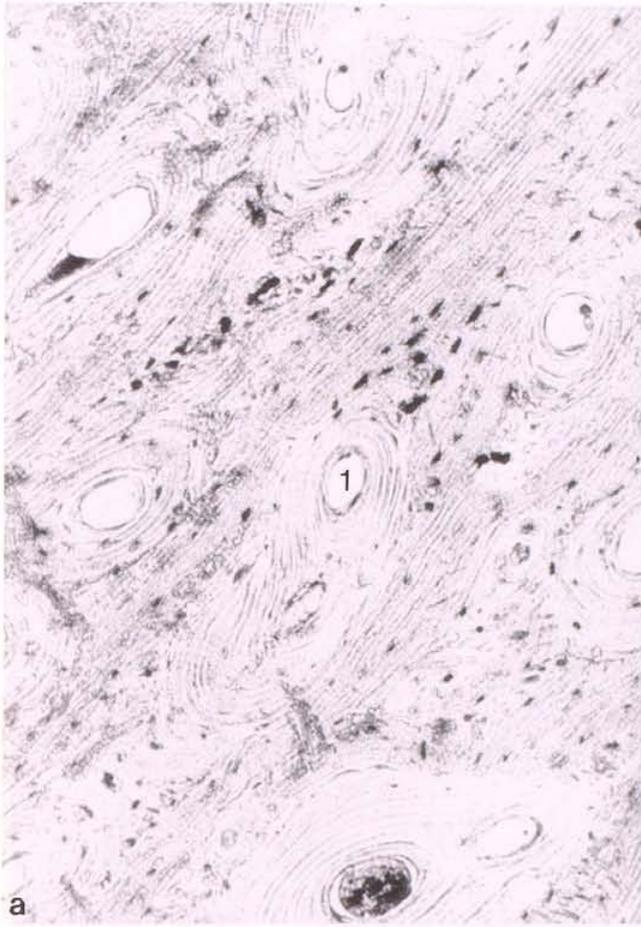


Abb. 40

sitzen noch die normale Grösse, d.h. einen relativ kleinen Durchmesser (Abb. 40 c: 1). Der grösste Teil der Gefässkanäle ist erweitert (Abb. 40 c: 4), so dass es zur ausgedehnten Höhlenbildung gekommen ist. Dieser Fall ist ein Beispiel für eine typische senile Involutionsosteoporose. Die parallel angeordneten Kollagenbahnen (Abb. 40 d: 2) deuten eine Inaktivitätsatrophie an.

Ein extremes Beispiel einer Inaktivitätsatrophie konnte bei einem 50- bis 60-jährigen Mann aus der Pueblo Siedlung Gran Quivira (Neu Mexiko) beobachtet werden (vgl. SCHULTZ 1982). Aufgrund einer Sonderform des Morbus Bechterew (rhizomeler Typ der Spondylarthritis ankylopoetica) waren nahezu alle Gelenke des Körpers ankylosiert. Der Zustand der Knochen und Gelenke, d.h. besonders der Knochenbrücken und verkalkten Gelenkkapseln belegt, dass der Mann viele Jahre lang - ohne sich selbst fortbewegen zu können - in sitzender Haltung verbracht haben muss. Abbildung 41 a zeigt das rechte Hüftbein mit dem in Bezug auf Robustizität stark reduzierten Femur, das im Hüftgelenk in extremer Beugstellung verknöchert ist. Das Femur wurde zwecks Entnahme einer Knochenprobe für die mikroskopische Untersuchung etwa in Schaftmitte durchtrennt (Abb. 41 a: 1). Die hochgradige Atrophie sowie die vollständige Ankylosierung des Hüftgelenkes kommen besonders gut im Röntgenbild (Abb. 41 b) zur Darstellung und sprechen für ein langjähriges Leiden. Der Femurschaft besitzt an der Stelle der Probenentnahme noch einen Durchmesser von 11 mm bzw. von 9 mm (Abb. 41 c).

Die histologische Untersuchung der Dünnschliffe bestätigt den makroskopischen und röntgenologischen Befund. Aufgrund einer hochgradigen Inaktivitätsatrophie besitzt die Femurcompacta einen atypischen Aufbau. Nur noch wenige normal konfigurierte Osteone (Abb. 42 b: 1) haben sich erhalten. Die meisten Osteone besitzen keine deutliche zirkuläre Lamellierung mehr (Abb. 42 d: 2), obwohl das Knochengewebe keine Hitze einwirkung aufweist und durch Dekomposition nicht wesentlich beeinträchtigt worden ist. Zwischen den noch erhaltenen Haversschen Kanälen (Abb. 42 b und d: 1, 2) liegen zum Teil recht ausgebreitete, parallel angeordnete Kollagenbahnen (Abb. 42 b und d: 3). In manchen Abschnitten des Knochenquerschnittes (Abb. 41 c) nehmen diese Kollagenbahnen einen beträchtlichen Teil der Querschnittsfläche ein, ohne dass sie von Gefässkanälen durchkreuzt werden (Abb. 42 b: 3).

Derartige Veränderungen sind auf eine Inaktivitätsatrophie zurückzuführen. Sie können nicht nur bei Vorliegen einer Ankylose oder einer Lähmung beobachtet werden, sondern treten vielfach - dann allerdings mit wesentlich schwächerem Ausbildungsgrad - auch im Zusammenhang mit einer Altersosteoporose auf. Beispielsweise ist es denkbar, dass alte Menschen aufgrund eines Leidens an das Bett gefesselt sind und über einen langen Zeitraum - eventuell sogar über Jahre - die untere Extremität nicht mehr belasten können. Es kann dann ein Umbau im Knochengewebe erfolgen, der prinzipiell dem zuvor beschriebenen Fall aus Gran Quivira entsprechen könnte. Abbildung 42 e und f demonstrieren einen derartigen Fall am Beispiel eines Dünnschliffes aus dem Femurschaft eines senilen Mannes. Die Zahl der regelrechten Osteone (Abb. 42 e: 1) ist vermindert. Teilweise haben Osteone ihre zirkuläre Lamellierung (Abb. 42 e: 2) verloren. Parallelfaserige Kollagenbahnen (Abb. 42 e: 3) machen einen beträchtlichen Teil des Knochenquerschnittes aus (vgl. auch Abb. 9 b).



Abb. 41

Rechtes Os coxae und rechtes Os femoris eines 50- bis 60-jährigen Mannes aus der präkolumbischen Pueblo-Siedlung Gran Quivira (Neu-Mexico). Ankylose des rechten Hüftgelenkes.

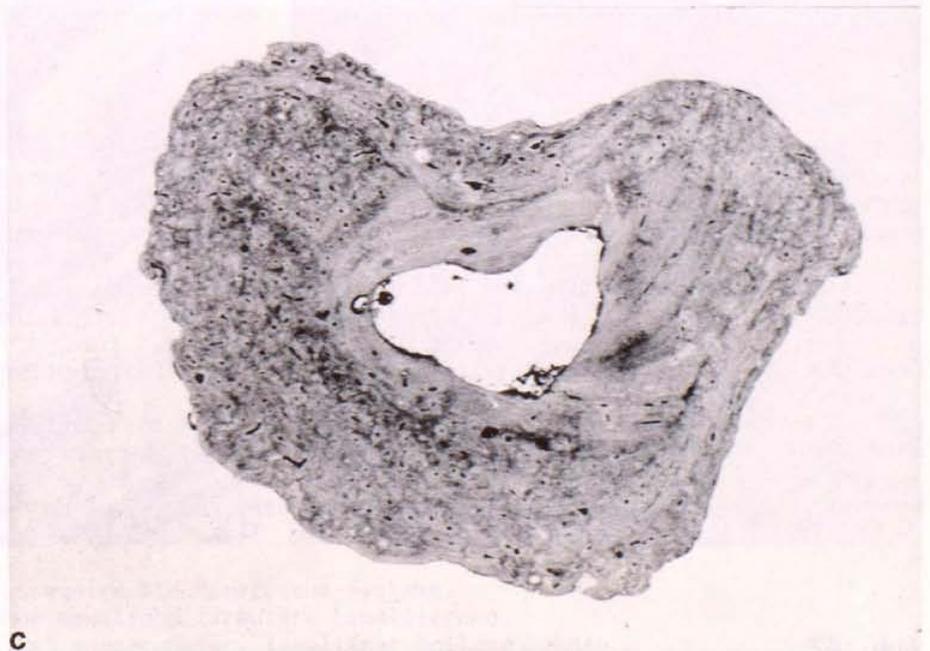
a) Rechte äussere Seitenansicht.

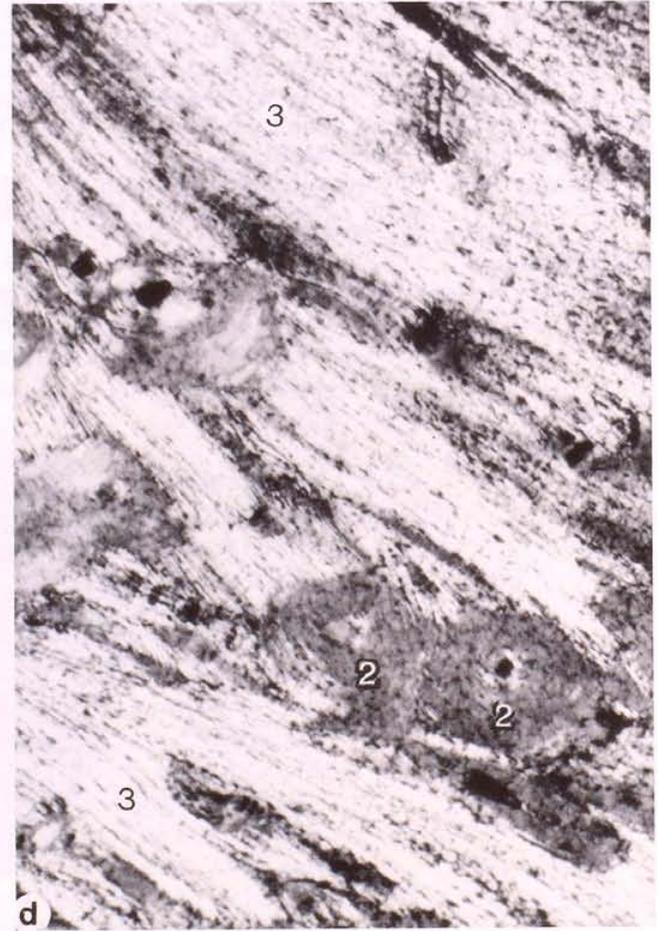
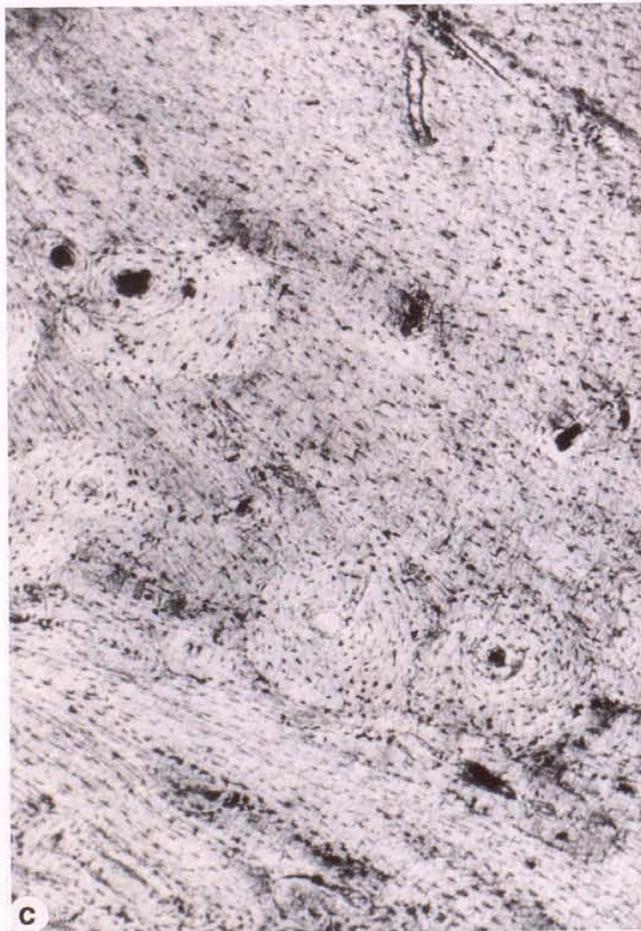
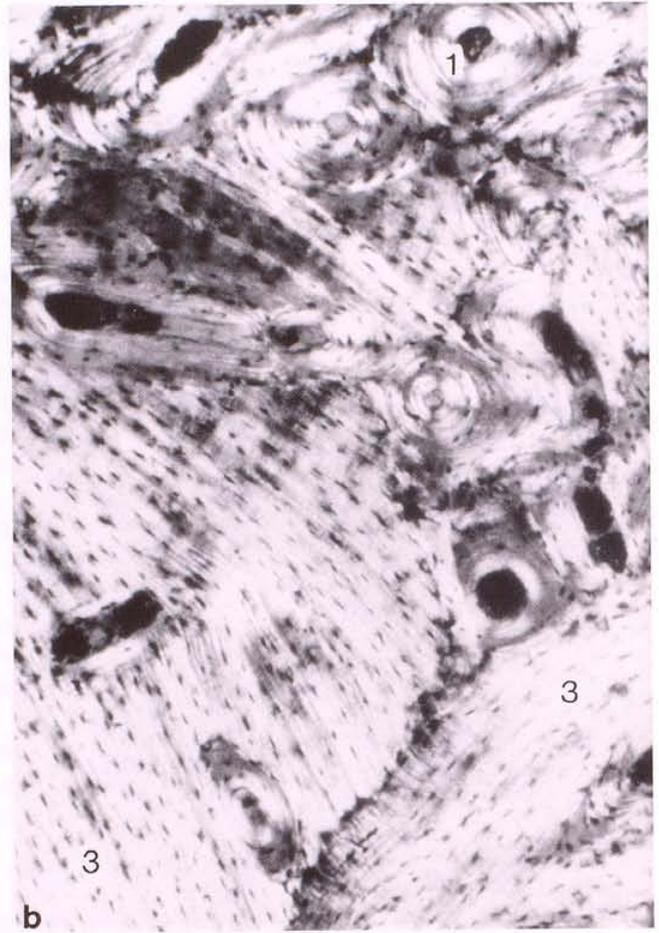
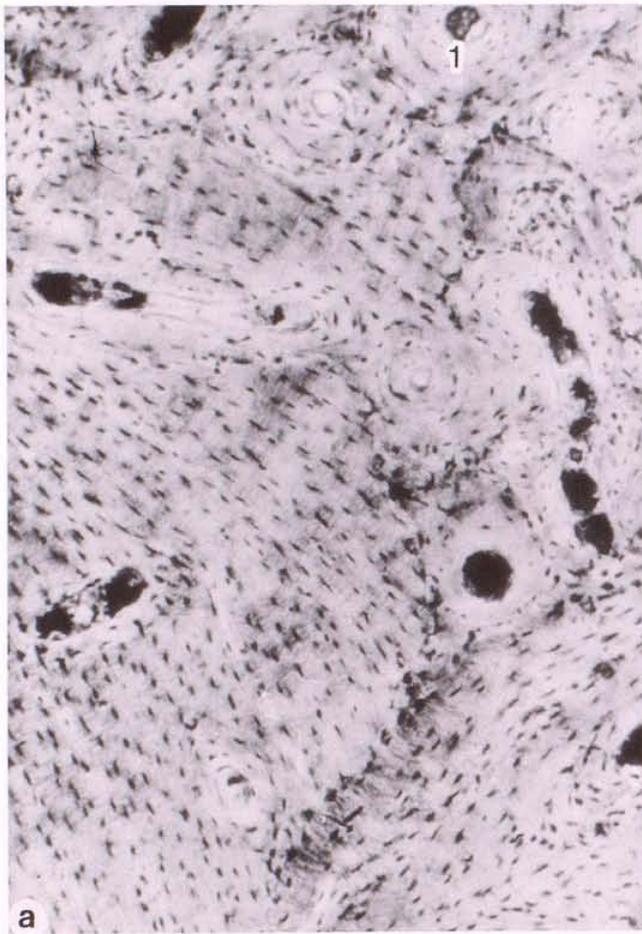
b) Wie a), aber Röntgenaufnahme im lateralen Strahlengang.

c) Querschliff durch das nur etwa bleistiftdicke rechte Os femoris. Lupenvergrößerung. Schliffdicke ca. 80 μm .

Beschriftung

1 = Stelle der Entnahme einer Knochenprobe für die mikroskopische Untersuchung.





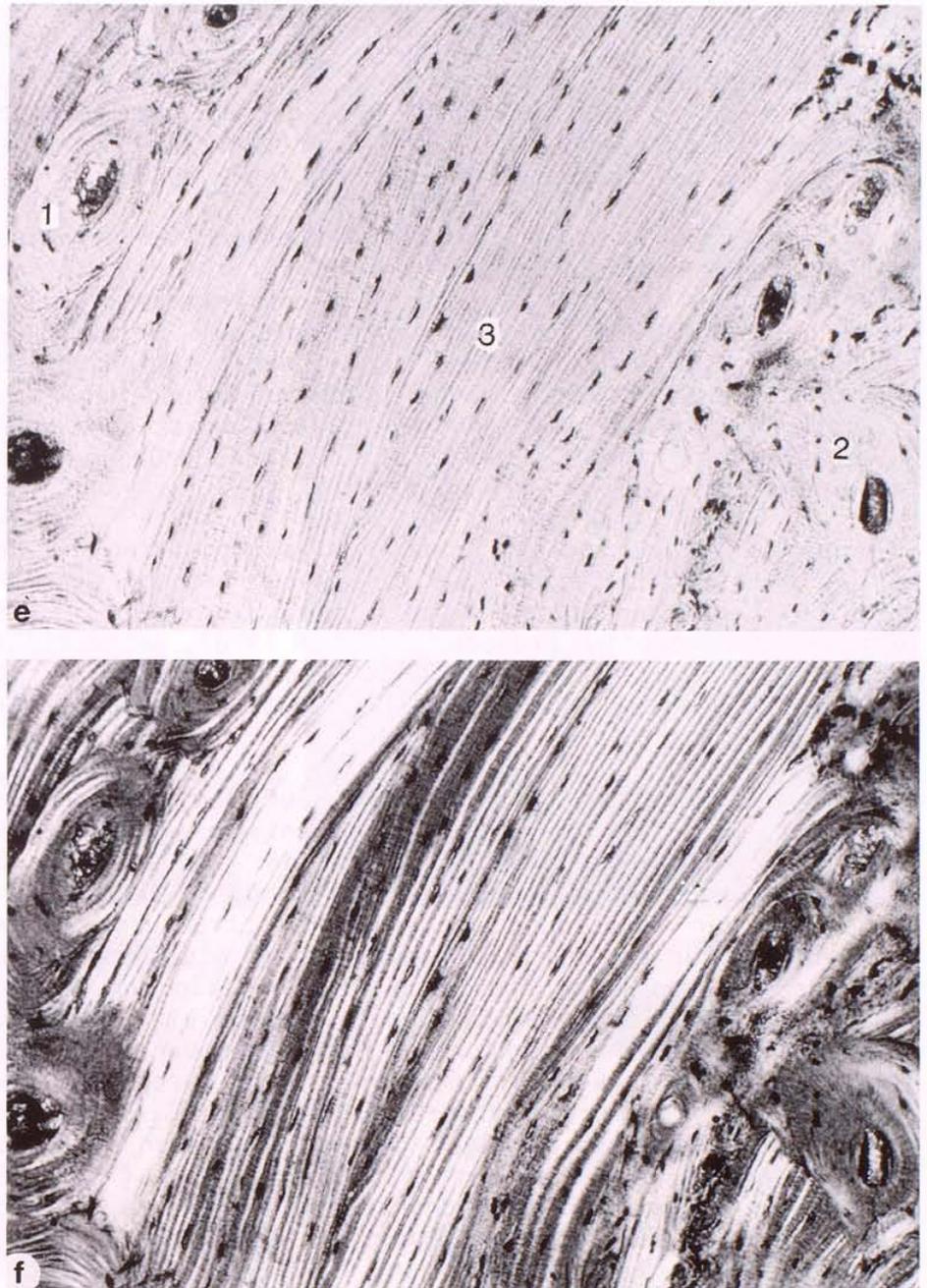


Abb. 42

- a) Querschliffe durch die Compacta des rechten Os femoris des spätmaturen Mannes aus Gran Quivira (s. Abb. 41). Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 25-fache Vergrößerung. Schliffdicke ca. 80 μm .
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).
- c) Uebergangszone zwischen Osteonenknochen und längsparallel angeordnetem Knochengewebe. 40-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm . Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht.
- d) Wie c), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).
- e) Querschliff durch die Femurcompacta eines senilen Mannes aus einer eneolithischen Bestattung in der Südukraine. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 100-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .
- f) Wie e), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

- 1 = Normal konfigurierte, regelrechte Haverssche Systeme.
- 2 = Haverssche Systeme ohne deutliche zirkuläre Lamellierung.
- 3 = Abschnitte längsparallel angeordneter, lamellärer Kollagenbahnen.

2.3 Dekompositionerscheinungen des Knochens

Leichenzersetzung, Fäulnis und Verwesung werden in den einschlägigen Lehr- und Handbüchern der gerichtlichen Medizin beschrieben (z.B. BERG 1975). Diese Artikel schliessen die Dekomposition des Skelettsystems mit ein (vgl. HUNGER 1978).

Da das aus archäologischen Grabungen geborgene Skelettmaterial infolge von Dekompositionsvorgängen stark zerstört sein kann, ist eine genaue Kenntnis der verschiedenen Dekompositionsfaktoren bei der Auswertung der histologischen Befunde wünschenswert. Häufig täuscht das durch Dekompositionsvorgänge veränderte Knochengewebe einen krankhaften Befund vor (s. S. 108ff.). Bei der mikroskopischen Untersuchung ist also streng zwischen intravitalen und postmortalen Veränderungen zu unterscheiden.

Folgende Faktoren sind im Sinne der Dekomposition für die postmortalen Veränderungen an einem Skelet besonders verantwortlich: Zusammensetzung, Feuchtigkeit, Temperatur und Belüftung des umgebenden Erdbodens (HUNGER 1978), weiterhin Insekten (z.B. Fliegenlarven, Käfer, Milben), Nematoden, Protozoen und Bakterien (MUELLER 1965) sowie Pflanzenwurzeln, Pilze und Algen.

Wirken die angeführten Bodenfaktoren auf das Knochengewebe ein, kann es zur Einlagerung von anorganischem Fremdmaterial oder - teilweise auch unter Mitwirkung der anorganischen Bestandteile des Knochens - über einen sekundären Mineralisationsvorgang zur Neubildung anorganischer Strukturen kommen. Ein Beispiel für sekundäre Einlagerungen in die Räume des roten Knochenmarkes zeigt Abbildung 43 a - c. In der Metaphysenspongiosa des Femurs eines Mammuts, das in einer Kiesgrube bei Kelsterbach (Nähe Frankfurt am Main) gefunden wurde, sind feine Partikel zu erkennen. Im polarisierten Durchlicht stellen sich die postmortal eingelagerten Kristalle besonders deutlich dar und heben sich gut gegen die anderen Einschwemmungen ab. Auch mit Hilfe der Mikroradiographie (s. S. 8) lassen sich eingeschwemmte Erdpartikel (Abb. 43 d: 1) gegen die Produkte eines sekundären postmortalen Mineralisationsprozesses (Abb. 43 d: 2) abgrenzen. Diese sekundär gebildeten feinen Kristalle können Osteozytenhöhlen und manchmal sogar Gefässkanäle nahezu vollständig ausfüllen und sind - wie das rasterelektronenmikroskopische Bild zeigt - häufig von einer bizarren Schönheit (Abb. 44 a - c). Im Dünnschliffpräparat

Abb. 43

- a) Querschliff durch die Metaphysenspongiosa des Femurs eines Mammuts. Fund aus einer Kiesgrube bei Kelsterbach (Hessen). In die ehemaligen Knochenmarkräume sind postmortal verschiedene Partikel eingeschwemmt worden. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 25-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 µm.
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht.
- c) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).
- d) Mikroradiographie eines Querschliffes durch die Femurcompacta eines Individuums der südwestdeutschen Schnurkeramik, das bei Buchbrunn (Franken) geborgen wurde. Der Bereich der endostalen Spongiosaräume ist postmortal mit sekundären Strukturen verfüllt worden. 6-fache Vergrößerung. Schliffdicke 100 µm.

Beschriftung

1 = Eingeschwemmte Erdpartikel.

2 = Produkte eines sekundären postmortalen Mineralisationsprozesses.

3 = Markraum.

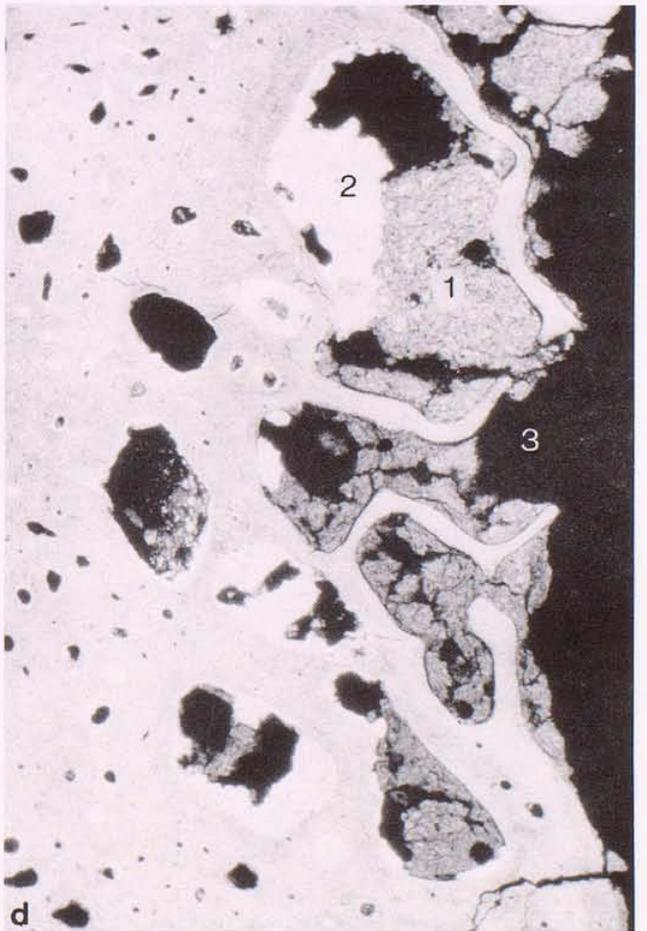
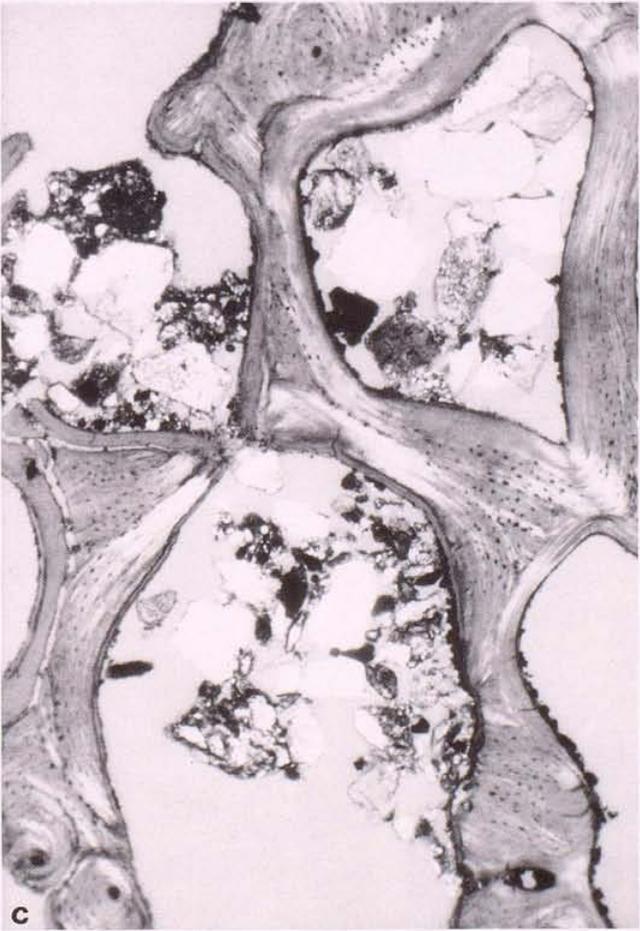
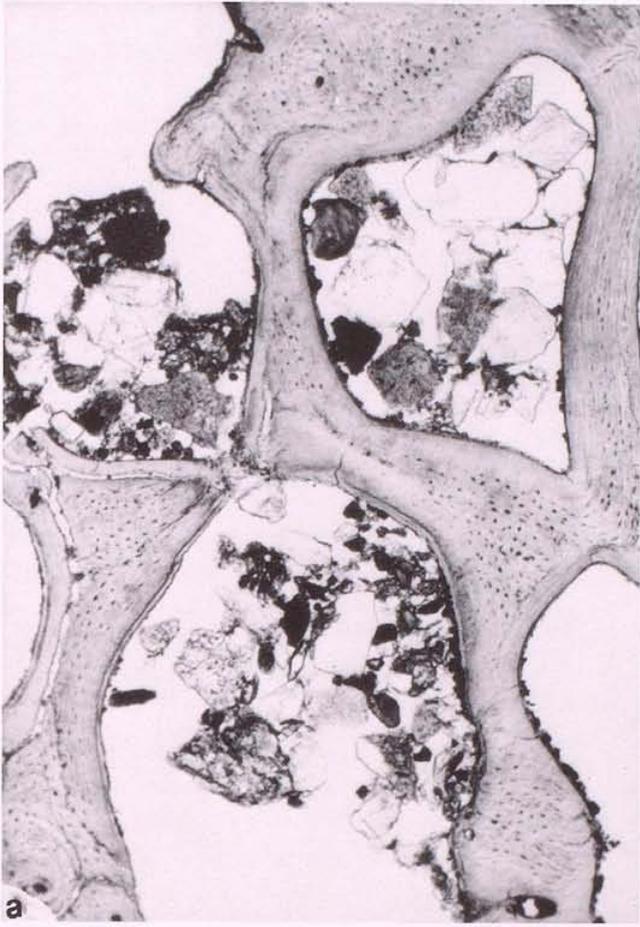
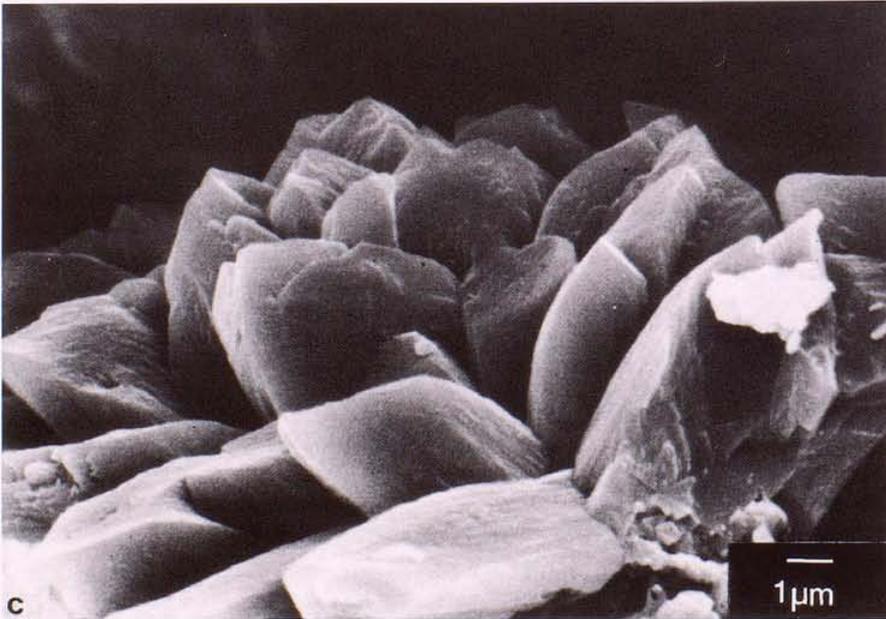
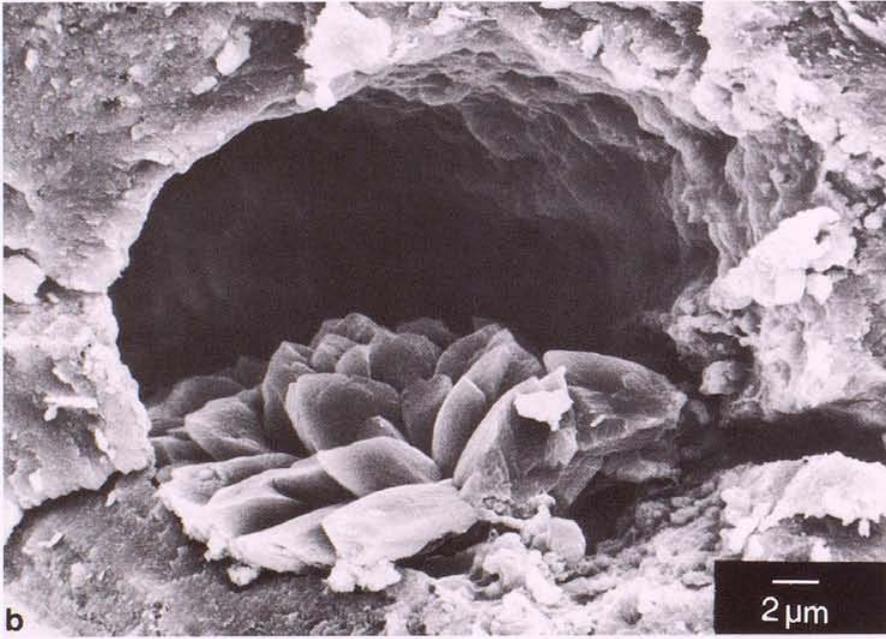
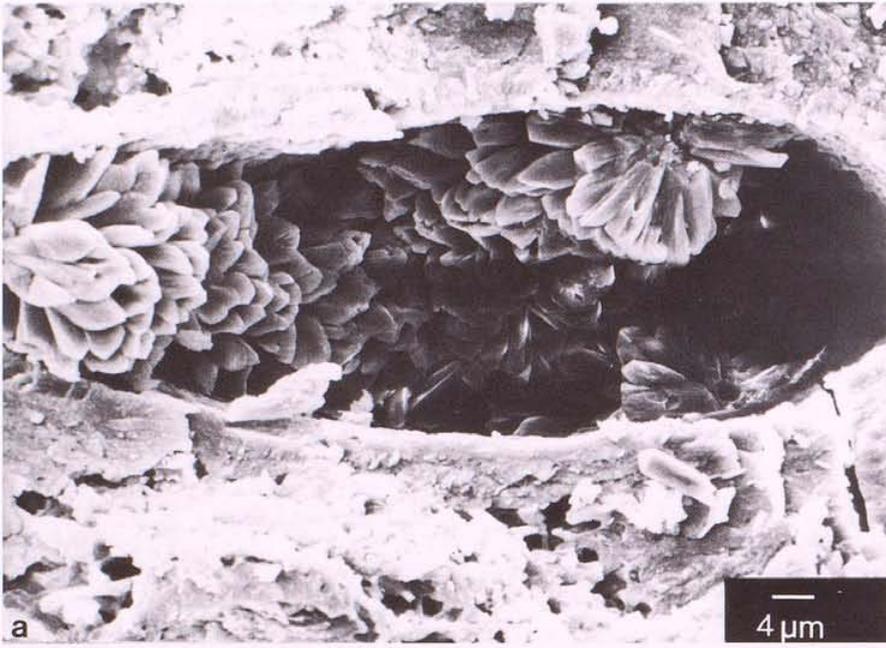


Abb. 43



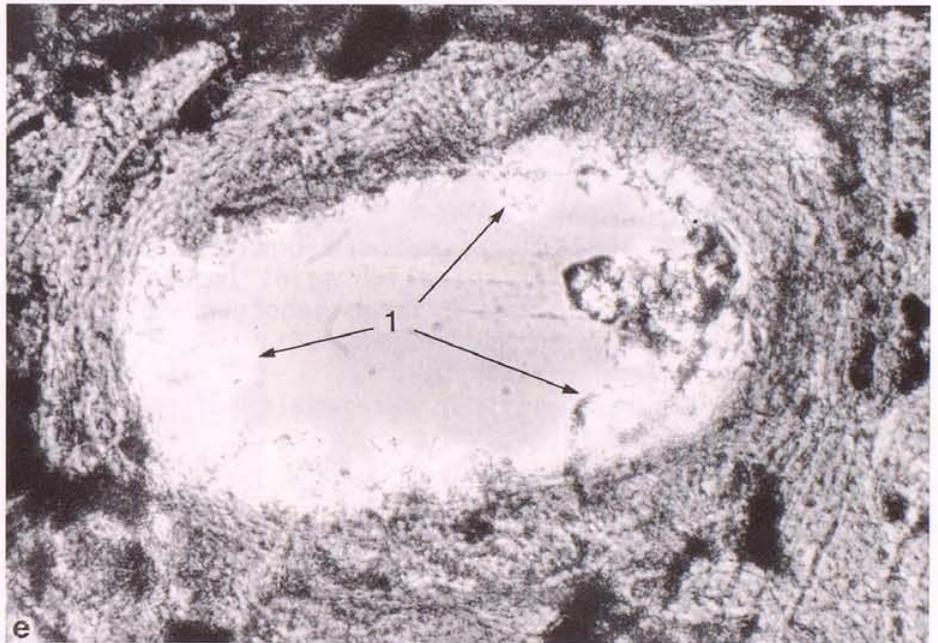
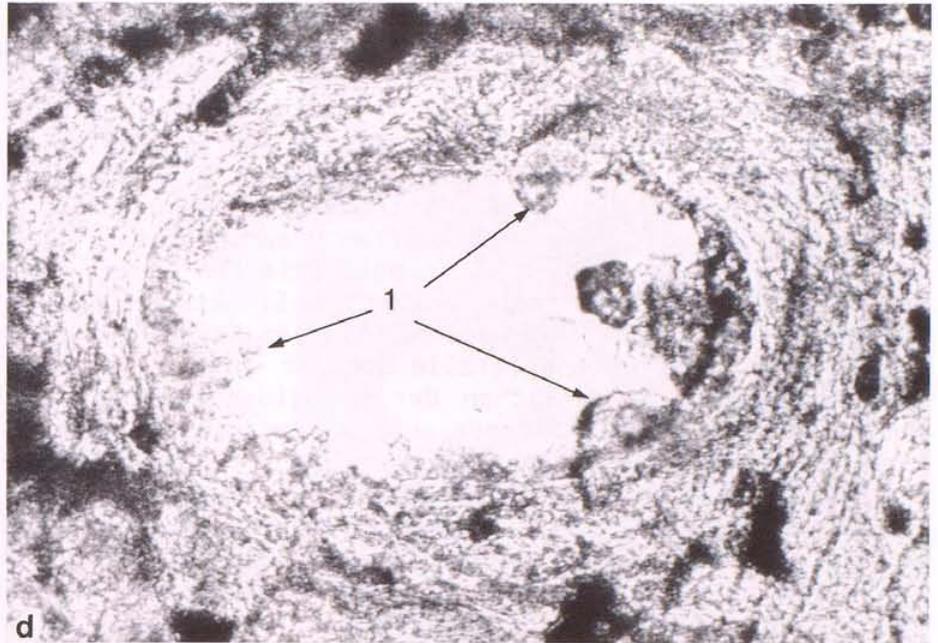


Abb. 44

Produkte eines sekundären Mineralisationsprozesses in Knochenfragmenten, die aus dem Bereich der präklassischen Siedlung Tetelpan (Mexico) geborgen wurden. Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen.

- a) Kristalle im Inneren eines längs angeschnittenen Gefäßkanals.
- b) Kristalle in einem quer angeschnittenen Gefäßkanal.
- c) Wie b), aber in der stärkeren Vergrößerung.
- d) Querschliff durch die Compacta eines Röhrenknochens aus Tetelpan (Mexico). Längsovales Osteon mit randständigen Auflagerungen. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 250-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .
- e) Wie d), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

1 = Kristalle.

fallen sie im einfachen Durchlicht meist nicht auf (Abb. 44 d), da sie sich morphologisch nicht deutlich vom umgebenden Knochengewebe abheben. Im polarisierten Durchlicht hingegen sind diese Kristalle (Abb. 44 e: 1) gut zu erkennen. Bei der Betrachtung des Dünnschliffpräparates im einfachen Durchlicht können derartige Produkte eines sekundären Mineralisationsprozesses leicht mit einer intravitalem sekundären Knochenneubildung, die immer krankhaften Ursprungs ist, verwechselt werden. Die Untersuchung im polarisierten Licht wie auch die Mikroradiographie können derartige Strukturen als postmortale Veränderung ausweisen. Im fossilen Knochengewebe können sekundär gebildete Kristalle gehäuft auftreten und beispielsweise alle Innenflächen der Spongiosaräume eines Knochens überziehen (Abb. 6) oder auch während einer langen Liegezeit im Erdboden postmortal gebildete Risse und Mikrofrakturen vollständig ausfüllen (SCHULTZ und XIROTIRIS 1981). Bei diesen Strukturen dürfte es sich häufig um ausgefallenes Calciumcarbonat handeln. Kürzlich haben HERRMANN und NEWESELY (1982) als Ergebnis von Um- und Abbauvorgängen des Hydroxylapatits die Bildung von Brushit beobachten können. Brushit, ein saures Calciumphosphat, lässt sich mikrokristallographisch nicht sicher von Gipskristallen abgrenzen (HERRMANN und NEWESELY 1982).

Die Zerstörung des Knochengewebes durch das Auftreten von Mikrozerfallshöhlen, bzw. von sogenannten Bohrkanälen oder Tunnelbildungen ist schon verschiedentlich beschrieben worden (z.B. WEDL 1864, SCHAFFER 1895, HERRMANN 1977 a, HACKETT 1981, PIEPENBRINK 1984). Grösse, Form und Ausdehnung dieser Defekte können recht unterschiedlich sein. Im Querschliff von Röhrenknochen, die aus einem Erdgrab geborgen wurden, treten folgende Veränderungen am häufigsten auf:

- a) Kleine, rundliche, meist nur vereinzelt auftretende Kanallumen (Abb. 45 a: 1);

Abb. 45

Stufen unterschiedlicher postmortalen Zerstörung.

- a) Querschliff durch kompaktes Knochengewebe eines Langknochens eines skythenzeitlichen Skelets aus dem Königskurgan Čertomlyk (UdSSR). Kleine, rundliche Kanallumen haben ein Haverssches System teilweise durchsetzt. Betrachtung mit dem Mikroskop im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz). 160-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 µm.
- b) Querschliff durch die Compacta eines Röhrenknochens eines präkolumbischen Indianers aus Culhuacán (Mexico). Starke Vermehrung der in a) gezeigten Kanäle. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 100-fache Vergrößerung. Schliffdicke 30 µm. Trichromfärbung nach Masson.
- c) Querschliff durch die Compacta eines Röhrenknochens eines Individuums aus der spätantiken Siedlung Künzing (Niederbayern). Relativ gut erhaltenes und stark zerstörtes Haverssches System dicht beieinander gelegen. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 160-fache Vergrößerung. Schliffdicke 30 µm. Fuchsinfärbung.
- d) Querschliff durch ein Röhrenknochenfragment, das einer Reliquie des Heiligen Martin zugeordnet wird. Das Knochengewebe ist grossflächig vollständig zerstört. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 100-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 µm. Methyleneblaufärbung.

Beschriftung

- 1 = Postmortal gebildete Kanallumen.
- 2 = Kanallumen bei der Schliffherstellung mit Einbettungsmedium gefüllt.
- 3 = Kanallumen mit einer trümmerartigen Struktur ausgefüllt.
- 4 = Wand eines Haversschen Kanals.
- 5 = Nahezu vollständig zerstörter Abschnitt eines Haversschen Systems.
- 6 = Relativ gut erhaltenes Haverssches System.

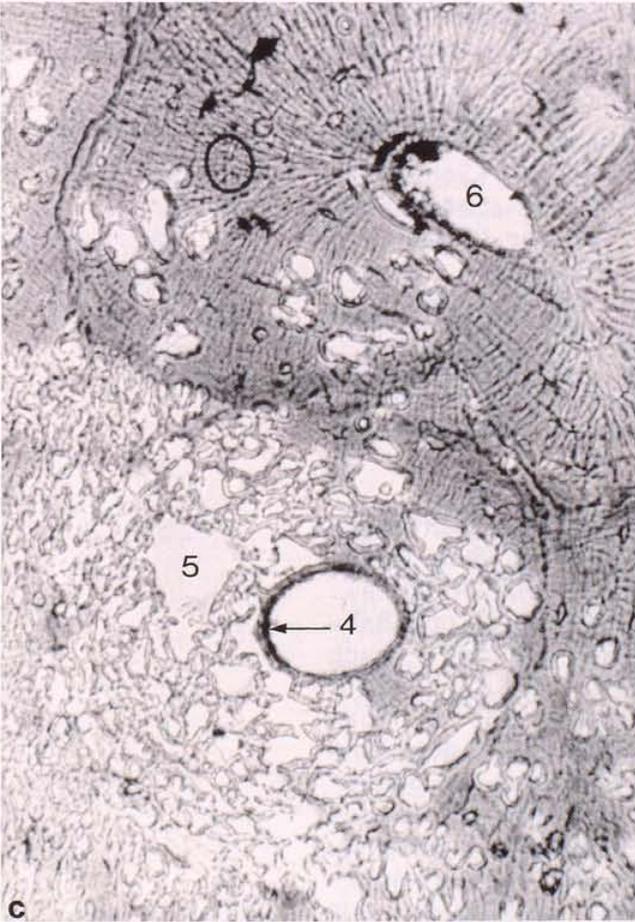
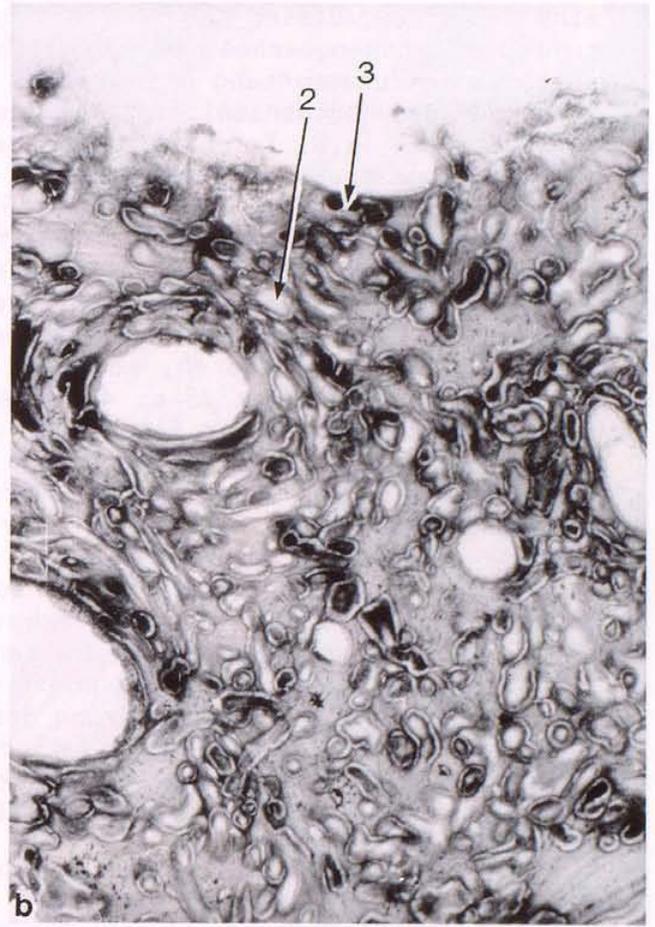
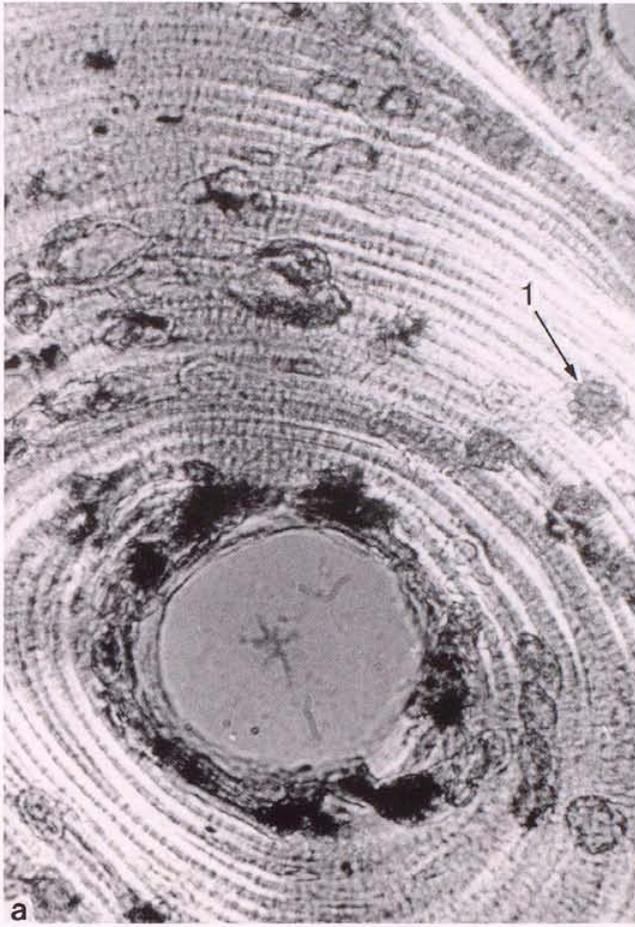


Abb. 45

- b) eine Vermehrung dieser Kanäle führt zur stärkeren Zerstörung des Knochengewebes. Dabei bleibt der ursprüngliche anatomische Zusammenhang des Gewebes erhalten. Bei einer Anfärbung des Knochenschliffes mit einer der herkömmlichen Färbemethoden (z.B. Trichrom nach Masson) scheint ein Teil der Hohlräume frei, d.h. nur mit Luft bzw. mit dem Einbettungsmedium gefüllt zu sein (Abb. 45 b: 2), während der andere Teil der Hohlräume mit einer trümmerartigen Struktur ausgefüllt ist (Abb. 45 b: 3), die sich farblich deutlich vom umgebenden Knochengewebe abhebt;
- c) diese Hohlräume können zusammenfliessen und dabei den Knochen vollständig zerstören, so dass - bis auf die Wände von Gefässkanälen (Abb. 45 c: 4) - der ursprüngliche anatomische Zusammenhang des Gewebes in dem betreffenden Areal vollständig verloren geht (Abb. 45 c: 5). Da diese Art der Kanäle anfangs meist nur in vorgegebene anatomische Strukturen eindringt, bleibt der Zerfall häufig auf bestimmte anatomische Strukturen (z.B. Osteone) beschränkt, so dass beispielsweise neben einem vollständig zerfallenden Osteon (Abb. 45 c: 5) ein noch recht gut erhaltenes Osteon (Abb. 45 c: 6) gelegen sein kann;
- d) schreitet der Prozess fort, so kommt es zu einer generellen, fast vollständigen Zerstörung des Knochengewebes. Nur die Wände der Gefässkanäle (Abb. 45 d: 4) können erhalten bleiben. Andere anatomische Strukturen lassen sich im allgemeinen nicht mehr differenzieren (Abb. 45 d).

HACKETT (1981) unterscheidet vier morphologische Typen von Tunnel- bzw. Focusbildungen. Abbildung 46 zeigt, dass verschiedene Typen der Tunnelbildung gemeinsam in einem Präparat auf engstem Raum auftreten können: in dichter Konzentration die von HACKETT (1981) als "linear longitudinal tunnels" bezeichneten Gebilde (Abb. 46: 4) und die von ihm als "lamellate tunnels" benannten Strukturen (Abb. 46: 5). Dazwischen sind Haverssche Kanäle (Abb. 46: 1), noch teilweise intakte (Abb. 46: 2) sowie in Auflösung befindliche Schaltlamellen (Abb. 46: 3) zu erkennen. Ein Beispiel für eine nahezu vollständige Zerstörung gibt Abbildung 47 (Typ der "lamellate tunnels" nach HACKETT 1981). Wenige Reste kollagener Fibrillen (Abb. 47: 1) sind nur noch ausnahmsweise zu erkennen. Die grossflächigen Zerstörungsherde (Abb. 47: 2) sind mit Strukturen ausgefüllt, die möglicherweise als postmortale Rekristallisation des Apatits oder anderer mineralischer Phasen des Calciumphosphats aufgefasst werden können (PIEPENBRINK 1984).

Für alle diese Defekte wurden bisher meist Pilze verantwortlich gemacht (z.B. WEDL 1864, ROUX 1887, SCHAFFER 1890, 1895, PEYER 1945, MORGENTHALER und BAUD 1956, MARCHIAFAVA et al. 1974), aber auch Algen (PEYER 1945, BERNHAUSER 1953) und Bakterien (WERELDS 1962, 1967; PLUNKETT 1976, zitiert nach HACKETT 1981) wurden als Ursache diskutiert. HACKETT (1981) führt die postmortale Zerstörung des Knochengewebes in Form der von WEDL (1864) beschriebenen, relativ kleinlumigen Tunnelbildungen auf Pilzwachstum zurück. Kürzlich ist es SUESSMANN-BERTOZZI (1984) gelungen, aus diesen Kanälen eines rezenten Knochenfundes eine Reinkultur von *Chlamydia spez.* zu züchten, so dass diese Art von Kanälen wohl durch Algenwachstum angelegt werden. PIEPENBRINK et al. (1983) gelang es, aus schweizerischen Skelettfunden des 17./18. Jahrhunderts einen Pilz der Gattung *Stachybotrys* zu isolieren, der vor allem an der Bildung der etwas grösseren Kanäle, die meist als Bohrkanäle (ROUX 1887, SCHAFFER 1890) bezeichnet werden, beteiligt

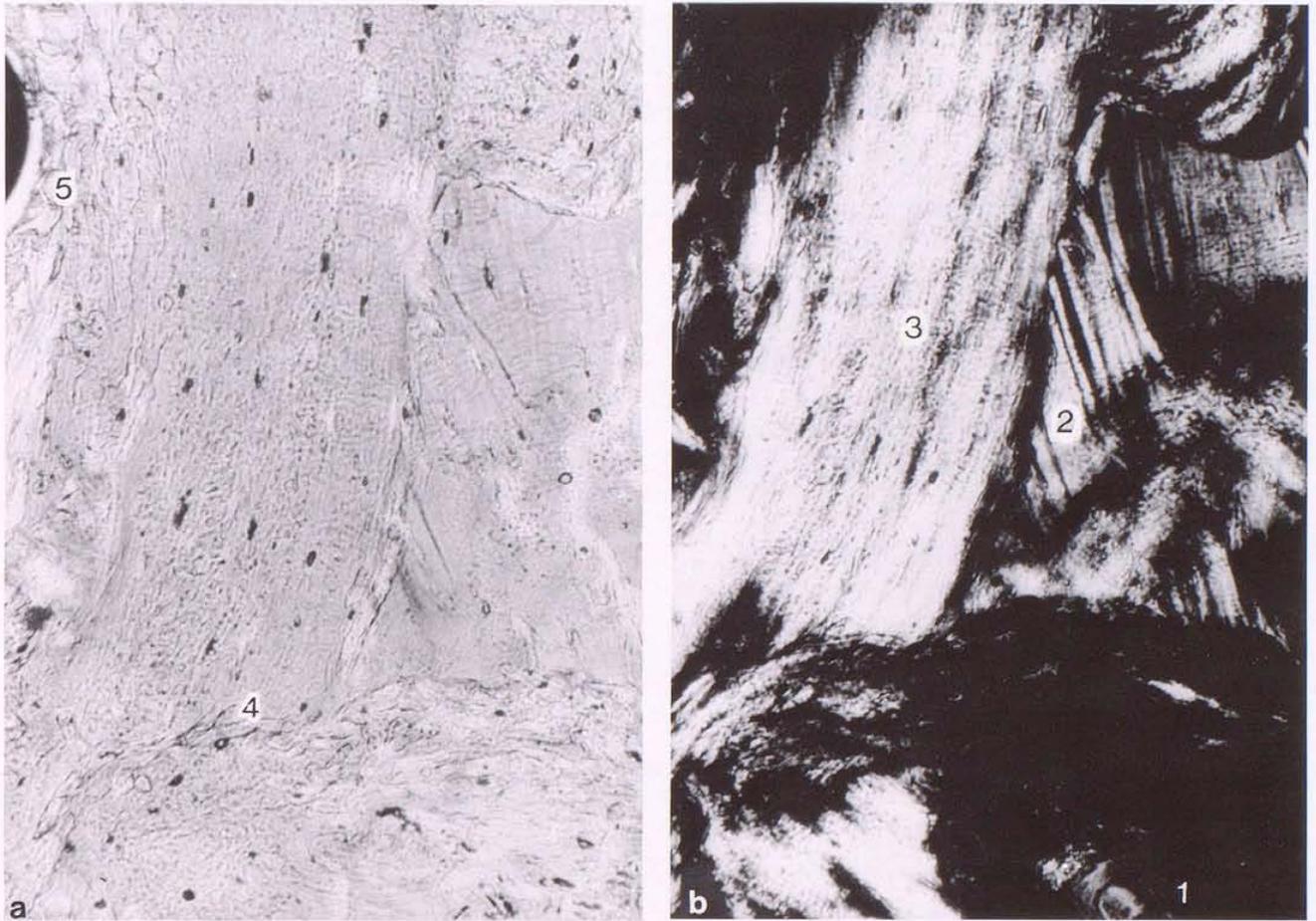


Abb. 46

a) Knochendünnschliff durch das Schädeldach (Lamina interna) eines Individuums aus der bandkeramischen Siedlung von Aiterhofen (Niederbayern). Ausgeprägte Spuren postmortaler Zerstörung. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 160-fache Vergrößerung. Schliffdicke ca. 25 µm. Fuchsinfärbung.

b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht.

Beschriftung

- 1 = Haverssches System.
- 2 = Relativ gut erhaltene Schaltlamelle.
- 3 = Im Zerfall begriffene Schaltlamelle.
- 4 = Gerader, in Schnittebene verlaufender Zerfallskanal.
- 5 = Lamellenartig begrenzter Zerfallskanal.

sein kann. Wie die Untersuchungen an Knochengewebe (PIEPENBRINK 1984) und an verkalkten Schalen von Meerestieren (HOEHNK 1969) gezeigt haben, dürfte die eigentliche Ursache für die Bildung der sogenannten Bohrkanäle und Tunnelformationen sowie der grossflächigen Zerfallsräume in der Ausscheidung enzymatischer, häufig wohl auch saurer Metabolite verschiedener Mikroorganismen zu sehen sein.

Wie schwierig und doppelbödig die Interpretation mikroskopischer und chemisch-physikalischer Befunde, die an prähistorischem Skeletmaterial erhoben werden, sein kann, belegt folgende Untersuchung. BASSET et al. (1980) beobachteten an Knochenproben nubischer Skelete, die in die Zeit zwischen 350 v. Chr. und 550 n. Chr. datieren, tetracyclintypische Fluoreszenzen. Diese Fluoreszenzen führten sie auf die Nahrungsaufnahme von Getreide zurück, das vor dem Verzehr, während der Zeit seiner Lagerung von tetracyclinproduzierenden Streptomyceten infiziert gewesen sein sollte. Aufgrund dieser Befunde

glaubten BASSET et al. (1980) die extrem niedrige Morbiditätsrate für Infektionskrankheiten in dieser Bevölkerung erklären zu können. PIEPENBRINK et al. (1983) haben überzeugend nachweisen können, dass eine grosse Anzahl bodenbewohnender Mikroorganismen, deren Sekundärmetaboliten tetracyclintypische Fluorophore besitzen, auch für derartige Fluoreszenzen verantwortlich sein können. Die von BASSET et al. (1980) aufgestellten Schlussfolgerungen hinsichtlich der Ursachen des Gesundheitsstatus dieser prähistorischen Bevölkerung dürften demnach nicht zutreffen.

Nachfolgend sollen typische Beispiele der im archäologischen Skeletmaterial auftretenden Fauna und Flora vorgestellt werden. In den Cellulae mastoideae eines fränkischen Skelets aus der Völkerwanderungszeit konnten Bruchstücke von Arthropodengliedmassen - aller Wahrscheinlichkeit nach von Milben (1)-

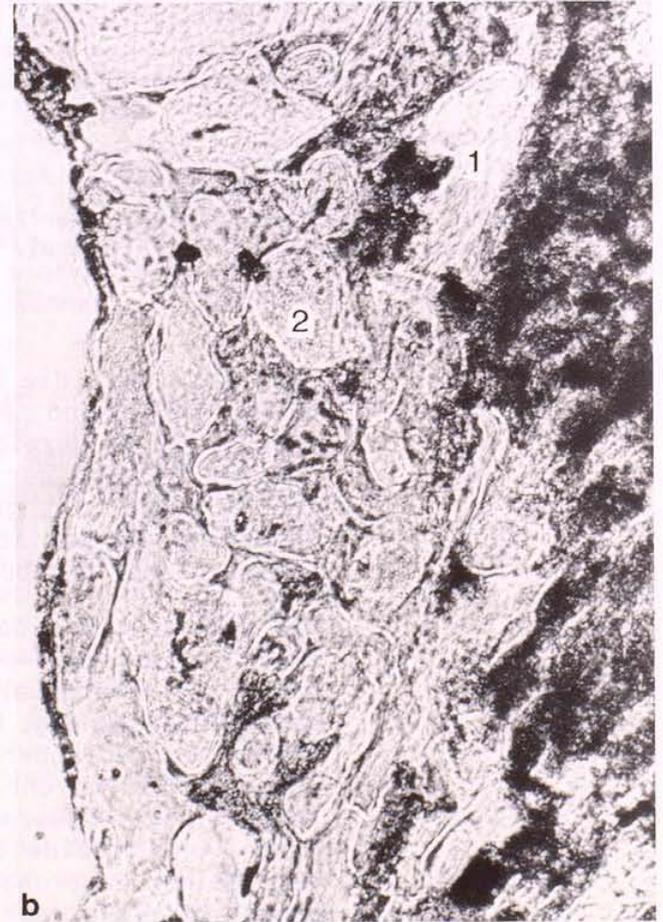
(1) Für die Bestimmung danke ich Frau Dr. Gisela Rack, Zoologisches Institut und Zoologisches Museum der Universität Hamburg.

Abb. 47

- a) Querschliff durch ein Knochenfragment aus der präklassischen Siedlung von Tetelpan (Mexico). Grossflächige, vollständige Zerstörung des Knochengewebes. Die Zerfallshöhlen sind zum Teil sekundär verfüllt worden. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 250-fache Vergrösserung. Schliffdicke 50 μ m.
b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

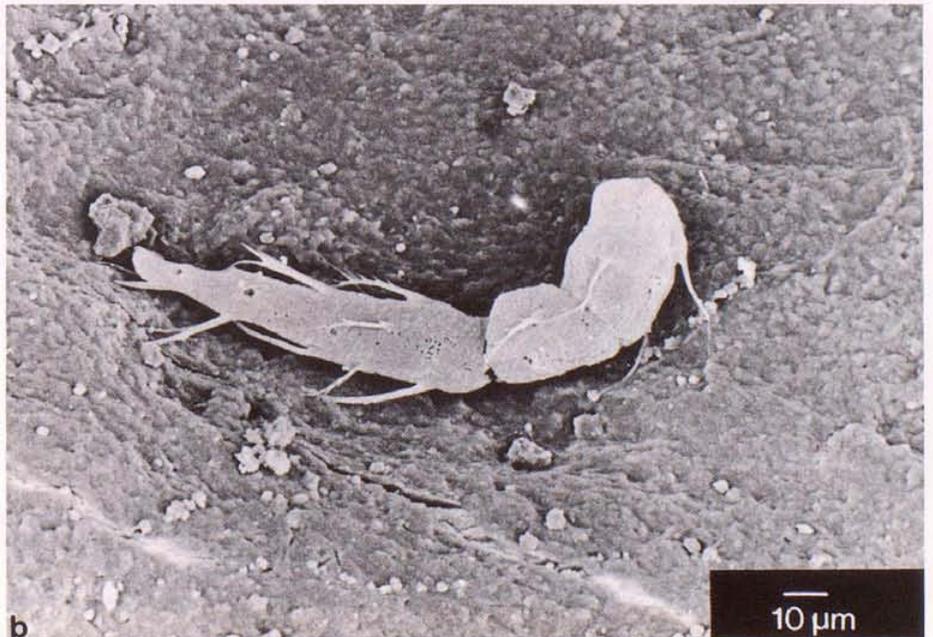
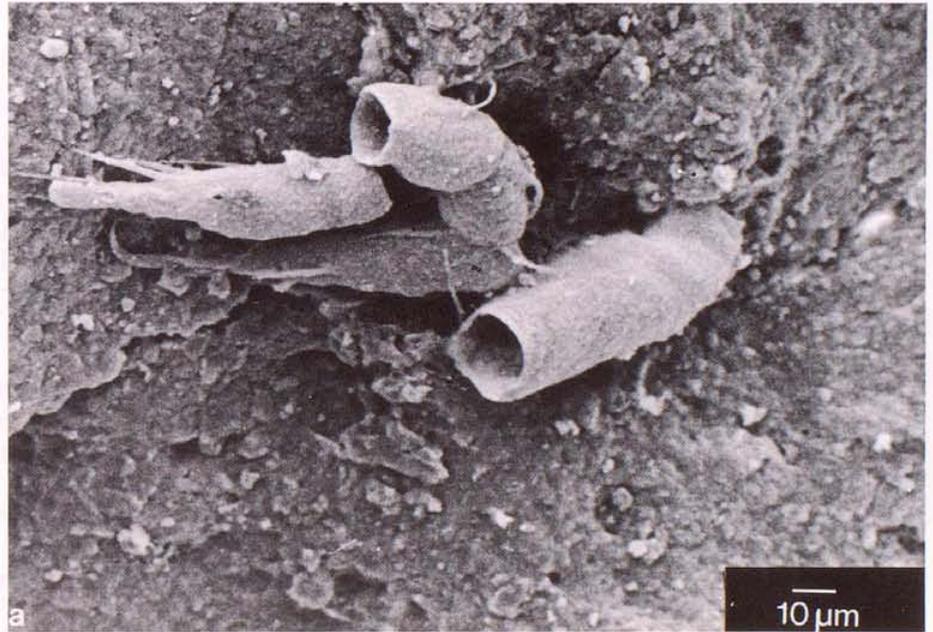
- 1 = Reste kollagener Fibrillen.
2 = Postmortal verfüllte Zerfallsherde.



aufgefunden werden (Abb. 48). Auch HUNGER (1978) berichtet über bestimmte Bodentiere wie zum Beispiel Milben, Tausendfüßler, Springschwänze, Kurzflügelkäfer und Afterskorpione, die als "Friedhofsfauna" in der üblichen Bestattungstiefe - zum Teil sogar in den Markröhren von Oberschenkelknochen - angetroffen werden können (vgl. auch MUELLER 1965). Auch in den Markräumen der Spongiosa werden Reste von Arthropoden - zum Beispiel Schuppen von Insektenflügeln (Abb. 56 a: 1; s.a. SCHULTZ und SCHWARTZ 1982: Abb. 3 e) - beobachtet.

Abb. 48

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen. Bruchstücke von Arthropodengliedmassen in den Cellulae mastoideae eines völkerwanderungszeitlichen Skelets aus Kleinlangheim (Franken).



Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme. Reste von Pflanzenwurzeln an einem menschlichen Langknochenfragment aus der präklassischen Siedlung Tetelpan (Mexico).

Aber nicht nur Ueberreste von Arthropoden lassen sich in prähistorischen Skelettfunden nachweisen, sondern vor allem Bruchstücke von Pflanzen wie beispielsweise Wurzelreste. In der Abbildung 49 sind die Reste feiner Wurzeln zu erkennen, die sich in das Knochengewebe eingegraben haben. Bei der Betrachtung eines Dünnschliffpräparates mit dem Mikroskop können feine Wurzelhaare (Abb. 50) leicht fehlinterpretiert werden, wenn sie nach dem Absterben der Pflanze im Laufe der Jahrhunderte infolge eines sekundären Mineralisationsprozesses verfüllt worden sind. HERRMANN (1983) weist bei der Beschreibung eines völkerwanderungszeitlichen Leichenschattens auf die Bedeutung der Zerstörung des Skelets durch Pflanzenwurzeln hin.

Wie schon erwähnt (s. S. 90) können an der Dekomposition des Knochens auch Algen beteiligt sein. Algen hinterlassen im Knochengewebe typische Zerstörungsspuren (Abb. 51)(2), die den von WEDL 1864, s.a. HACKETT 1981) beschriebenen Kanälen entsprechen. Diese verhältnismässig kleinen, im Querschnitt drehrunden Kanäle sind kleiner als der Durchmesser einer quergeschnittenen Osteozytenhöhle. Sie sind häufig parallel ausgerichtet, können gelegentlich aber auch knäuelartig angeordnet sein.

Sehr viel häufiger als die zuvor beschriebenen kleinen Kanäle treten die grösseren, kanalartigen Hohlräume auf (Abb. 52). Der quere Durchmesser dieser nicht immer runden, unregelmässig geformten Kanäle (Abb. 52: 1) übertrifft an Grösse den Durchmesser einer Osteozytenhöhle (Abb. 52: 3) um ein mehrfaches. Diese Hohlräume können büschelartig zusammenliegen und sind meist in einer bestimmten Richtung - parallel zur Längsrichtung der Haversschen Kanäle - angeordnet. In einigen Fällen verlaufen diese Kanäle auch in der Querschnittebene (Abb. 52: 2). Diese kanalartigen Hohlräume, deren Struktur im Rasterelektronenmikroskop noch deutlicher zur Darstellung kommt (Abb. 53), sind auf Pilzwachstum zurückzuführen. HACKETT (1981) beschreibt diese Art der Kanalbildungen als "linear-longitudinal tunnels" bzw. als "budded tunnels".

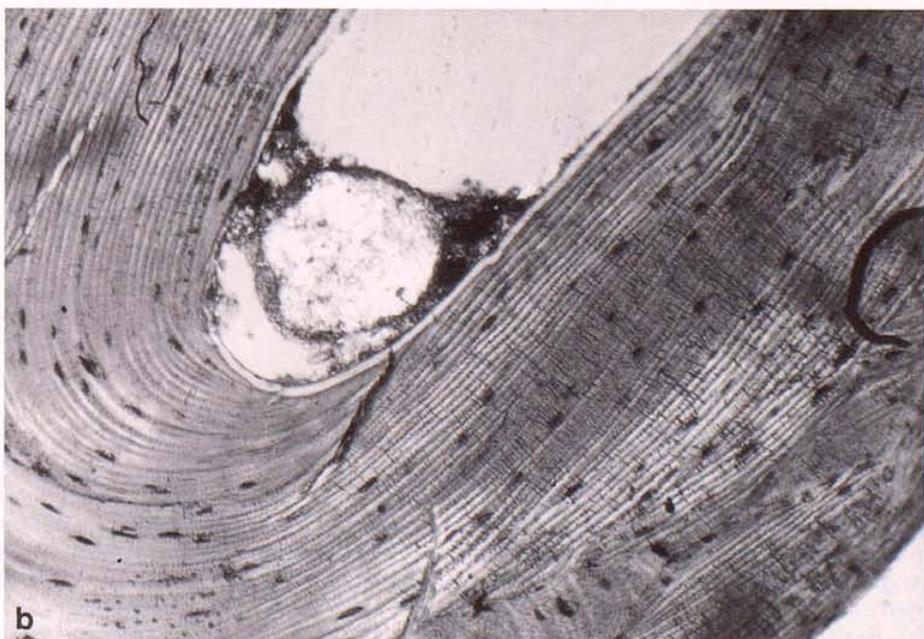
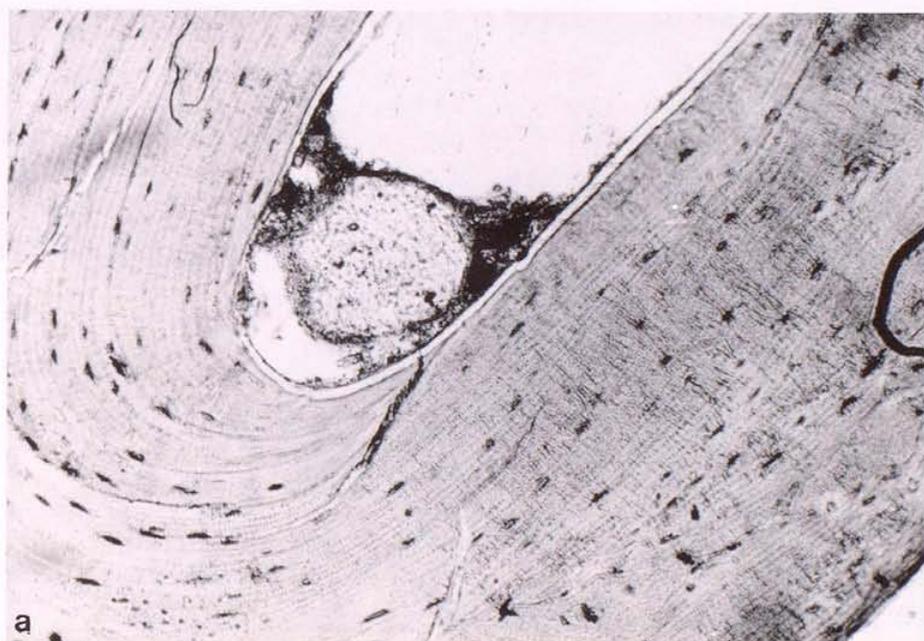
(2) Für die Überlassung der Photographien danke ich Frau Dr. Barbara Süssmann-Bertozzi, Zentrum Pathologie der Universität Göttingen

- a) Querschliff durch ein Langknochenfragment aus der präklassischen Siedlung Tetelpan (Mexico). Wurzel in einem grossen Haversschen System. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 100-fache Vergrösserung. Schliffdicke 50 μm .
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Abb. 49



Abb. 50



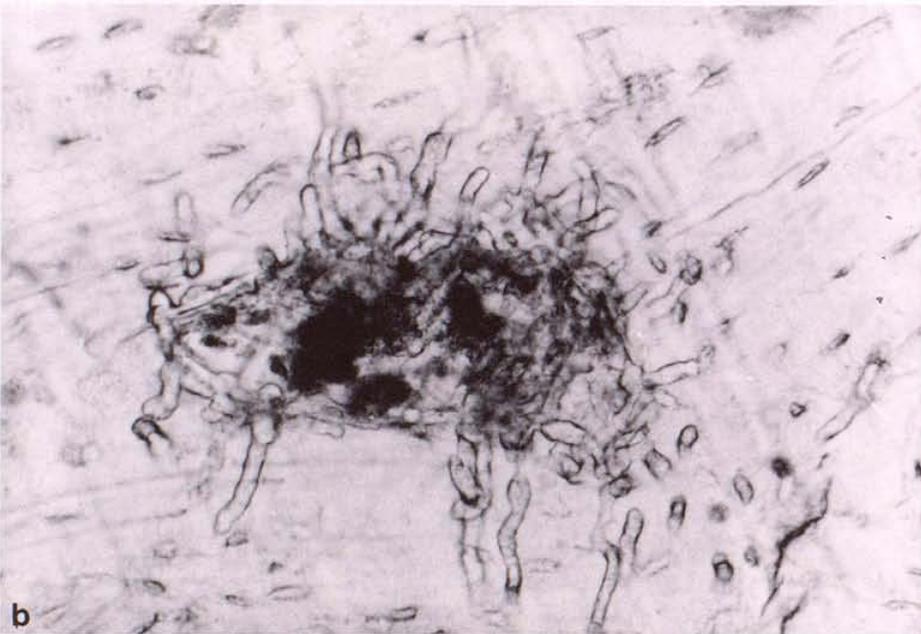


Abb. 51

Sägeschnitt durch ein rezentes Schädeldachfragment. Kleine, im Querschnitt drehrunde "Bohrkanäle". Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. - Für die Ueberlassung der Photographien danke ich Frau Dr. B. Süßmann-Bertozzi, Zentrum Pathologie der Universität Göttingen.

a) Bereich der Lamina externa in der mittleren Vergrößerung.

b) Bereich des durch "Bohrkanäle" zerstörten Knochengewebes in der stärkeren Vergrößerung.

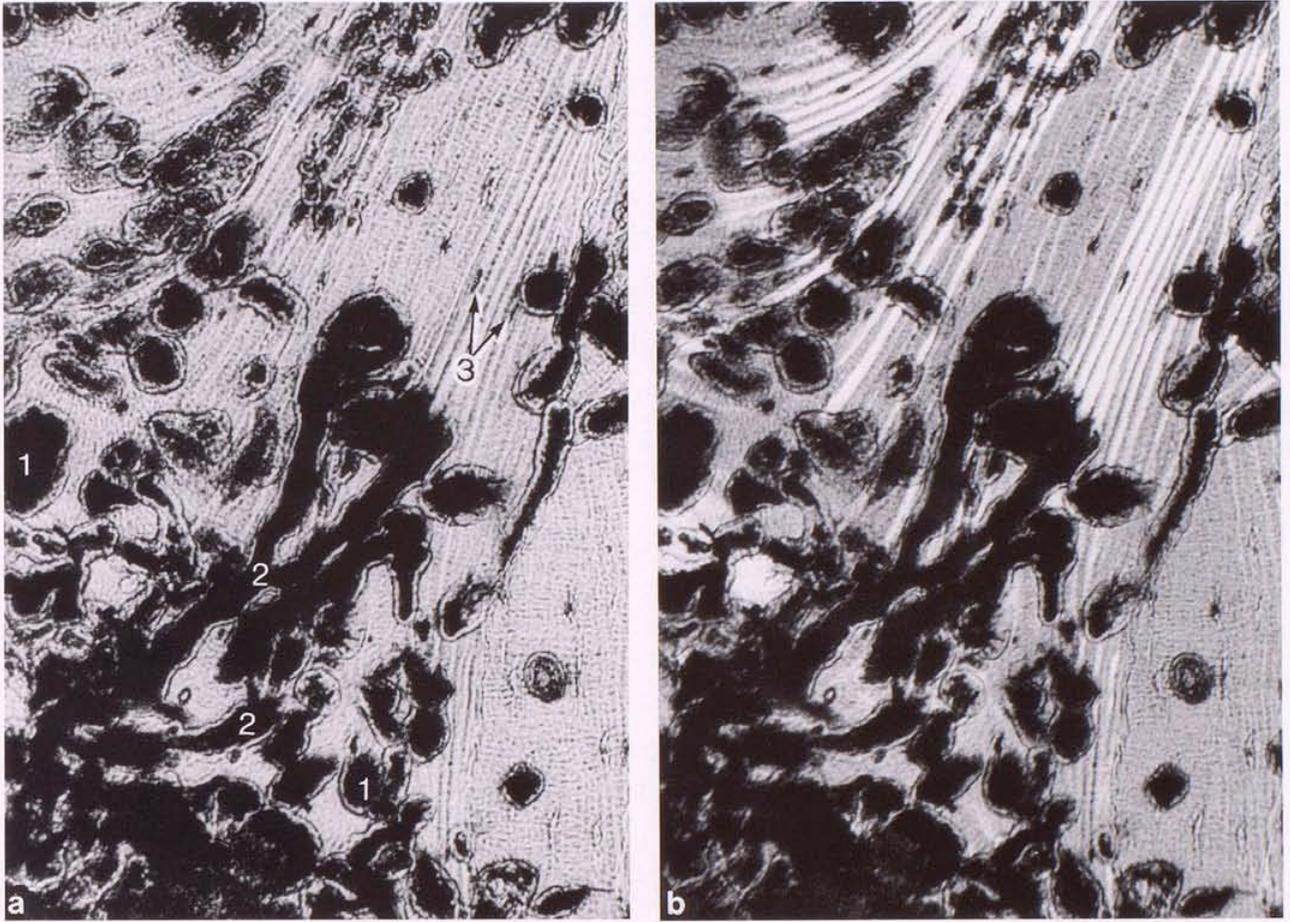


Abb. 52

- a) Querschliff durch ein Röhrenknochenfragment aus der präklassischen Siedlung Tetelpan (Mexico). Zerfallshöhlen und tunnelartige Kanäle aufgrund von Pilzwachstum. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 160-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

- 1 = Querer Durchmesser eines unregelmässig geformten Kanals.
 2 = In Querschnittsebene verlaufende Kanäle.
 3 = Osteozytenhöhle.

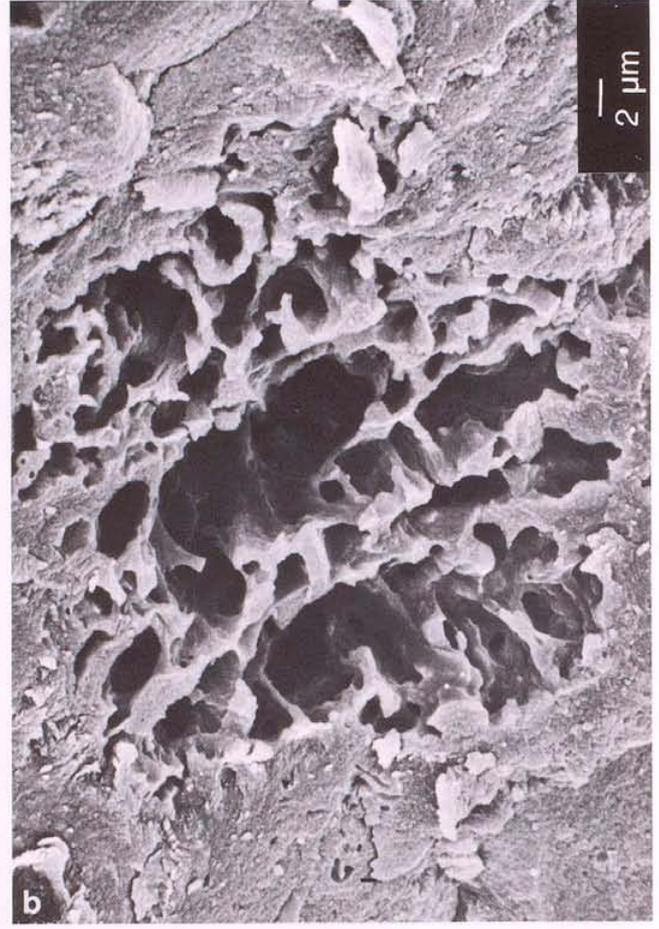
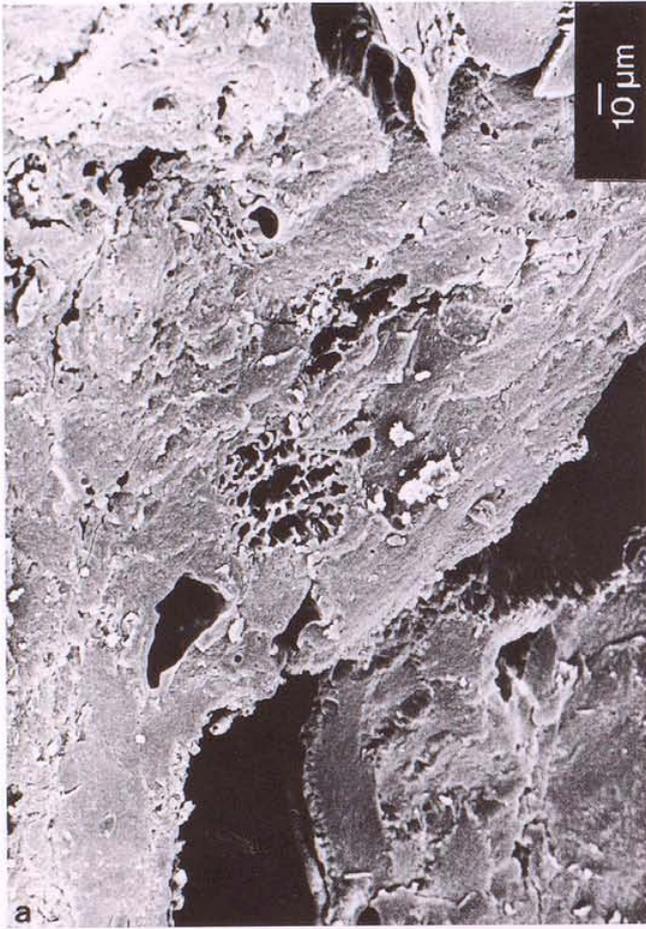


Abb. 53

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme. Bruchfläche eines Röhrenknochenfragments aus der präklassischen Siedlung von Tetelpan (Mexico). Zerfallshöhlen und tunnelartige Kanäle aufgrund von Pilzwachstum.

- a) Aufsicht auf die in Transversalebene gelegene Bruchfläche eines Röhrenknochenfragments.
b) Ausschnitt aus a).

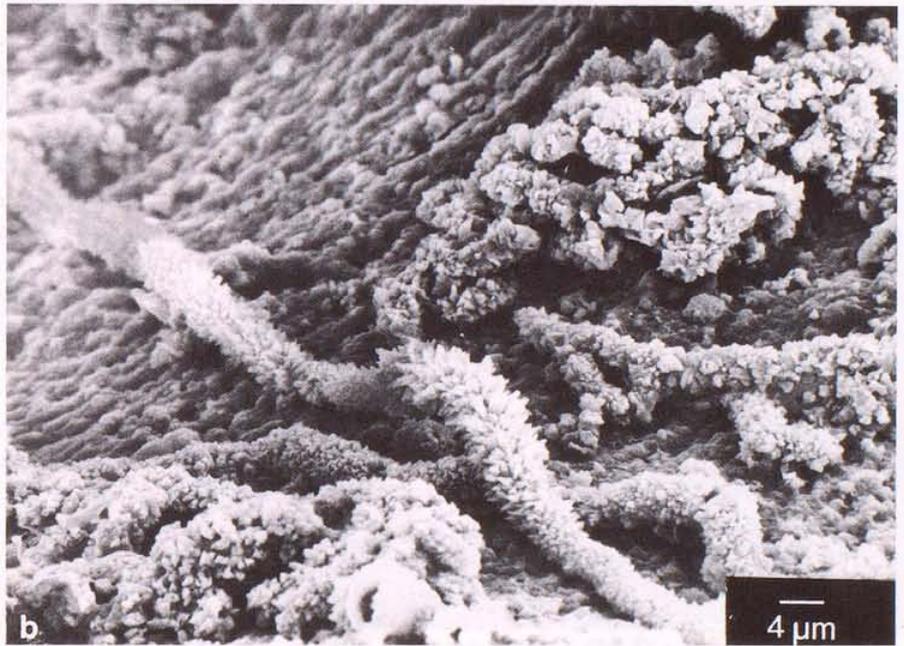


Abb. 54

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen. Langknochenfragment aus der präklassischen Siedlung Tetelpan (Mexico).

a) Pilzhyphen.

b) Pilzhyphen, deren Oberfläche von Kristallen überzogen sind.

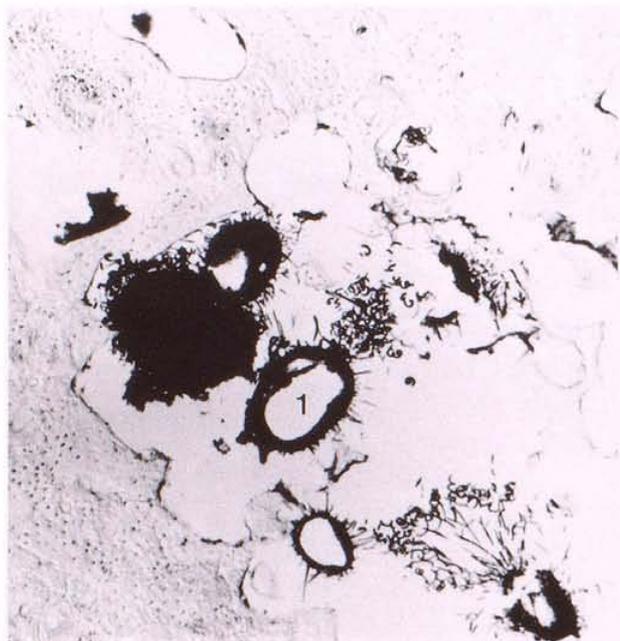


Abb. 55

Querschliff durch ein entzündlich verändertes Os femoris aus dem Karner der St. Martins-Kirche in Klosterneuburg (Niederösterreich). Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. Etwa 50-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μ m.

Beschriftung

1 = Schimmelpilze mit Fruchtkörper, Hüllhyphen und Ascosporen.

Häufig lassen sich auch noch die Hyphen verschiedener Pilzarten nachweisen (Abb. 54 a, Abb. 57 b, Abb. 60 a). Oft kann mikroskopisch nicht mit Sicherheit entschieden werden, ob die im Rasterelektronenmikroskop sichtbaren Hyphen während der Zeit des Dekompositionsvorganges oder erst sehr viel später, d.h. in rezenter Zeit - beispielsweise nach der Bergung des Skeletmaterials - gewachsen sind. Die in Abbildung 54 b dargestellten Hyphen gehen mit Sicherheit auf sehr altes Pilzwachstum zurück, da die einzelnen Hyphen von Kristallen überzogen sind, die sich aufgrund eines sekundären Mineralisationsprozesses während der Bodenlagerung gebildet haben.

Ausmazeriertes Skeletmaterial, das über einen langen Zeitraum in einem mit Luft gefüllten Raum in feuchtem Milieu gelagert war, ist besonders reichlich von Schimmelpilzen besiedelt. Viele der aus dem Karner der St. Martins Kirche in Klosterneuburg bei Wien geborgenen Skelettfunde zeigen eine konzentrierte Besiedlung von Schlauchpilzen (**Ascomycetes**). Ein septiertes Mycel und die Bildung von Conidiosporen (Exosporen) sind charakteristisch für die Schlauchpilze, die den höheren Pilzen zugerechnet werden. Abbildung 55 zeigt Fruchtkörper, Hüllhyphen und Ascosporen in den Markräumen der Spongiosa eines Os femoris aus Klosterneuburg (3). Der völlig geschlossene Fruchtkörper (Cleistotheций) ist typisch für die Plectomyceten, zu denen die Gattungen **Aspergillus** (Giesskanenschimmel) und **Penicillium** (Pinselschimmel) gehören (Abb. 55: 1).

Aber auch in trocken gelagertem, ausmazeriertem Skeletmaterial können Sporangien von Pilzen (z.B. Zygomyceten, Ascomyceten) nachgewiesen werden (Abb. 56); so zum Beispiel in dem Spongiosawürfel einer Reliquie, die dem Heiligen Martin zugerechnet wird (SCHULTZ und SCHWARTZ 1982). Nach Eröffnung des Sporangiums sind die einzelnen Sporen (Abb. 57 a) gut zu erkennen. In derselben Knochenprobe sind zwischen Pilzhyphen (Abb. 57 b: 1) und Pilzsporen (Abb. 57 b: 2) auch noch einige Sporangien von Actinomyceten (Abb. 57 b: 3) gelegen (3).

(3) Für die Identifizierung der Pilzhyphen und Fruchtkörper danke ich Herrn G. Bahnweg, Ph.D., Institut für Mikrobiologie der Universität Göttingen

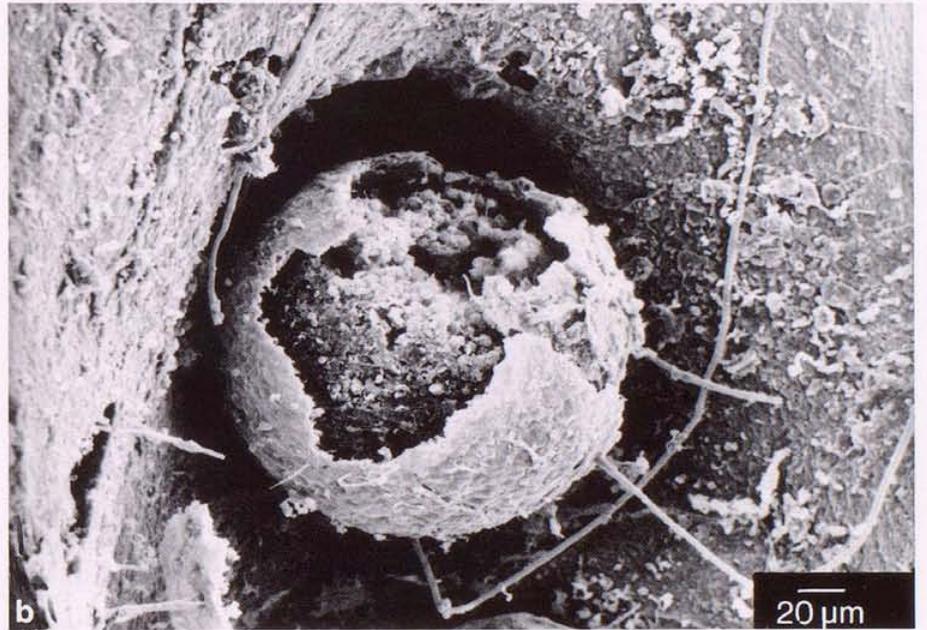
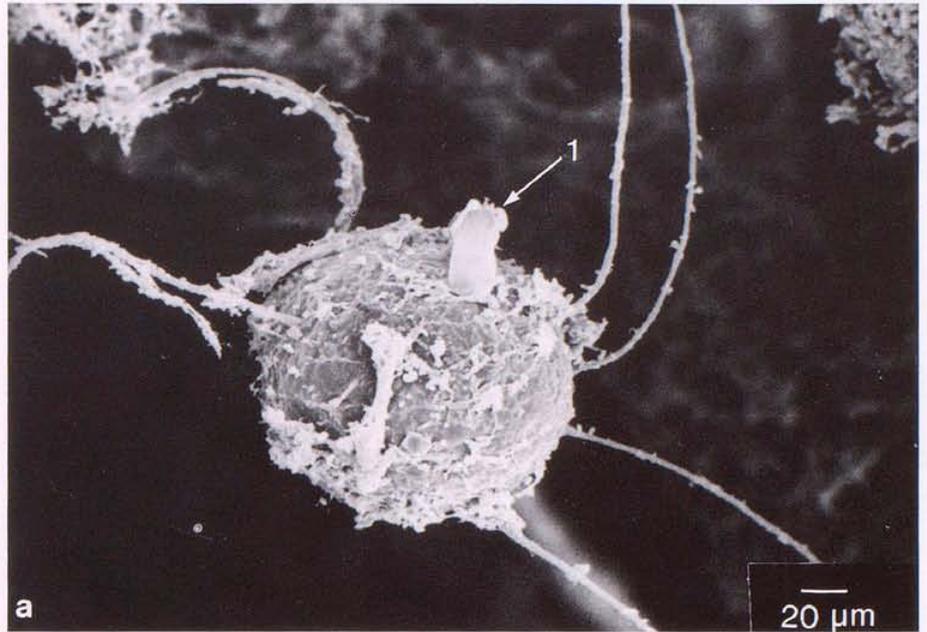


Abb. 56

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen. Sporangien aus dem Spongiosawürfel einer Reliquie, die dem Heiligen Martin zugerechnet wird (Martins-Kirche in Unterbillingshausen/Niedersachsen).

a) Frei im Spongiosaraum hängendes Sporangium.

b) An Spongiosabälkchen befestigtes Sporangium. Aussenhülle eröffnet. Im Inneren Pilzsporen.

Beschriftung

1 = Schuppe eines Insektenflügels.

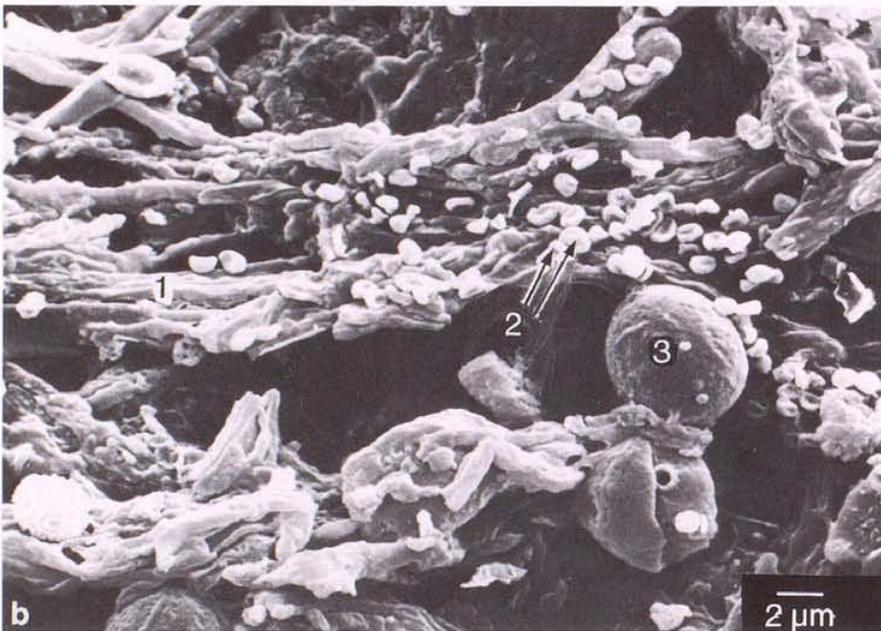
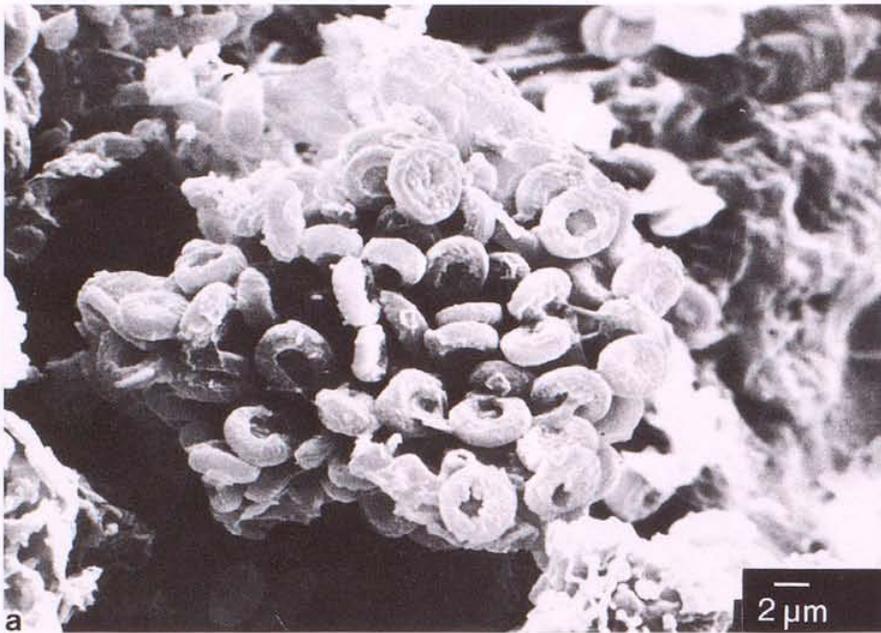


Abb. 57

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen. Untersuchung der Räume eines Spongiosawürfels einer Reliquie, die dem Heiligen Martin zugerechnet wird (Martins-Kirche in Unterbillingshausen/Niedersachsen).

a) Wie Abbildung 56 b): Pilzsporen im eröffneten Sporangium.

b) Reste von Lebewesen, die sekundär während der Zeit der Bodenlagerung in die Spongiosaräume eingewandert sind.

Beschriftung

1 = Pilzhyphen.

2 = Pilzsporen.

3 = Sporangien von Actinomyceten.

Abb. 58

Fruchtkörper (?) oder Sporangien (?) in den Haversschen Kanälen eines Langknochenfragments aus der präklassischen Siedlung Tetelpan (Mexico).

a) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme.

b) Querschliff. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 250-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm.

c) Wie b), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz). Man beachte, dass sich aufgrund des schlechten Erhaltungszustandes kein Knochenkollagen nachweisen lässt.

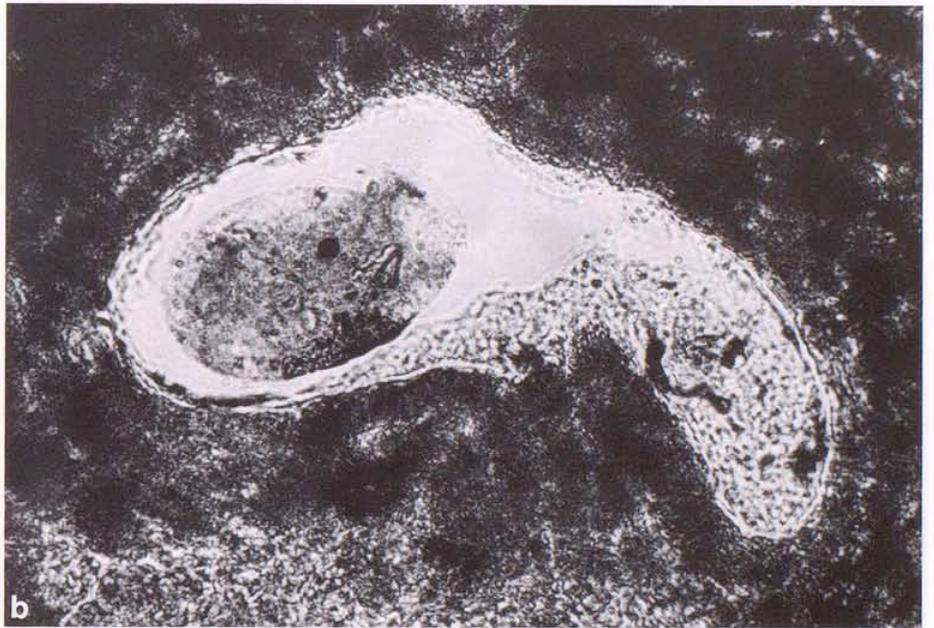


Abb. 58

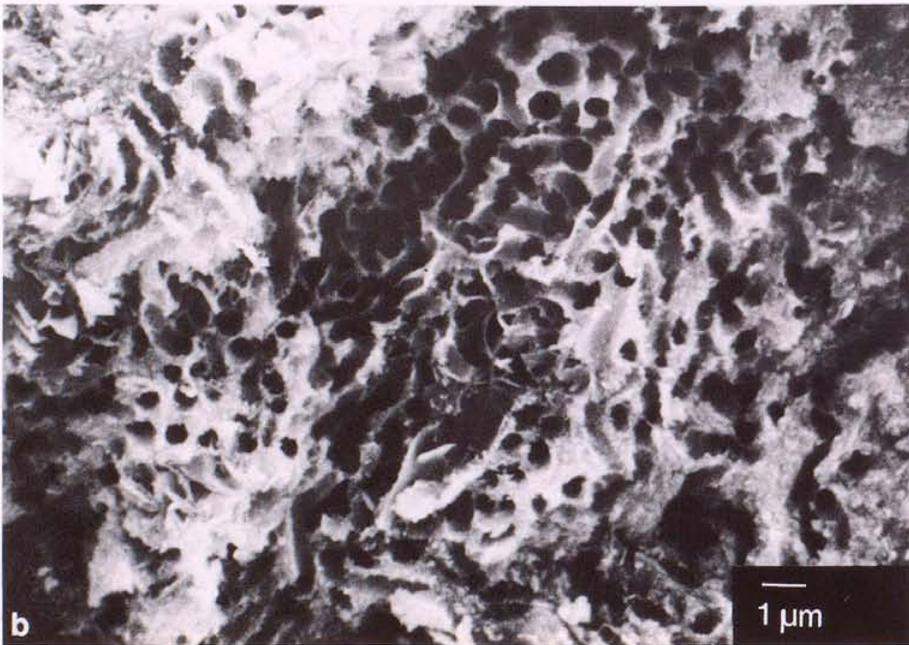


Abb. 59

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen.

- a) Streptomycceten in den Räumen eines Spongiosawürfels einer Reliquie, die dem Heiligen Martin zugerechnet wird (Martins-Kirche in Unterbillingshausen/Niedersachsen).
- b) Durch Streptomyccetenwachstum entstandene kleine Kanäle im quergebrosenen Fragment eines Röhrenknochens aus der präklassischen Siedlung Tetelpan (Mexico), vgl. Abb. 75 a.

Bei einer Knochenprobe, die im zentralen Hochland von Mexico aus einer Abfallgrube der präklassischen Kulturstufe geborgen wurde, sind einige Gefässkanäle von grossen, walzenähnlichen Gebilden ausgefüllt (Abb. 58 a). Diese Gebilde sitzen immer mit einer ihrer beiden Schmalseiten dem Knochen auf. Ein Teil dieser Körper weist im Inneren eine differenzierte Gliederung auf. Möglicherweise handelt es sich bei diesen Gebilden um Fruchtkörper oder um noch nicht fertig entwickelte Sporangien (3). Im Knochendünnschliff desselben Präparates sind ganz entsprechende Gebilde - allerdings ohne eine deutliche innere Gliederung - zu beobachten (Abb. 58 b und c).

Auf das Vorkommen von Actinomyceten wurde oben schon hingewiesen (Abb. 57 b: 3). Zu den Actinomyceten gehören auch die Streptomyceten. Das sind Bakterien, die mycelartig wachsen und vorwiegend im Boden anzutreffen sind. Sie sind charakterisiert durch ihre strahlenartige Wuchsform (Abb. 59 a). Im Knochengewebe höhlen die Streptomyceten sehr feinumige Kanälchen aus, die dem Knochen in der Querschnittebene der Kanälchen ein schwammartiges Aussehen verleihen (Abb. 59 b, Abb. 60 a: 1 und Abb. 75 a). Werden die Kanälchen in ihrer Längsausdehnung eröffnet oder verlaufen sie parallel, nur leicht eingetieft auf der Knochenoberfläche, so stellt sich die für die Streptomyceten typische strahlenartige Wachstumsrichtung dar (Abb. 60 a: 2).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Knochen im Zuge seiner Dekomposition von den verschiedensten Faktoren angegriffen werden kann. In vielen Fällen entstehen kanalähnliche Lochdefekte, die - in der Reihenfolge zunehmender Querschnittsgrösse - hauptsächlich von Bakterien, Algen, Pilzen und Wurzeln hervorgerufen werden. Das Knochengewebe bleibt allerdings nahezu unzerstört, wenn protektive Mineralien (z.B. Kupfer) das Wachstum von Mikroorganismen hemmen und so die Dekomposition auf ein Minimum beschränken (SCHULTZ et. al., im Druck). Abbildung 60 b soll dies verdeutlichen.

An einer Tibia ist ein Bereich des Knochens, der schon makroskopisch durch seine intensive Grünfärbung auffiel, sehr gut erhalten (Abb. 60 b: 1). Diese Grünfärbung ist auf Kupferionen zurückzuführen (Bronzeschmuck!). Der Bereich des Knochens, der nicht durch Kupferionen imprägniert und somit geschützt wurde, zeigt ausgedehnte Zerfallsspuren (Abb. 60 b: 2).

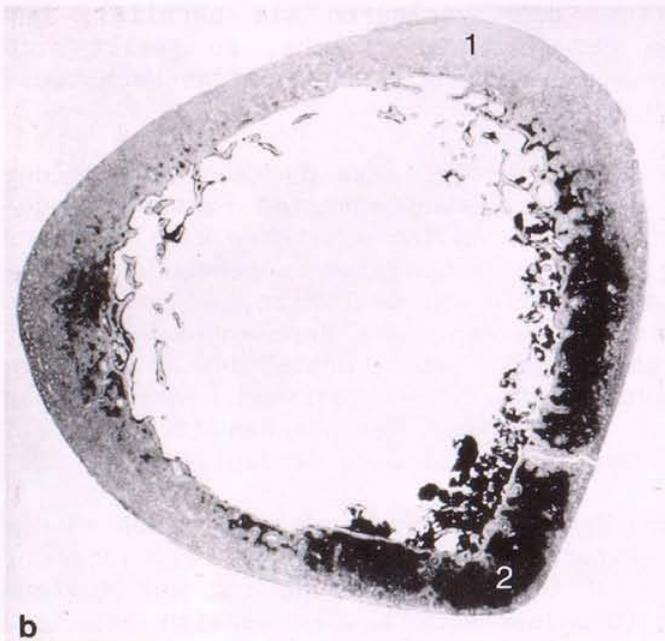
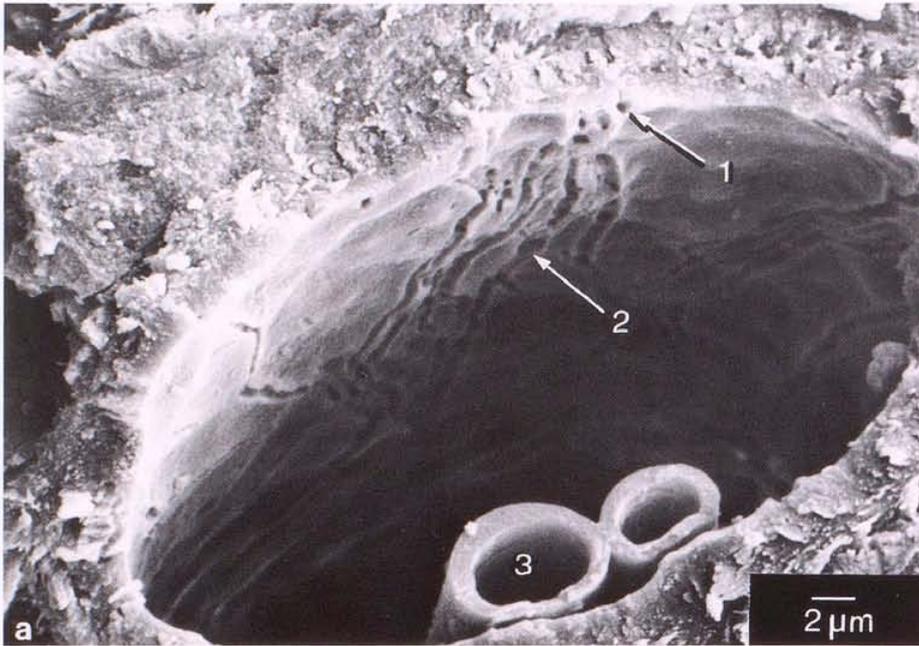


Abb. 60

a) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme. Querbruch durch ein Röhrenknochenfragment aus der präklassischen Siedlung Tetelpan (Mexico). Quer aufgebrochener Haversscher Kanal.

Beschriftung

1 = Quer eröffnete Kanäle, die auf das Wachstum von Streptomyceten zurückgeführt werden können.

2 = Längs eröffnete, strahlenartige Wachstumsspuren von Streptomyceten.

3 = Pilzhypen.

b) Querschliff durch die Tibia eines adulten Individuums aus der altorientalischen Stadt Kumidi (Libanon). Aufgrund von Bronzeschmuck weisen die dorsalen zwei Drittel des Schienbeinumfangs einen sehr guten Erhaltungszustand auf. Lupenvergrößerung. Schliffdicke 50 µm.

Beschriftung

1 = Gut erhaltenes Knochengewebe.

2 = Postmortal stark zerstörtes Knochengewebe.

Anhang

Im Anschluss an die Dekompositionserscheinungen des Knochens soll noch kurz auf die Liegezeit- und Blutgruppenbestimmung prähistorischer Skelettfunde eingegangen werden. Die Bestimmung der Liegezeit menschlicher Skelete im Erdboden ist nicht nur für die Rechtsmedizin, sondern auch für die Anthropologie sowie für die Vor- und Frühgeschichte von besonderem Interesse. Aus diesem Grund haben zahlreiche Methoden zur Bestimmung der Liegezeit von subfossilem, meist rezentem Skeletmaterial in das Schrifttum Eingang gefunden (z.B. BERG und SPECHT 1958, ZIEGELMAYER 1963, BERG 1964, BONTE et al. 1976, HUNGER 1978, BERG 1982). Einige dieser Methoden bedürfen einer kritischen Ueberprüfung, wie unter anderem HERRMANN (1981), HERRMANN und NEWESELY (1982) sowie BERG (1982) gezeigt haben. Ausser diesen Methoden gibt es noch Verfahren, die vor allem bei der Bestimmung der Liegezeit von fossilem Skeletmaterial Verwendung finden (z.B. Methode der Aminosäure-Racemisierung, Radiocarbonmethode). Diese Verfahren können bedingt auch auf subfossile Skelettfunde angewandt werden. Eine nicht zu unterschätzende Fehlerquelle ist allerdings in der postmortalen Einwanderung von Arthropoden, Pilzen, Algen und anderen Mikroorganismen begründet, deren organische Reste in ganz erheblicher Weise das Ergebnis der Datierung verfälschen können (das Material wird meist jünger datiert als es tatsächlich ist). Wie der Abschnitt über die Dekompositionserscheinungen gezeigt hat, kann die Zahl der sekundär in den Knochen eingewanderten Lebewesen beträchtlich sein. Der Bestimmung der Liegezeit von Skeletmaterial sollte deshalb grundsätzlich eine histologische Untersuchung - eventuell auch eine Spurenelementanalyse (BERG 1982) - verschiedener Knochenquerschnitte folgen. Eine Fehldatierung kann auf diese Weise zwar nicht verhindert werden. Sollte aber eine Knochenprobe frei von sekundär eingewanderten Organismen sein, so dürfte das Datierungsergebnis als relativ zuverlässig angesehen werden. Sollte hingegen eine Knochenprobe stark mit Mikroorganismen verunreinigt sein, müssten weitere Proben von verschiedenen Skelettfunden derselben Fundschicht datiert und histologisch untersucht werden. Ein Vergleich histologischer Befunde, die an verschiedenen Knochenproben eines homogenen Fundstratums erhoben wurden, könnte die Datierungsergebnisse relativieren. Somit kann die histologische Untersuchung auch bei der Liegezeitbestimmung prähistorischer Skelettfunde in gewissem Masse eine Hilfe sein.

Die Ergebnisse der Blutgruppenbestimmung prähistorischer Skelete, die immer noch häufig praktiziert wird, ist ebenfalls massgeblich von der sekundären Einwanderung der verschiedensten Mikroorganismen abhängig. Die Ergebnisse erscheinen aufgrund der mikroskopischen Befunde äusserst fragwürdig (vgl. BERG 1982, BERG et al. 1983), so dass eine Bestimmung der Blutgruppen an prähistorischen Skelettfunden nach dem heutigen Stand des Wissens als obsolet angesehen werden muss.

2.4 Pseudopathologie

Es ist häufig nicht leicht, an einem prähistorischen Knochenfund zwischen krankhafter Veränderung und postmortaler Zerstörung zu unterscheiden. Dies gilt besonders bei der Beurteilung von schlecht erhaltenem Skeletmaterial. Schon WELLS (1967) hat vor übereilten Diagnosen bei der makroskopischen Begutachtung von prähistorischen Skelettfunden gewarnt und in diesem Zusammenhang den Begriff "pseudopathology" geprägt. Die Interpretation mikroskopischer Befunde, die an prähistorischem Knochengewebe erhoben werden kann, ist besonders schwierig, da aussagefähiges Weichgewebe meist nicht mehr erhalten ist und kaum brauchbares Vergleichsmaterial vorliegt. Die sich daraus ergebende Problematik soll an drei Fällen verdeutlicht werden (s.a. JERUSALEM 1955).

Wie schon im letzten Kapitel bei der Besprechung der Dekompositionsvorgänge erwähnt wurde, kommt es infolge der postmortalen Zerstörung häufig zur Herausbildung von Strukturen, die leicht als krankhafte Veränderungen interpretiert werden können. In seltenen Fällen entstehen sogar bei der Einbettung der Knochenproben in das Einbettungsmedium oder beim Eindecken der Dünnschliffe Artefakte, die bei oberflächlicher Betrachtung ebenfalls mit den Produkten oder gar Erregern eines krankhaften Prozesses verwechselt werden können.

Relativ häufig treten Fälle auf, bei denen sich der Osteologe fragt, ob die auf der Knochenoberfläche sichtbaren Spuren auf einen krankhaften Prozess zurückzuführen sind oder ob der Knochen lediglich postmortal von den verschiedenen Dekompositionsfaktoren verändert wurde. Die sehr brüchige Calotte eines erwachsenen Mannes, die aus der frühdynastischen Schicht (ca. 2900 bis 2700 v. Chr.) des Tell Ahmed al-Hattu (Irak) geborgen werden konnte, besitzt eine unregelmässig strukturierte, zerfressene Lamina interna (Abb. 61 a). In der Lupenbetrachtung fallen zum einen feinkörnige Strukturen (Abb. 61 b: 1) auf, die an die porösen Knochenauflagerungen auf dem Schädel des bandkeramischen Mannes aus Aiterhofen erinnern (S.37ff.; Abb. 19 und 20). Zum anderen haben sich unregelmässige, leicht gewundene Rinnen und Gruben (Abb. 61 b: 2) in den Schädelknochen eingetieft. Einige dieser Gruben scheinen die Ursache für Perforationen (Abb. 61 b: 3) zu sein. Die

Abb. 61

Calotte eines erwachsenen Mannes aus der frühdynastischen Schicht des Tell Ahmed al-Hattu (Irak). Spuren von Bodenerosion täuschen krankhafte Schädeldachveränderungen vor.

a) Endocranialansicht der Calotte. Uebersicht.

b) Ausschnitt der Lamina interna in der Lupenbetrachtung.

Beschriftung

1 = feinkörnige Auflagerungen.

2 = In den Schädelknochen eingetiefte Rinnen und Gruben.

3 = Perforation

c) Schliff durch das Schädeldach im Randbereich einer der rinnenförmigen Eintiefungen in der Lamina interna. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 100-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 µm.

d) Wie c), aber im polarisierten Durchlicht.

Beschriftung

4 = Postmortale Mikrofraktur.

5 = Oberfläche der Lamina interna.

6 = Feinkörnige Auflagerung postmortalen Ursprungs.

7 = Randfläche der rinnenförmigen Eintiefung.

8 = Postmortal zur Hälfte erodierter Gefässkanal.

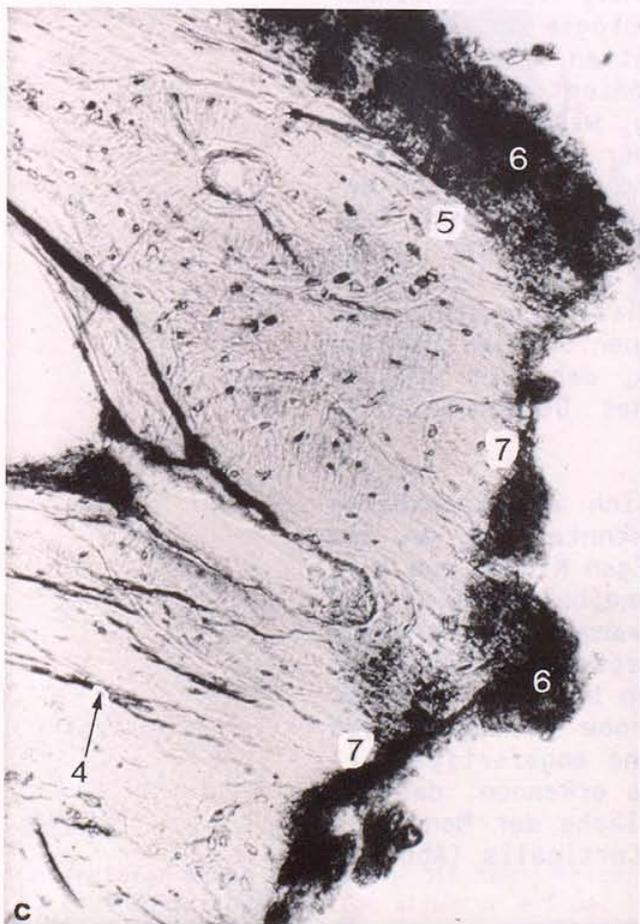
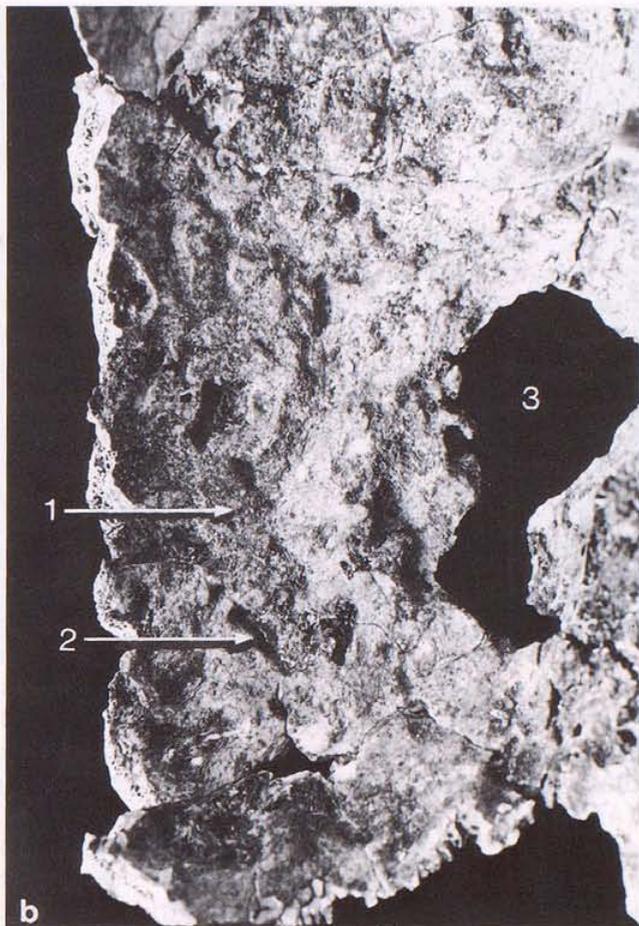
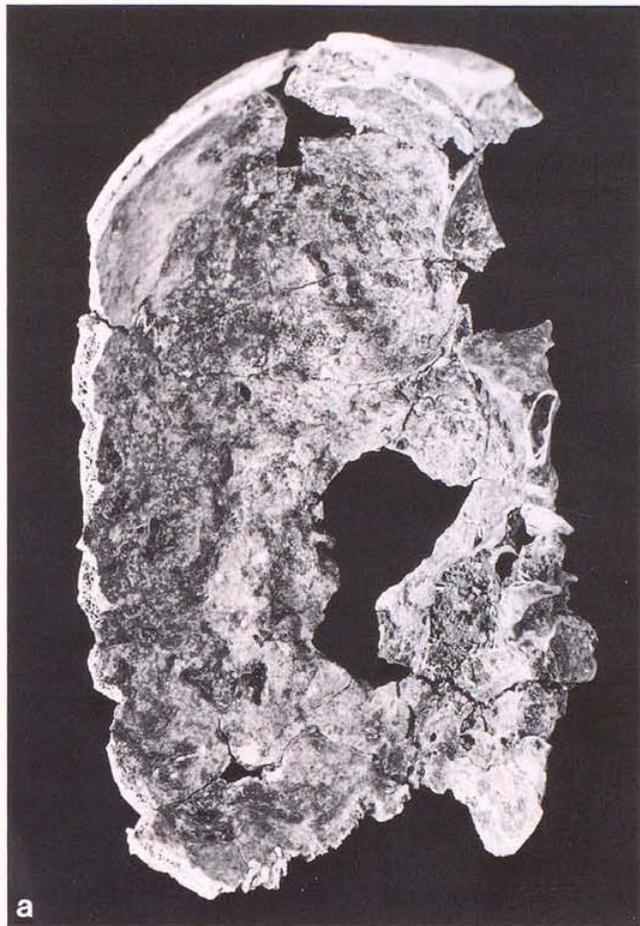


Abb. 61

Ränder dieser Rinnen und Gruben sowie der grösste Teil der Umrandung der Perforationen sind relativ glatt und gut gerundet. Sie weisen fast überall dieselbe Patina wie die Oberfläche der Lamina interna auf. Somit scheint der makroskopische Befund für das Vorliegen einer Osteomyelitis oder Osteitis des Schädeldaches zu sprechen.

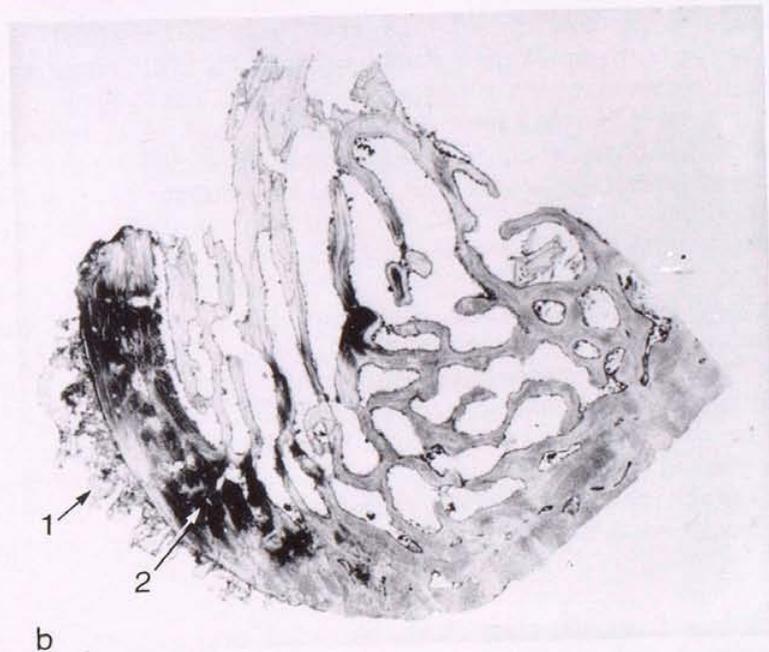
Die Ergebnisse der histologischen Untersuchung deuten aber eine ganz andere Diagnose an. Das sehr schlecht erhaltene Schädeldach ist von zahlreichen Mikrofrakturen (Abb. 61 c: 4) durchzogen, die postmortal während der Zeit der Lagerung des Schädels im Siedlungshügel infolge eines starken Bodendruckes entstanden sind. Die Abbildungen 61 c und d zeigen einen Dünnschliff durch den Rand einer der rinnenförmigen Eintiefungen (Abb. 61 b: 2) in der Lamina interna. Schon im einfachen Durchlicht fällt auf, dass die Oberfläche der Lamina interna (Abb. 61 c: 5) von einer relativ starken, dunklen Schicht (Abb. 61 c: 6) überzogen ist, die makroskopisch der feinkörnigen Auflagerung entspricht. Im polarisierten Durchlicht (Abb. 61 d) stellt sich diese Schicht als ein Gemenge von typischen Bodenpartikeln ("Erde") und kleinen Kristallen dar, die über einen sekundären Mineralisationsprozess während der Bodenlagerung gebildet wurden und sich an dieser Stelle dem Knochen aufgelagert haben. Diese Schicht (Abb. 61 c: 6) überzieht auch die Randfläche der rinnenförmigen Eintiefung (Abb. 61 c: 7). Im polarisierten Licht ist besonders gut zu erkennen, dass die von aussen sichtbare Wandung der rinnenförmigen Eintiefung von dem sekundären Ueberzug gebildet wird, der makroskopisch für die einheitliche Patina verantwortlich ist. Die rillenförmige Eintiefung ist scheinbar willkürlich, ohne Rücksicht auf die Morphologie des Knochengewebes in die Lamina interna eingeschnitten worden. Dabei sind zum Teil Gefässkanäle zur Hälfte erodiert worden (Abb. 61 d: 8). Eine sekundäre Knochenneubildung, wie sie bei einem entzündlichen Prozess - zum Beispiel einer Osteomyelitis - die Regel ist (s.S. ; Abb. 20 a, b und c) kann nicht beobachtet werden. Eine Druckatrophie als Ursache dieser Eintiefungen infolge eines tumorösen Prozesses oder eines Aneurysmas kann differentialdiagnostisch ebenfalls ausgeschlossen werden. Der morphologische Erhaltungszustand der Lamina interna sowie der Wandung der rinnenförmigen Eintiefung sprechen für einen erosiven Prozess, der sich während der Bodenlagerung - wohl im Sinne eines Dekompositionsvorganges - am Schädelknochen abspielte.

Ein anderer Fall, der ebenfalls fälschlich als krankhafte Knochenveränderung interpretiert werden könnte, ist an dem Unterkiefer eines etwa acht- bis zehnjährigen Kindes vom Ikiz Tepe zu beobachten. Das linke Corpus mandibulae weist auf seiner Lingualfläche eine erhabene, schwammartige Struktur auf (Abb. 62 b: 1), die lebhaft an spongiöses Knochengewebe erinnert. An dieser Stelle wurde durch den Unterkieferkörper ein Querschnitt gelegt und eine Knochenprobe entnommen, von der ein Dünnschliff in der Querschnittebene angefertigt wurde. Schon in der Lupenvergrösserung ist zu erkennen, dass es sich bei der Veränderung auf der Lingualfläche der Mandibula nur um eine Auflagerung handelt, da die Corticalis (Abb. 62 b: 2) an dieser Stelle unversehrt ist.

Dies kommt besonders gut in der mittleren Vergrösserung zur Darstellung (Abb. 63). Im polarisierten Durchlicht wird deutlich, dass der grösste Teil der Auflagerung aus einem sekundären Mineralisationsprodukt (Abb. 63: 2) besteht. Besonders



a



b

Abb. 62

Unterkiefer eines etwa acht- bis zehnjährigen Kindes vom Ikiz Tepe (Türkei).
 a) Erhabene, schwammartige Struktur auf der Lingualfläche des linken Corpus mandibulae.
 b) Querschliff durch das Corpus mandibulae in Höhe der Auflagerung. Lupenvergrößerung.
 Schliffdicke 50 μ m.

Beschriftung

- 1 = Schwammartige Auflagerung.
- 2 = Corticalis des Corpus mandibulae.

in der stärkeren Vergrößerung sind aber innerhalb der Kristallauflagerungen noch deutlich Knochenbälkchen (Abb. 63 und 64: 3) zu erkennen, die besonders im polarisierten Durchlicht auffallen. Auf den ersten Blick erwecken diese Strukturen daher den Eindruck, dass es sich bei dieser Auflagerung um eine intravitale sekundäre Knochenneubildung aufgrund einer Periostreaktion handelt. Bei genauerer Betrachtung fallen allerdings drei Punkte auf, die gegen einen intravitalem Prozess sprechen:

1. Die unterschiedlich grossen Knochenbälkchen sind unregelmässig geformt und besitzen eckige Kanten;
2. den Knochenbälkchen fehlt in ihrem periostnahen Abschnitt die übliche Stielbildung bzw. Kontaktfläche zur Corticalis (vgl. Abb. 11, Abb. 13, Abb. 15, Abb. 23, Abb. 26); die Bälkchen sind deutlich von der Corticalis isoliert;
3. die Anordnung des Kollagens im Inneren der Knochenbälkchen lässt parallel ausgebildete Fibrillenbündel (Abb. 64 b und c) sowie zirkuläre Lamellensysteme (Abb. 64 b und c) erkennen.

Diese Merkmale sind bei Knochengewebe, das intravital aufgrund einer akut entzündlichen Knochenhautreaktion entstanden ist, in dieser Form nicht zu finden. Es muss also eine postmortale Veränderung vorliegen. Ein Hinweis auf die Herkunft dieser Knochenbälkchen gibt ihre Form und ihre Kollagenstruktur. Die eckigen Kanten sowie die parallel ausgebildeten Fibrillenbündel und regelrechten zirkulären Lamellensysteme sprechen dafür, dass diese Knochenbälkchen Fragmente einer grösseren Knochenstruktur sind, die - zu Lebzeiten des Individuums - einer gleichmässigen funktionellen Belastung ausgesetzt gewesen waren. Wahrscheinlich handelt es sich um sehr kleine Bruchstücke aus dem Bereich des Obergesichts, der Schädelbasis oder des Schädeldaches, die infolge von Erosion postmortal an die Mandibula verlagert wurden. Dort sind sie auf der lingualen Oberfläche des linken Unterkieferkörpers von der Sinterschicht sekundär verbacken worden und konnten auf diese Weise eine krankhafte Knochenveränderung vortäuschen.

Auch Artefakte, die während der Herstellung eines Dünnschliffpräparates entstanden sind, können von dem Ungeübten leicht als krankheits- bzw. dekompositionsbedingte Veränderungen angesehen werden. Als Beispiel sei an dieser Stelle ein während des Eindeckvorganges entstandenes Artefakt vorgestellt (Abb. 65). Die infolge unsauberer Eindeckung zwischen Knochendünnschliff und Deckglas gelegenen Luftblasen simulieren Algen- oder Pilzwachstum.

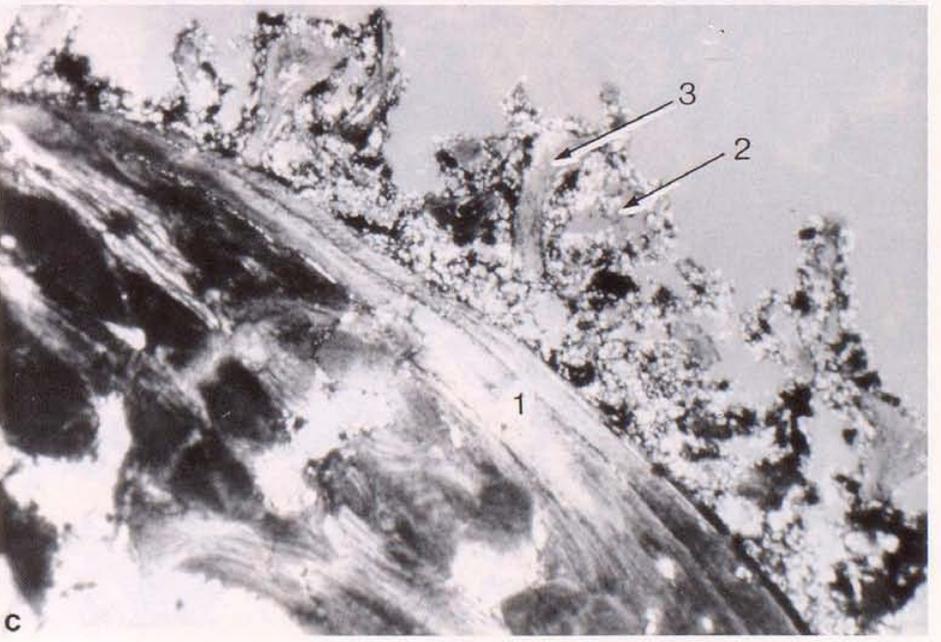
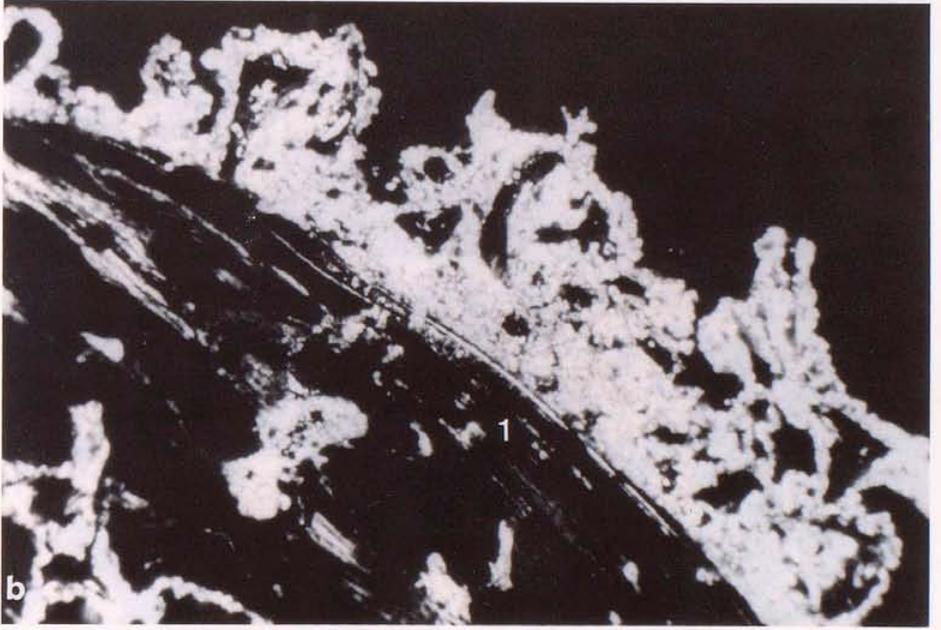
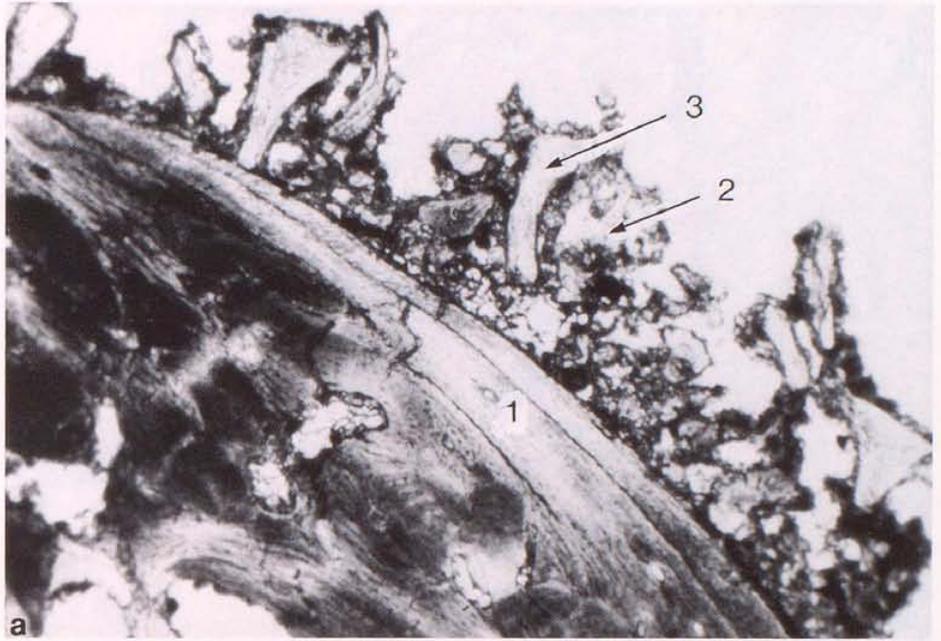
Abb. 63

- a) Querschliff durch das Corpus mandibulae eines etwa acht- bis zehnjährigen Kindes vom Ikiz Tepe (Türkei). Auf der Lingualfläche des Corpus mandibulae sekundäre Auflagerung (s. Abb. 62). Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 25-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μ m.
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht.
- c) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

- 1 = Corticalis des Corpus mandibulae.
- 2 = Sekundäres Mineralisationsprodukt.
- 3 = Knochenbälkchen innerhalb der Auflagerung.

Querschnitt durch die
von links nach rechts
angeordnete, entzündete
Wand des Ductus thoracicus
superioris mit der Bildung
von Granulationen. 100
Vergrößerung 40 µm.



Die Abbildung 63 zeigt die

Abb. 63

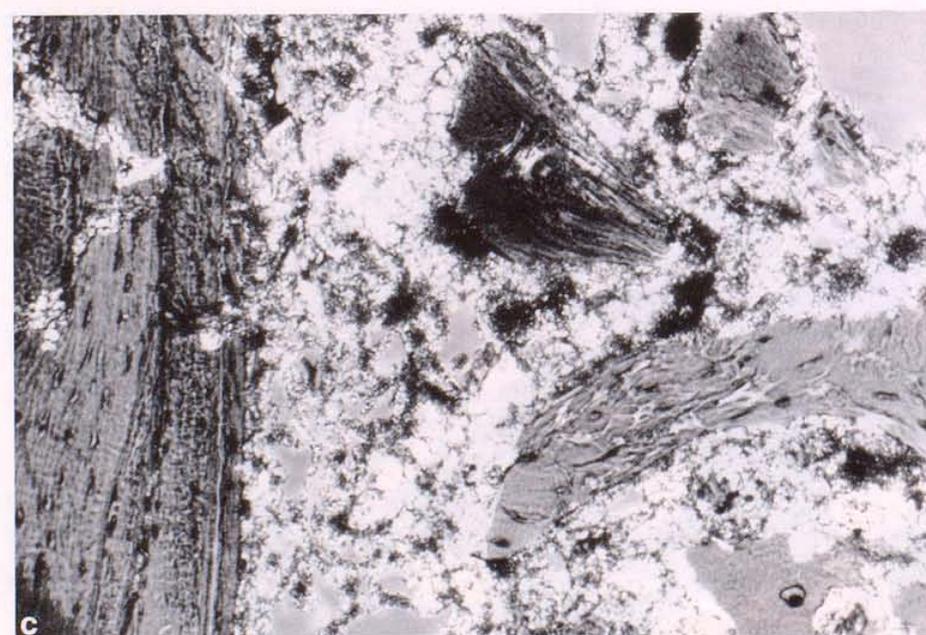
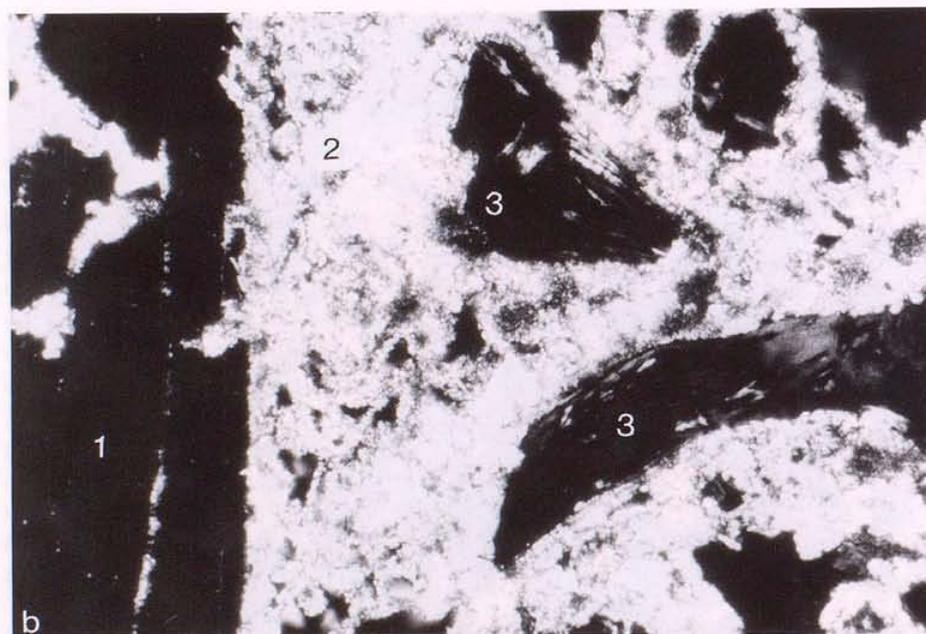
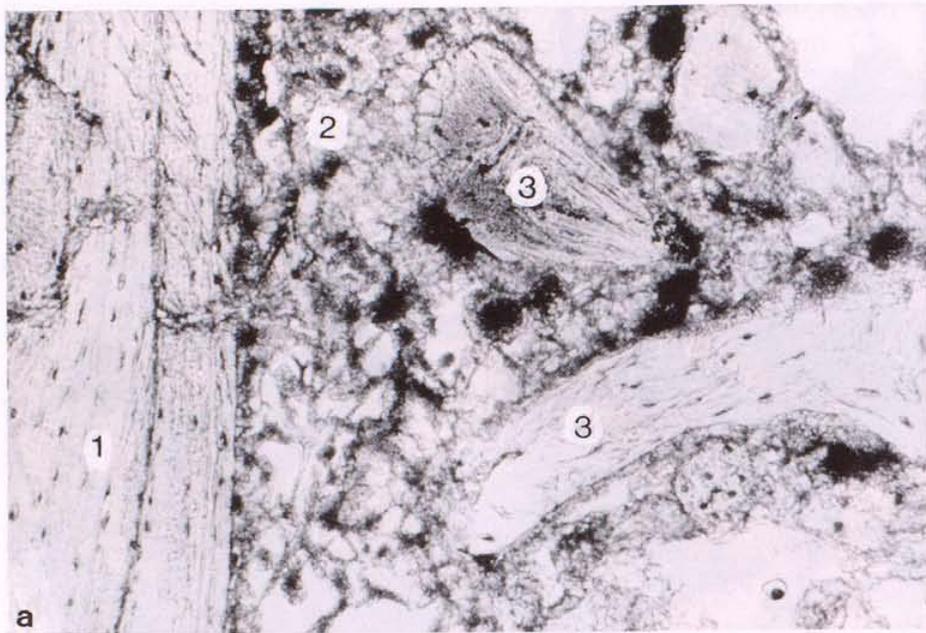


Abb. 64

Abb. 65

Querschliff durch das Os femoris eines Kindes vom Ikiz Tepe (Türkei). Während des Eindeckvorganges entstandenes Artefakt. Luftblasen unter dem Deckglas täuschen Algen- oder Pilzwachstum vor. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 100-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .

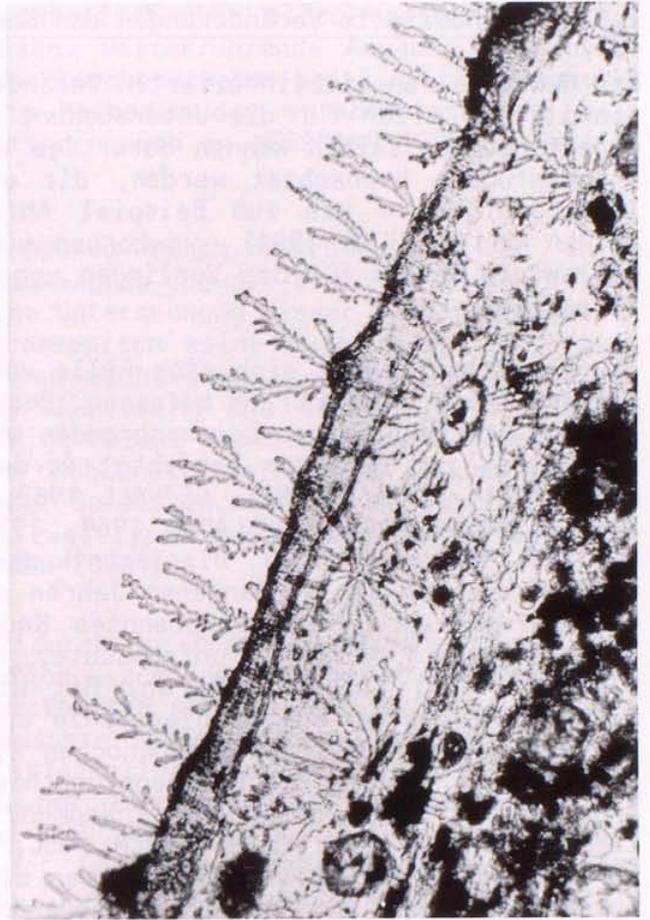


Abb. 64

Wie Abbildung 63 aber in 100-facher Vergrößerung.

2.5 Hitzeinduzierte Veränderungen des Knochens

Der Nachweis von hitzeinduzierten Veränderungen an Skelettfunden ist vor allem für die Untersuchung von Leichenbrand von Bedeutung. Nur selten können derartige Veränderungen auch an Knochenfunden beobachtet werden, die aus bestimmten Siedlungsbereichen – wie zum Beispiel Abfallgruben (TESCHLER-NICOLA und SCHULTZ 1984) – geborgen wurden und in einigen Fällen als Beweis für das Vorliegen von Kannibalismus gewertet werden.

Im Schrifttum findet sich eine Fülle von Arbeiten, die sich mit dem Thema Leichenbrand befassen. Besonders über die Bearbeitung prähistorischen Leichenbrandes und seiner Aussagemöglichkeiten ist mehrfach berichtet worden (z.B. WELLS 1960, GRIMM 1961, SCHAEFER 1961, GEJVALL 1963, MUELLER 1964, MERBS 1967, LISOWSKI 1968, DOKLÁDAL 1969, 1970, HERRMANN 1972 a, ROESING 1977, WAHL 1981). Die Technik der Untersuchungsmethoden hat sich in den vergangenen Jahren erheblich verbessert. Während BUERGER (1914) verbranntes Knochengewebe mikroskopisch noch im Auflicht untersuchte, fertigten GRIMM und STRAUCH (1959) Dünnschliffe an. Mit Hilfe der Elektronenmikroskopie und der Mikroradiographie ergaben sich neue Wege für die Untersuchung von Brandknochen (z.B. HERRMANN 1973). Die Wärmeschrumpfung des Knochens und hier besonders die Veränderung des Kollagens stellen Phänomene dar, die häufig untersucht worden sind (z.B. LERCH 1950, VERZÁR und ZS.-NAGY 1970, HERRMANN 1977 b). Um den Rahmen dieses Beitrages nicht zu sprengen, soll nur auf die Hitzeveränderungen eingegangen

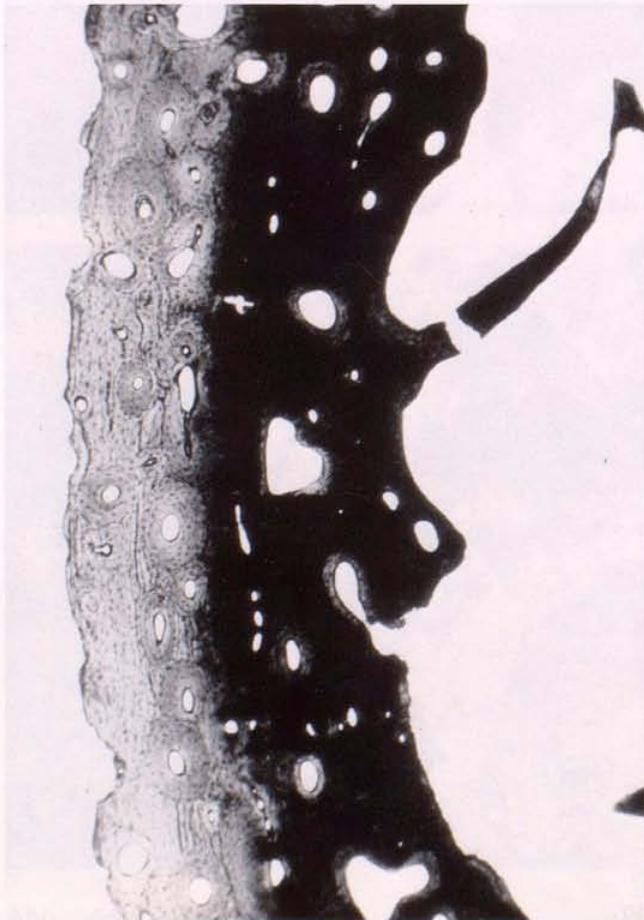


Abb. 66

Querschliff eines Röhrenknochens aus Werghina (Griechenland), der der Bestattung Philipp II. von Makedonien zugerechnet wird. Intensive Kohlenstoffverfärbung in den inneren zwei Dritteln des Knochenquerschnitts. Das periphere Drittel des Knochenquerschnitts zeigt keine Russpartikel, da diese später wieder herausgebrannt worden sind. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 25-fache Vergrößerung. Schlifffdicke 50 μm .

werden, die sich mikroskopisch ohne allzu grosse Schwierigkeiten nachweisen lassen. Weiterführende Angaben zum physikalischen Verhalten des Knochengewebes bei Einwirkung höherer Temperaturen sowie die Methodik der anthropologischen Leichenbrandbearbeitung finden sich in HERRMANN 1972 a, ROESING 1977, WAHL 1981 usw.

Brandknochen weisen häufig schon makroskopisch an ihren Bruchflächen eine dunkelgrau-schwarz-bräunliche Verfärbung auf. Die mikroskopische Untersuchung dieser Brandflächen liefert - auch wenn makroskopisch keine ausgeprägte Verfärbung zu erkennen war - einen wichtigen Hinweis auf die Art des Verbrennungsvorganges. Wie GRIMM und STRAUCH (1959) sowie HERRMANN (1972 b) gezeigt haben, kommt es beim Verbrennungsvorgang meist zu einer Kohlenstoffverfärbung in das zu verbrennende Knochengewebe. So lassen sich bei schematischer Betrachtung prinzipiell zwei Typen von Kohlenstoffverfärbungen differenzieren (HERRMANN 1972 b):

1. Die Verfärbung ist durch Russpartikel gekennzeichnet, deren Hauptkonzentration - zum Beispiel bei einem Röhrenknochen - in der Compactamitte gelegen ist, d.h. äussere und innere Randzone (äussere Tangentiallamelle/Lamina externa und innere Tangentiallamelle/Lamina interna) sind frei von Russpartikeln bzw. nur leicht diffus verschattet. Diese Verfärbung ist nach HERRMANN (1972 b) auf eine unvollständige Verbrennung der im Knochen enthaltenen organischen Strukturen zurückzuführen. Ihre Entstehung kann deshalb als primärer Vorgang angesehen werden. Diese Veränderung tritt bei einer Brenntemperatur oberhalb von 350° bis 600°C auf.
2. Die Verfärbung ist durch Russpartikel gekennzeichnet, deren Hauptkonzentration in den beiden Randzonen zu finden ist. Das heisst, dass beispielsweise beim Röhrenknochen der innere Bereich der Compacta frei von Russpartikeln ist. Dieser Vorgang erklärt sich durch die sekundäre Einwanderung von Kohlenstoff in Form feinsten Russpartikel. Ein sehr schmaler Saum der äusseren Randzone kann russfrei sein. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Russpartikel nach Einlagerung wieder herausgebrannt wurden. Die Verfärbung tritt nur bei geringer Brandeinwirkung auf, d.h. ohne dass in vielen Fällen eine tatsächliche morphologische Strukturveränderung im untersuchten Knochengewebe nachzuweisen ist. Diese Art der Verfärbung, die eine höhere Brenntemperatur vortäuschen kann, ist bei Temperaturen von unter 400°C zu finden.

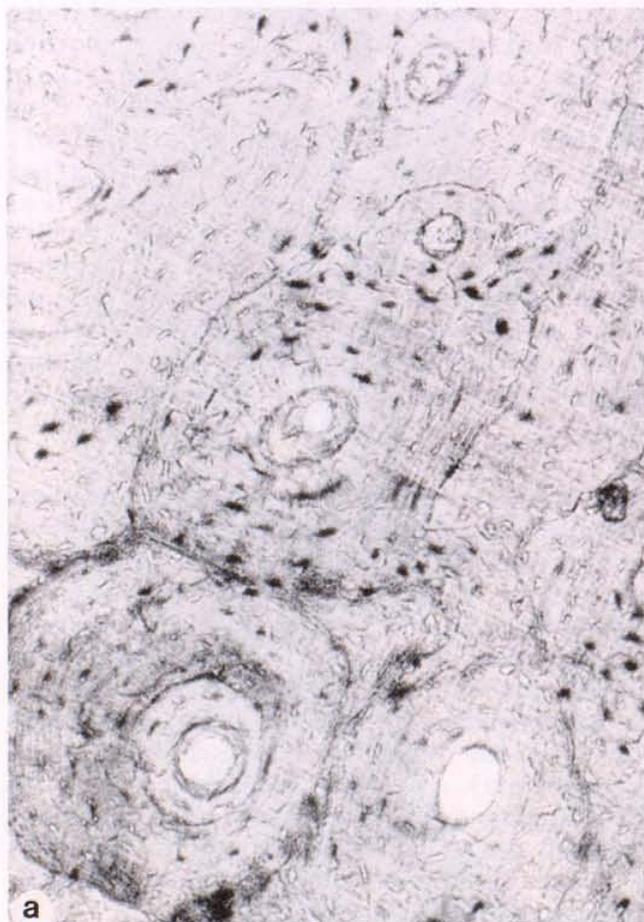
Eine weitere Möglichkeit der sekundären Einwanderung von Kohlenstoff in das Knochengewebe bei einem Brennvorgang mit relativ niedrigen Temperaturen (unter 400°C) zeigt Abbildung 66. Es ist anzunehmen, dass dieser niedrig temperaturige Brennvorgang relativ lange ange dauert hat, da der Kohlenstoff bis in den endostalen Knochenbereich eindringen konnte. Dieser Befund könnte - unter Vorbehalt - ein Hinweis auf einen ungewöhnlich grossen Scheiterhaufen sein. Dies erscheint nicht unwahrscheinlich, da diese Knochenprobe aus dem Brandgrab von Werghina (Griechenland) stammt, das Philipp II. von Makedonien, dem Vater Alexanders des Grossen, zugeschrieben wird. Das periphere Drittel des Knochenquerschnitts ist frei von Russpartikeln, da diese bei später angestiegener Brenntemperatur wieder herausgebrannt worden sind.

Eine nur sehr schwache, homogene Kohlenstoffeinlagerung zeigt Abbildung 67. Im einfachen Durchlicht besitzt der Knochen im Bereich der diffusen Verfärbung eine braun-gelbliche Farbe (Abb. 67 a). Im polarisierten Durchlicht fallen die Areale, die durch Russpartikel geringfügig verschattet sind, noch stärker auf (Abb. 67 b).

Abgesehen von der Kohlenstoffeinlagerung erfährt der Knochen bei der Einwirkung von Hitze auch Strukturveränderungen, die vor allem den Aufbau des Kollagens und des Knochenapatits betreffen. Nach VERZÁR und ZS.-NAGY (1970) soll die Wärmeschrumpfung des Kollagens im Sehngewebe bereits zwischen 60° und 80°C abgeschlossen sein. Im Knochengewebe dürfte die Schrumpfungstemperatur des Kollagens allerdings höher anzusetzen sein. WAHL (1981) berichtet, dass sich mit Weichteilen bedeckter Knochen bis etwa 200°C wie unverbrannter Knochen verhält. Eine erste Schrumpfung um etwa 1% infolge von Wasserverlust stellte WAHL (1981) bei einer Temperatur von etwa 250° bis 300°C fest. Das Phänomen der unvollständigen Verbrennung mit der in Knochenmitte gelegenen Kohlenstoffverfärbung registrierte dieser Autor bei etwa 400°C. Bei einer Temperatur von etwa 550°C bemerkte WAHL (1981) noch häufig eine Schwarzfärbung im Inneren der Compacta, die wohl ebenfalls im Sinne einer primären Kohlenstoffverfärbung bei unvollständiger Verbrennung zu interpretieren ist. HERRMANN (1977 b) beobachtete im Brennversuch an ausmazerierten und

Abb. 67

- a) Querschliff durch die Femurcompacta eines präkolumbischen Indianers aus dem Navaho-Reservoir-District (Neu-Mexico). Sehr schwache, homogene Kohlenstoffeinlagerung. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 100-fache Vergrößerung. Schliffdicke 40 µm.
b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht.



entfetteten Streifen der Femurcompacta bei einer Temperatur von 150° bis 300°C erste Schrumpfungszeichen im Sinne einer Längenverminderung von 1 bis 2 % infolge von Wasserverlust. Für den Temperaturbereich zwischen 300° und 750°C gibt dieser Autor an, dass sich Schrumpfung und Ausdehnung die Waage halten sollen. Ferner untersuchte HERRMANN (1972 b) Knochendünnschliffe im polarisierten Durchlicht. Bei den Knochenproben, die einer Temperatur von bis zu 400°C zugeführt wurden, waren die sogenannten Malteser- bzw. Brewster-Kreuze noch deutlich sichtbar. Die Proben, die einer Temperatur von 500° bis 600°C bzw. von über 600°C ausgesetzt waren, sollen kaum noch bzw. überhaupt keine Malteser-Kreuze mehr gezeigt haben.

Unsere Untersuchungen bestätigen in etwa das zuvor Gesagte. Die geringgradige Schrumpfung, die bei etwa 300°C auftritt, lässt sich meist auch am Dünnschliffpräparat nachweisen (Abb. 67). Aufgrund dieser geringen Schrumpfung liegen die Kollagenzüge der zirkulären Lamellen der Haversschen Systeme etwas dichter beieinander. Die Kollagenfibrillen zeigen im polarisierten Durchlicht keine silberweisse Farbe mehr, sondern eine leuchtend orange-gelbe Farbe (s. Kohlenstoffverfärbung). Bei einer Temperatur von etwa 400° bis 550°C sind Malteser-Kreuze und Kollagenfibrillenbündel noch gut sichtbar (Abb 68 b und c). Der Schrumpfungsprozess kann bei dieser Temperaturstufe recht unterschiedlich sein. Die Schrumpfung kommt in diesem Temperaturbereich häufig dadurch zum Ausdruck, dass die Osteozytenhöhlen scheinbar einen vergrößerten Umfang annehmen und relativ dicht zueinander gelagert sind (Abb. 68 a und c).

Beim Einwirken einer Brenntemperatur von 750° bis 800°C kommt es zu gravierenden Veränderungen: Rekristallisations- und Fusionsvorgänge im Sinne einer Sinterung führen zur charakteristischen Schrumpfung des Knochens (HERRMANN 1976, WAHL 1981). Das Knochengewebe fängt an, infolge der Auflösung der Lamellensysteme seine typische Struktur zu verlieren und wird zu einer neuen, homogenen Matrix umgebildet. Im Rasterelektronenmikroskop sind zwar Gefässkanäle und Knochenzellhöhlen noch gut zu erkennen, Kittlinien und andere organische Bestandteile des Knochengewebes aber nicht mehr zu differenzieren (Abb. 72 a und Abb. 74). Hingegen ist es durchaus möglich, dass bei der polarisationsoptischen Untersuchung noch Reste kollagener Fibrillenbündel zu beobachten sind (Abb. 72 c und Abb. 73 b). Nach HERRMANN (1976) müsste bei der polarisationsoptischen Untersuchung von Dünnschliffen das Knochengewebe schon nach Einwirken einer Brenntemperatur von 800°C ein isotropes Verhalten zeigen. HERRMANN (1972 a) gibt ferner an, dass wohlgeordnete Feinstrukturen des Knochengewebes nur bei einer Temperatur von bis zu 600°C erhalten bleiben. Wir konnten abweichende morphologische Befunde in verschiedenen Gewebsarealen desselben Knochens nachweisen, die wohl auf einer unterschiedlichen Sauerstoffzufuhr beim Verbrennungsvorgang in den betreffenden Gewebsarealen beruhen. Für diese Art der Untersuchung sind Serienschliffe sehr geeignet.

Die eigentliche Hitzeschrumpfung des Knochengewebes setzt bei einer Temperatur von mehr als 750° bis 800°C ein und ist abhängig von der erreichten Expositionstemperatur und der Sauerstoffzufuhr (HERRMANN 1976, 1977 b; WAHL 1981). Unter oxydierenden Verbrennungsbedingungen kann es bei einer Temperatur von 800° bis 1000°C zu einer Schrumpfung von fast 15 % kommen (HERRMANN 1976, 1977 b). Die Hauptursache der Schrumpfung ist der Sinterungsprozess. Zwischen Mineralgehalt des

- a) Querschliff durch ein Femurfragment aus Werghina (Griechenland), das der Bestattung Philipp II. von Makedonien zugerechnet wird. Deutlich sichtbarer Schrumpfungsprozess im Bereich der Haversschen Systeme. Die Osteozytenhöhlen scheinen vergrößert und liegen dichter beieinander. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 160-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht.
- c) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Knochens und Schrumpfungsbetrag soll eine Wechselbeziehung bestehen (HERRMANN 1976): je geringer der Mineralgehalt, desto grösser die Schrumpfung. Das bedeutet, dass das Knochengewebe seniler Individuen, die an einer Altersosteoporose litten, relativ stärker schrumpft als beispielsweise bei frühadulten Individuen. HERRMANN (1975, 1977 b) gibt diesbezüglich auch ein unterschiedliches Schrumpfungsverhalten beim Knochengewebe männlicher und weiblicher Individuen an.

Zwischen 1000° und 1100°C soll es zur Verlangsamung des Schrumpfungsprozesses kommen, während oberhalb von 1100°C der Schrumpfungsvorgang wieder zunimmt (HERRMANN 1977 b), bis ab etwa 1600°C die Knochenschmelze beginnt (HERRMANN 1977 b, WAHL 1981). Unter der Einwirkung von Flussmitteln soll der Schmelzpunkt allerdings erheblich niedriger sein (HERRMANN, mündliche Mitteilung).

Ein Beispiel für einen typischen Brandknochen zeigt Abbildung 69. Das Röhrenknochenfragment einer eisenzeitlichen Bestattung aus Werghina (Griechenland), das dem Grab Philipp II. von Makedonien zugeordnet wird, weist die typischen, parabolisch verlaufenden Hitzerrisse auf, die für eine Brenntemperatur zwischen 800° und 1000°C sprechen. Einer dieser in Abbildung 69 sichtbaren Risse lässt bei der histologischen Untersuchung eines Dünnschliffpräparates die hochgradige Zerreissung des Knochengewebes erkennen (Abb. 70 a). Auch feinere Hitzerrisse, die sich nur im Niveau der Corticalis oder der äusseren Tangentiallamelle nachweisen lassen - also nicht wie im Fall zuvor (Abb. 70 a) auch die Compacta betreffen - sind mit dem Rasterelektronenmikroskop sicher zu differenzieren (Abb. 70 b). Die Brenntemperatur ist bei etwa 750° bis 800°C anzusetzen. Diese sehr feinen Hitzerrisse könnten auf den ersten Blick leicht mit postmortalen Trocknungsrissen (Abb. 70 c) verwechselt werden (s.a. TESCHLER-NICOLA und SCHULTZ 1984). Bei Temperaturen von über 850°C kann es bei platten Knochen, deren Corticalis einen lamellären Bau aufweist, durch Abhebung der äusseren, parallel angeordneten Lamellen zu Hitzeveränderungen kommen, die sich am besten als kleine blasenähnliche Gebilde charakterisieren lassen (Abb. 70 d).

Bei weiter ansteigender Hitze (ca. 800° bis 1000°C) zerreisst das Knochengewebe auch in seiner Compacta in Form langer Risse, die dadurch zustande kommen, dass sich mehrere quer aufgeplatzte Osteone (Abb. 71: 1) zu spalten- bzw. rissartigen Gebilden (Abb. 71: 2) verbinden. Möglicherweise ist an der Entstehung derartiger Rissbildungen auch ein sehr plötzlicher

Femurfragment aus Werghina (Griechenland). Das Knochenbruchstück weist die für einen Brandknochen typischen, parabolisch verlaufenden Hitzerrisse auf, die für eine höhere Brenntemperatur sprechen.

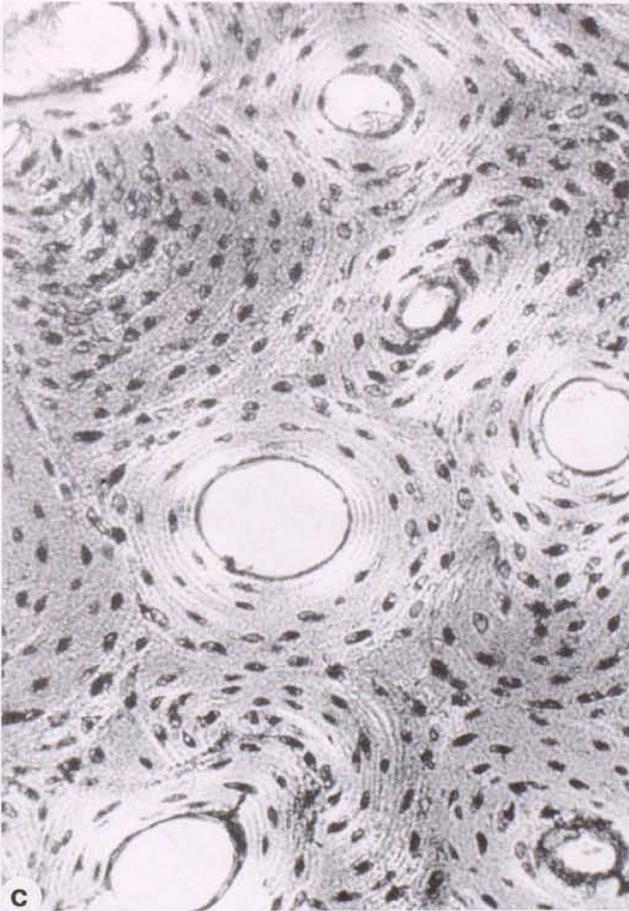
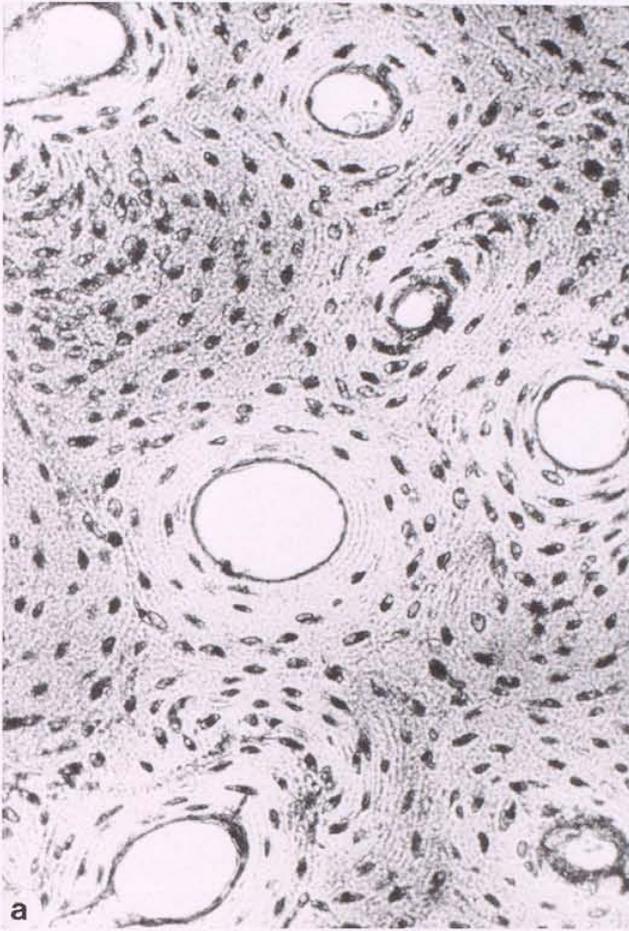


Abb. 68

Abb. 69

Abb. 70

- a) Querschliff eines Femurfragments aus Werghina (Griechenland). Darstellung zweier Schrumpfungsrisse in dem auf Abbildung 69 dargestellten Femurbruchstück. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 25-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .
- b) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme. Äussere Ansicht eines Röhrenknochenfragments aus Werghina (Griechenland). Die äussere Tangentiallamelle weist deutliche Schrumpfungsrisse auf, die auf höhere Temperaturen (ca. 750° bis 800°C) zurückzuführen sind.
- c) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme. Postmortale Trocknungsrisse, die entstehen können, wenn ein schlecht erhaltener, spröder Knochen nach längerem Wässern sehr schnell getrocknet wird.
- d) Querschliff eines Röhrenknochens aus Werghina (Griechenland). Infolge von starker Hitze einwirkung kommt es zur teilweisen Abhebung der äusseren Tangentiallamelle, so dass kleine blasenähnliche Gebilde entstehen können.

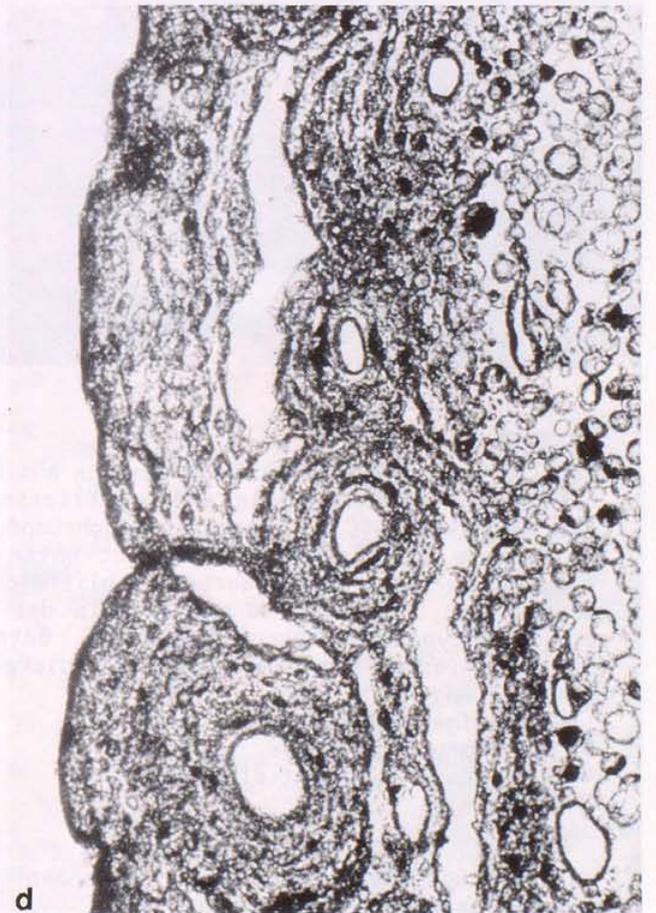
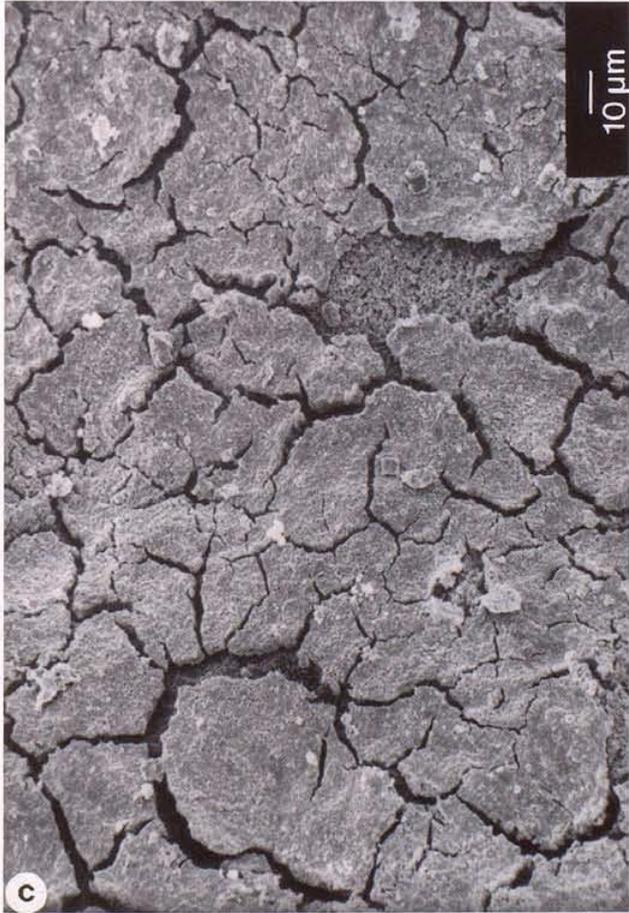
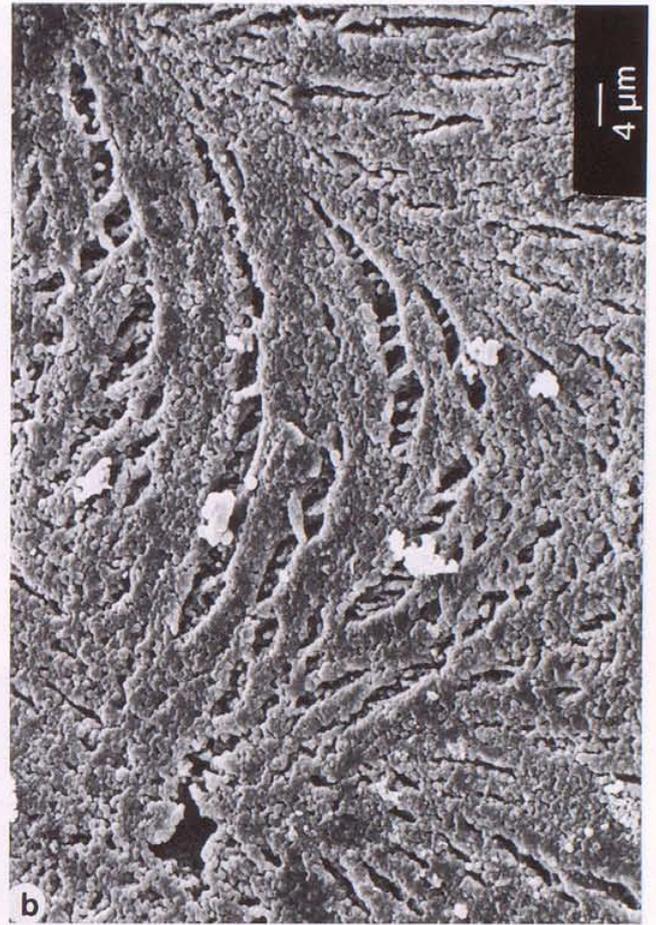
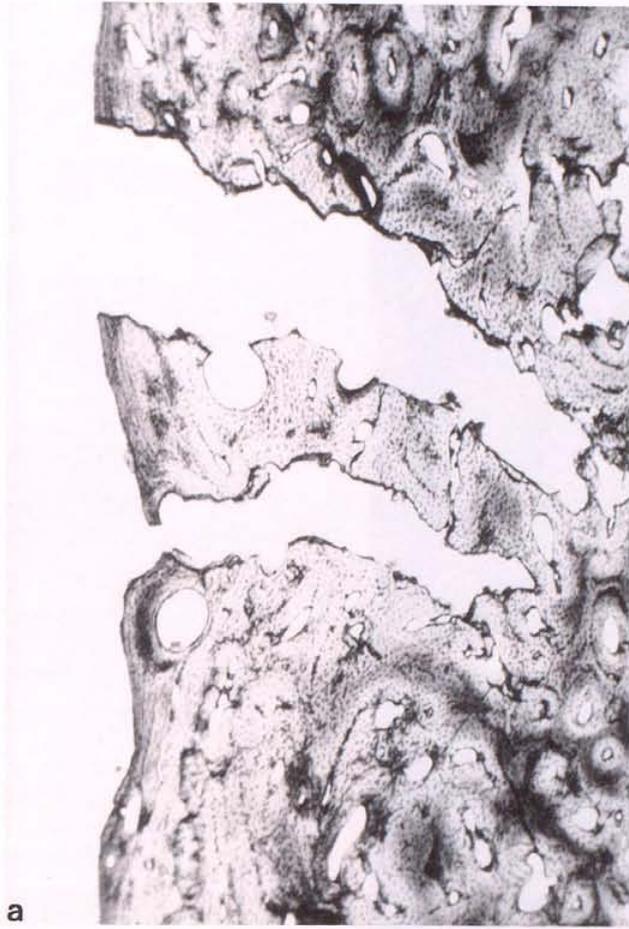


Abb. 70

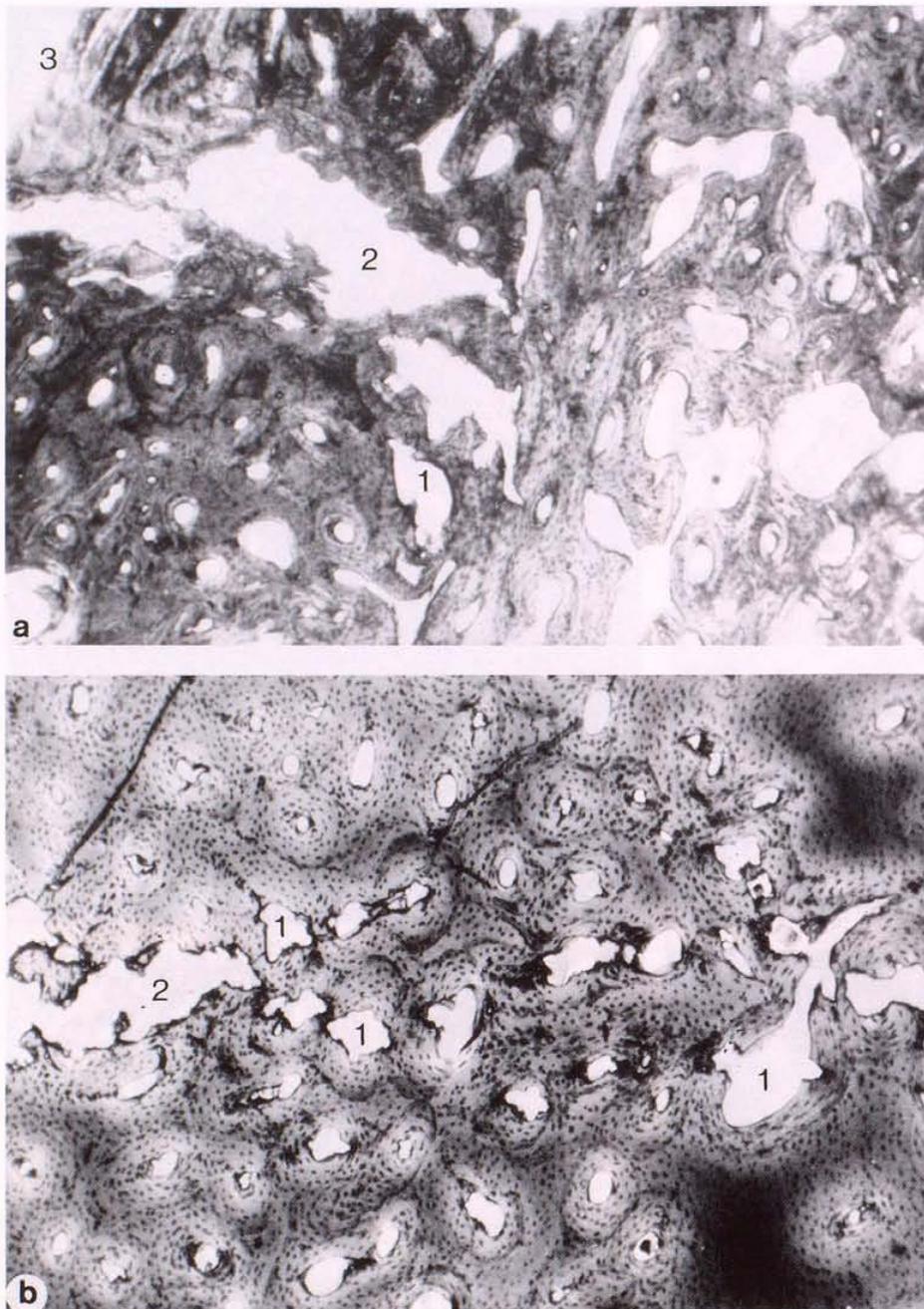


Abb. 71

Querschliffe eines Röhrenknochenfragments aus Werghina (Griechenland).

- a) Aeussere Tangentiallamelle und anschliessende Compacta. Aufgrund starker Hitzeeinwirkung (ca. 800° bis 1000°C) ausgeprägte Schrumpfung des Knochengewebes. Betrachtung mit dem Mikroskop im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz). 25-fache Vergrösserung. Schliffdicke 50 µm.
- b) Bereich der Compacta. Aus mehreren in der Transversalebene aufgeplatzten Osteonen formen sich die typischen Schrumpfrisse. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 40-fache Vergrösserung. Schliffdicke 50 µm.

Beschriftung

- 1 = Aufgeplatzte Osteone.
 2 = Schrumpfrisse.
 3 = Aeussere Tangentiallamelle.

Abb. 72

Infolge des Schrumpfungsprozesses ineinander gefaltete Haverssche Systeme in Brandknochenfragmenten aus Werghina (Griechenland).

- a) Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme.
- b) Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 250-fache Vergrösserung. Schliffdicke 50 µm. Schrumpfungsbedingtes Zusammenrücken der Osteozytenhöhlen.
- c) Wie b), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

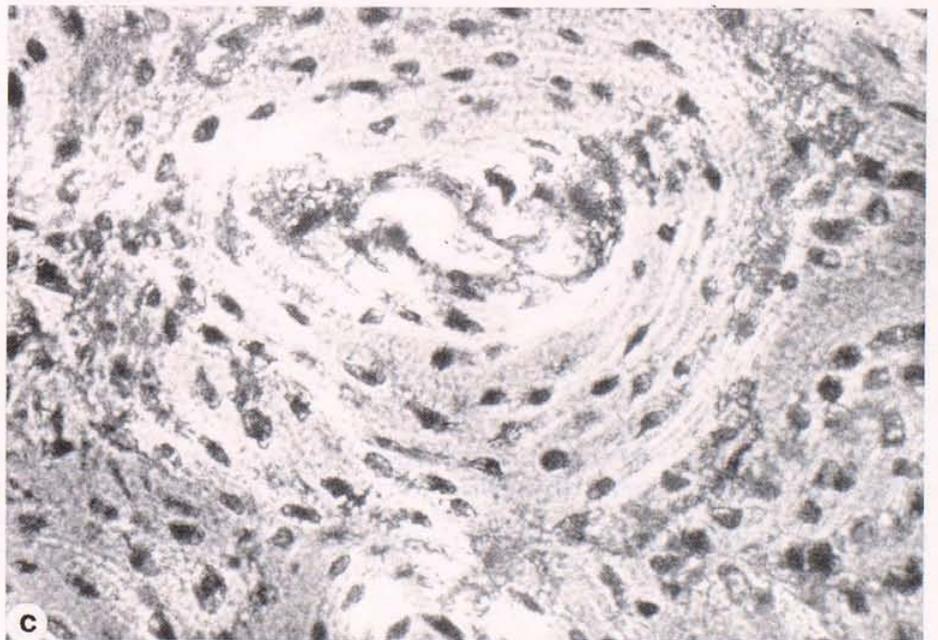
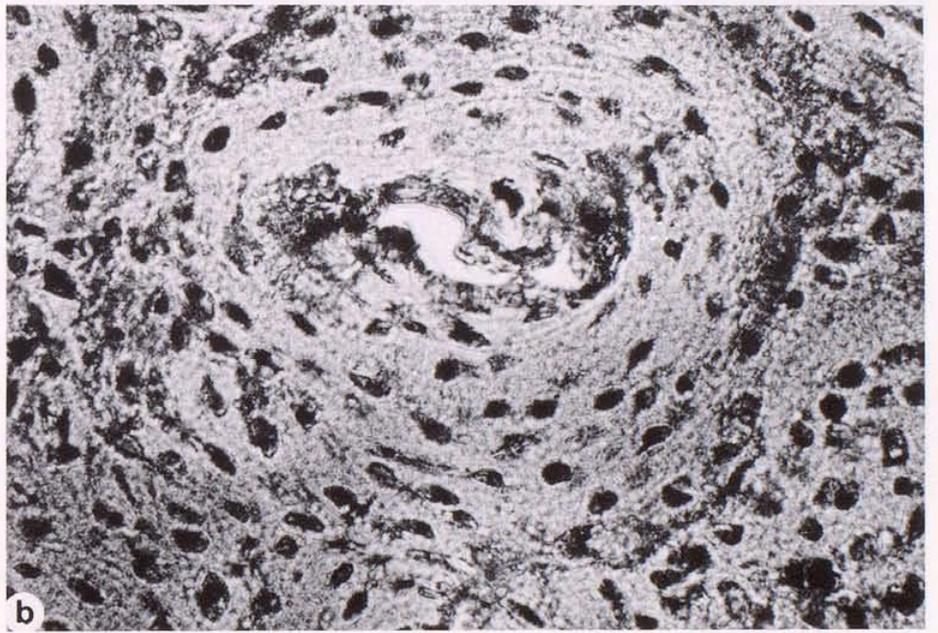
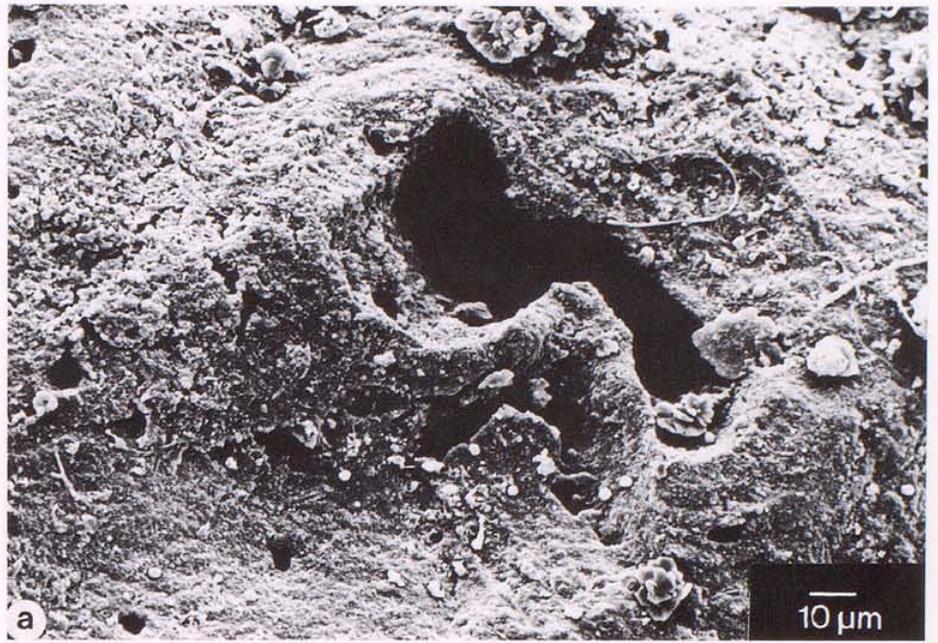


Abb. 72

Abkühlungsprozess verantwortlich wie er beispielsweise als "Abschreckvorgang" beim Löschen eines Scheiterhaufens auftreten könnte (s.a. WAHL 1981). Aufgrund des Schrumpfungsprozesses rücken die Osteozytenhöhlen dichter aneinander. Einige Osteone werden infolge des Druckes, der bei der Schrumpfung entsteht, zusammengedrückt oder besser gesagt ineinandergefaltet (Abb. 72).

Ein Phänomen lässt sich zur Zeit noch nicht mit Sicherheit einer bestimmten Temperatur zuordnen, scheint aber nur oberhalb einer Brenntemperatur von 800°C aufzutreten. Es handelt sich hierbei um sehr feine, bläschenartige Hohlräume (Abb. 73: 2), die den Knochen in dem betreffenden Bereich durchsetzen. Diese Hohlräume dürfen nicht mit den Osteozytenhöhlen (Abb. 73: 1) verwechselt werden. Bei der Betrachtung einer Knochenprobe mit dem Rasterelektronenmikroskop (Abb. 74) ist zu erkennen, dass der Sinterungsvorgang bereits erfolgte. Auch hier sind Hohlräume zu erkennen, deren bläschenartiger Charakter deutlich zur Darstellung kommt (Abb. 74 a: 1). Sie können nicht auf krankhafte Veränderungen sowie postmortale Zerstörungen im Sinne der Dekomposition (z.B. Algen- und Streptomyccetenwachstum) zurückgeführt werden. Abbildung 75 zeigt, dass Brandknochen natürlich auch von verschiedenen Dekompositionsfaktoren angegriffen und zerstört werden können.

Die Ergebnisse einer mikroskopischen Untersuchung von Brandknochen haben angedeutet, dass die Vorgänge, die bei Hitzeeinwirkung im Knochengewebe ablaufen, sehr viel komplexer sind als in der Literatur häufig angegeben wird. Dies wird besonders deutlich bei der Untersuchung von Serienschliffen, die von einem grösseren Brandknochenfragment angefertigt wurden. Das Ergebnis zeigt, dass in einem grösseren Brandknochenbruchstück sehr wohl verschiedene morphologische Zustandsbilder auftreten können, die nach der üblichen Einteilung in die verschiedenen Temperaturstufen unterschiedlichen Hitzegraden zugeordnet werden müssen, obwohl der Knochen makroskopisch ein einheitliches Erscheinungsbild aufweist. Die Beurteilung der Brenntemperatur an prähistorischen Leichenbränden sollte deshalb nicht nur makroskopisch erfolgen.

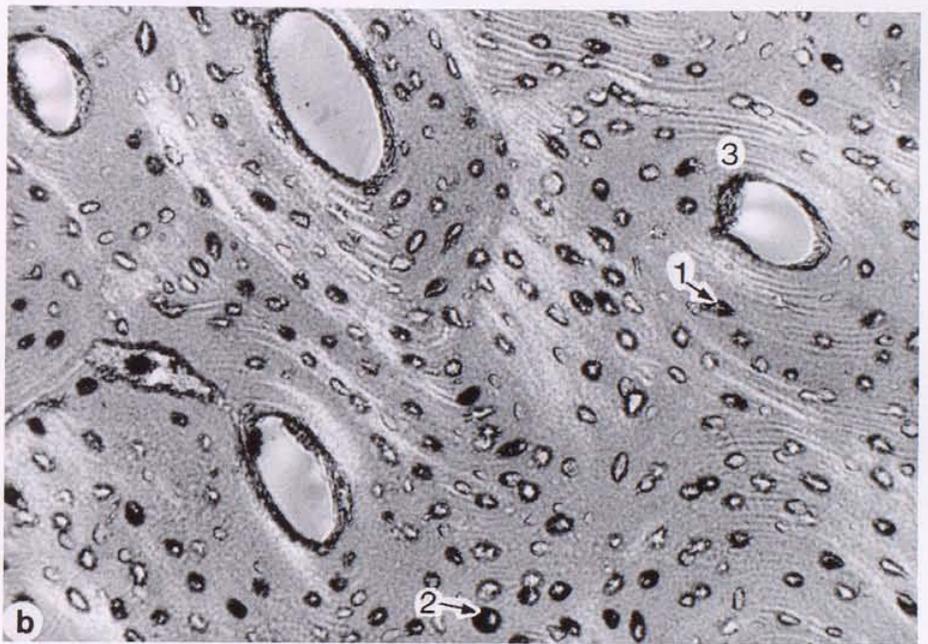
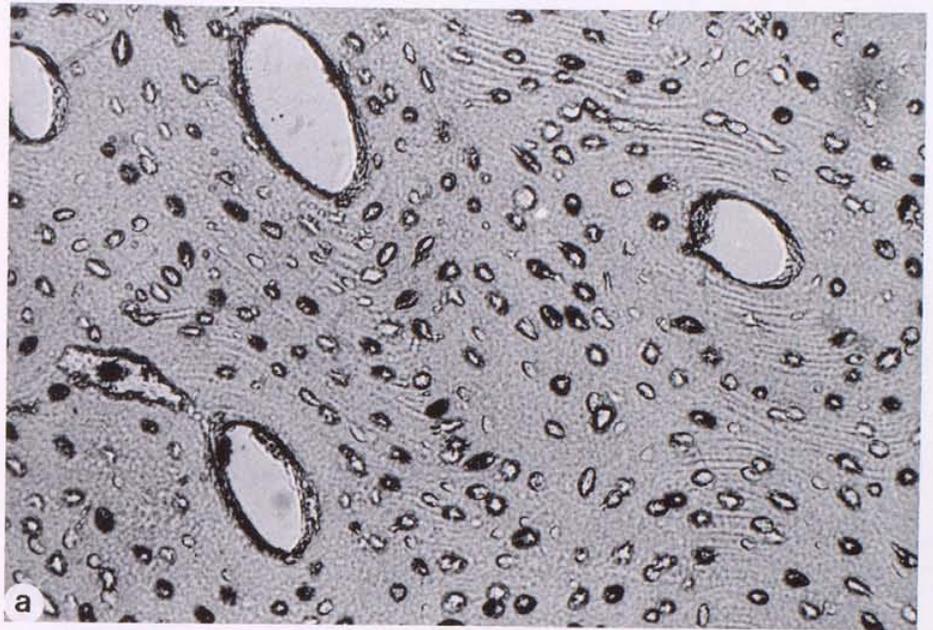


Abb. 73

- a) Querschliff eines Röhrenknochens aus Werghina (Griechenland). Das Knochengewebe wird von sehr feinen, bläschenartigen Hohlräumen durchsetzt. Betrachtung mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht. 160-fache Vergrößerung. Schliffdicke 50 μm .
- b) Wie a), aber im polarisierten Durchlicht unter Verwendung eines Hilfsobjekts Rot 1. Ordnung (Quarz).

Beschriftung

- 1 = Osteozytenhöhle.
- 2 = Bläschenartiger Hohlraum.
- 3 = Kollagenfibrillen.

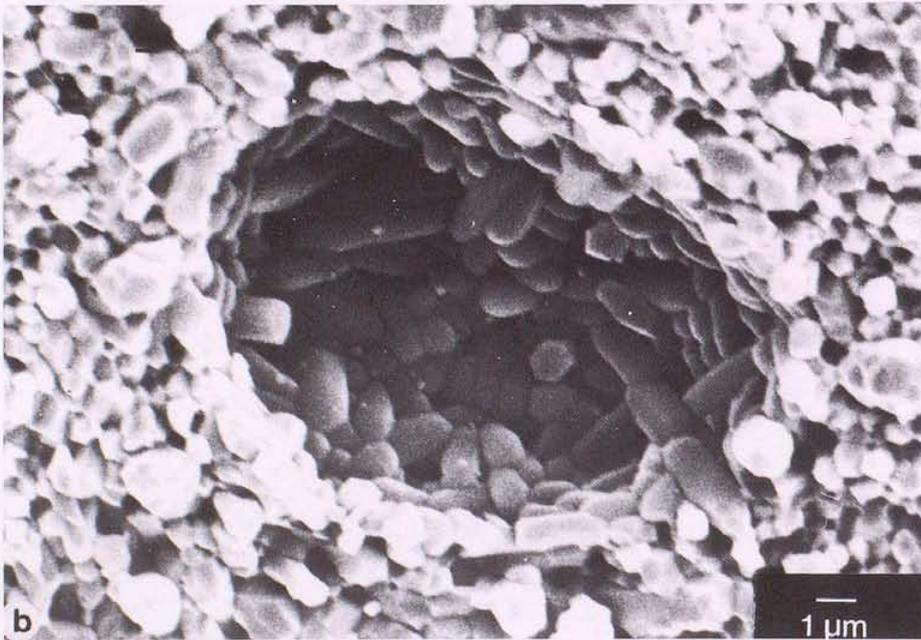
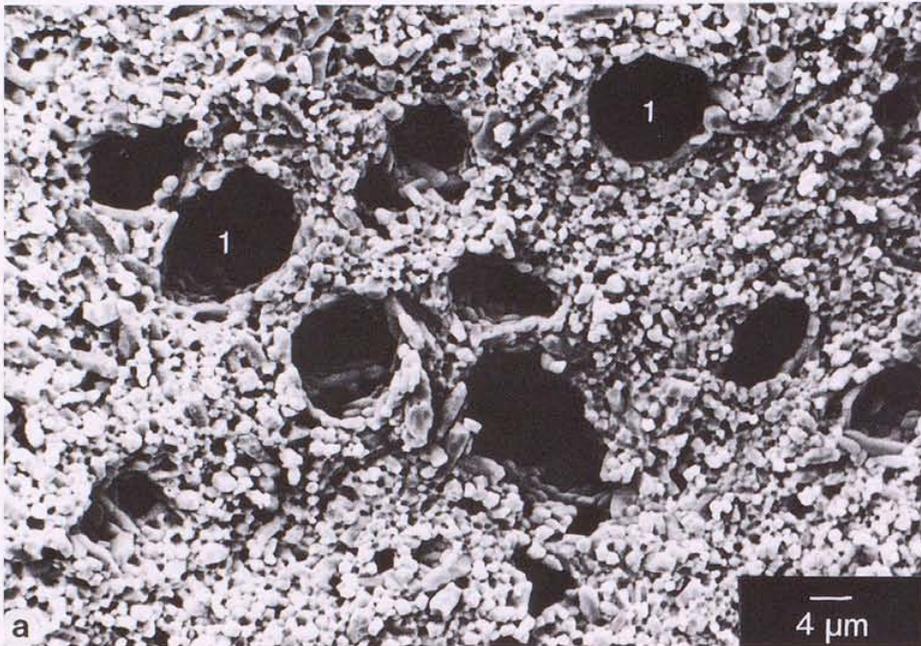


Abb. 74

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen feiner bläschenartiger Hohlräume. Das Knochengewebe hat aufgrund des Sinterungsvorganges sein typisches Aussehen verloren.

a) Uebersicht.

b) Einzelner bläschenartiger Hohlraum in der Vergrößerung.

Beschriftung

1 = Bläschenartiger Hohlraum.

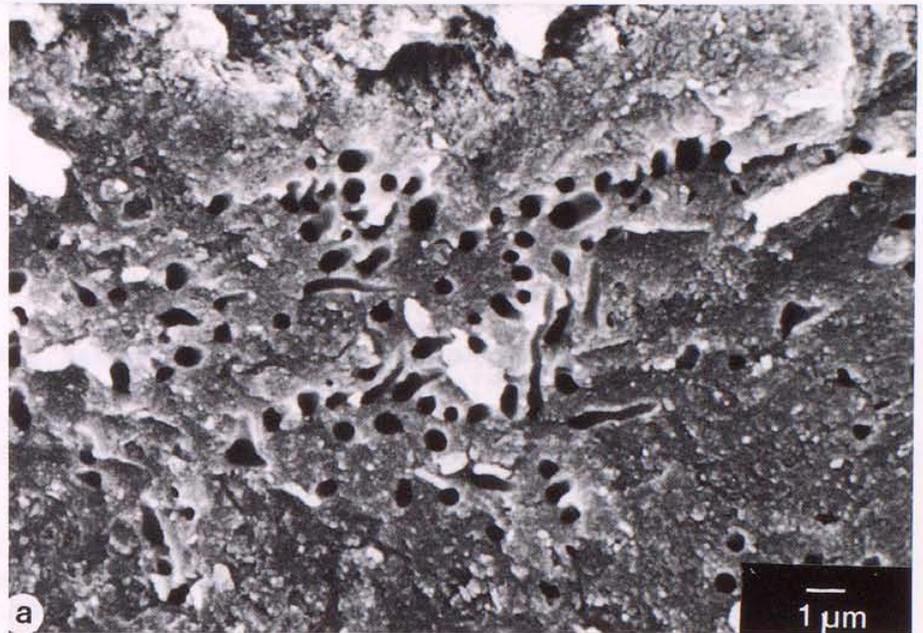


Abb. 75

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von Röhrenknochenfragmenten aus Werghina (Griechenland).

- a) In der Bruchfläche quer eröffnete Kanälchen, die auf Streptomycetenwachstum zurückgeführt werden können (vgl. Abb.59 b).
- b) Auf der gesinterten Knochenoberfläche sekundär angewachsene Streptomyceten.

3 Zusammenfassung

Methoden und Aussagemöglichkeiten der mikroskopischen Untersuchung prähistorischer Skelettfunde werden umrissen.

Der erste Abschnitt behandelt krankhafte Knochenveränderungen. Von den entzündlichen Knochenerkrankungen werden die unspezifische Osteomyelitis und Osteitis, sowie Periostitis und Periostose besprochen. Dabei wird differentialdiagnostisch auf die "Ostéoarthropathie hypertrophiante pneumique" (Pierre Marie-Bamberger) sowie auf verknöcherte subperiostale Hämato-me eingegangen. Als Beispiele für Knochengeschwülste werden ein Osteom des Schädeldaches, ein Chondrosarkom des distalen Os femoris, ein Osteoidosteom, die Spuren eines metastasierenden Karzinoms - höchstwahrscheinlich der Prostata - und ein nicht sicher eingrenzbarer, wahrscheinlich tumoröser Prozess beschrieben. Auf die spongiöse Hyperostose des Schädeldachs wird hingewiesen. Im zweiten Abschnitt werden ausgesuchte Beispiele zu den alters- und funktionsbedingten Veränderungen des Knochengewebes angeführt. Der dritte Abschnitt befasst sich mit dem breiten Spektrum der Dekompositionserrscheinungen des Knochens und weist auf die Gefahr der Fehlinterpretation derartiger Befunde hin. Dies leitet über zum nächsten Abschnitt, in dem die Veränderungen behandelt werden, die im angelsächsischen Schrifttum als "Pseudopathology" bekannt ist. An drei ausgesuchten Beispielen wird auf die Problematik der Diagnosefindung in der Paläopathologie hingewiesen. Der letzte Abschnitt befasst sich mit Veränderungen, die auf Hitzeeinwirkung zurückzuführen sind.

Die Ergebnisse zeigen, dass gesicherte Befunde über die pathologische Anatomie, über lebensaltersabhängige und funktionsbedingte Veränderungen, sowie über die Dekomposition an vor- oder frühgeschichtlichen Skeleten nur zu gewinnen sind, wenn verschiedene mikroskopische Techniken routinemässig angewendet werden.

Microscopical Investigations of Prehistoric Skeletons

Methods Employed and Value of Differential Diagnosis in Palaeopathology

The methods involved in microscopical investigations of prehistoric skeletons and the diagnoses made possible through these investigations are outlined.

The first section deals with pathological changes in bones. From the range of inflammatory bone diseases the non-specific osteomyelitis and osteitis as well as periostitis and periostosis are discussed. Also pulmonary hypertrophic osteoarthropathy (Pierre Marie-Bamberger) and ossified subperiosteal haematoma are examined. As examples for bone tumors an osteoma of the vault of the cranium, a chondrosarcoma of the distal os femoris, an osteoid osteoma, the vestige of a metastasised carcinoma - probably of the prostata -, and also a process not clearly demarcated and probably tumorous are described. Attention is also called to the spongy hyperostosis of the skull vault. In the second section selected examples of bone alterations caused by age and function are cited. The third section deals with the broad spectrum of postmortal bone decomposition and warns of the possibility of a false diagnosis. This leads to the next section in which those changes are dealt with, which are known as pseudo-pathology. By means of three selected examples the difficulty in obtaining a reliable diagnosis is shown. The last section deals with alterations caused by high temperatures.

The results show that reliable findings on changes due to disease, to age and function as well as on postmortal decomposition of prehistoric and ancient skeletons are only to be achieved by routinely making use of a combination of microscopical techniques.

- ADLER, C.-P. (1983): Knochenkrankheiten. - Stuttgart/New York.
- AHLQUIST, J. und DAMSTEN, O. (1969): A modification of Kerley's method for the microscopic determination of age in human bone. - *J.forens.Sci.* 14: 205-212.
- ANGEL, J.L. (1966): Porotic hyperostosis, anemias, malaras and marshes in the prehistoric Eastern Mediterranean. - *Science* 153: 760-763.
- ANGEL, J.L. (1967): Porotic hyperostosis or osteoporosis symmetrica. - In: *Diseases in antiquity* (Hrsg.: BROTHWELL and SANDISON): 378-389. - Springfield.
- ARNAUD, G., ARNAUD, S., BAUD, C.A. und LAGIER, R. (1981): Etude comparative d'os humains inhumés et immergés en milieu marin ou lacustre. Approche histologique, chimique et cristallographique. - In: *Paleopathology Association, 3rd European Meeting, Caen 1980*: 91-95. - Condé-sur-Noireau.
- ASCENZI, A. (1976): Physiological relationship and pathological interferences between bone tissue and marrow. - In: *The biochemistry and physiology of bone* (Hsg. BOURNE) 4: 403-444. - New York/San Francisco/London.
- BACON, R.L. und NILES, N.R. (1983): *Medical histology. A text-atlas with introductory pathology.* - New York/Heidelberg/Berlin.
- BASSET, E.J., KEITH, M.S., ARMELAGOS, G.J., MARTIN, D.L.(1980): Tetracyclin-labeled human bone from ancient Sudanese Nubia (A.D. 350). - *Science* 209: 1532-1534.
- BAUD, C.A. (1972): Une plaque pleurale calcifiée: Etude ultrastructurale et cristallographique. - *Genava* 20: 196-199.
- BAUD, C.A. und MORGENTHALER, P.W. (1956): Recherches sur le degré de minéralisation de l'os humain fossile par la méthode micro-radiographique. - *Arch. Suisses Anthropol. Gen.* 21: 79-86.
- BERG, S. (1964): Die Altersbestimmung von Skelettfunden als forensische und archäologische Aufgabe. - *Münch. Med.Wschr.* 21 989-995.
- BERG, S. (1975): Leichenzersetzung und Leichenzerstörung. - In: *Gerichtliche Medizin* (Hrsg.: MUELLER): 62-106. - Berlin/Heidelberg/New York.
- BERG, S. (1982): Schätzung der Liegezeit von Skelettmaterial durch histomorphologische Quantifizierung des Kollagenbestandes. - *Arch. Kriminol.* 170: 89-98
- BERG, S. und SPECHT, W. (1958): Untersuchungen zur Bestimmung der Liegezeit von Skeletteilen. - *Dtsch.Z.Gerichtl. Med.* 47: 209-241.

- BERG, S., ROLLE, R. und SEEMANN, H. (1981): Der Archäologe und der Tod. Archäologie und Gerichtsmedizin. - München/Luzern.
- BERG, S., BERTOZZI, B., MEIER, R. und MENDRITZKI, S. (1983): Vergleichend-methodologischer Beitrag und kritische Bemerkungen zur Interpretation von Blutgruppenbestimmungen an Mumienrelikten und Skelettfunden. - Anthrop. Anz. 41: 1-19.
- BERNHAUSER R.A. (1953): Ueber Mycelitis ossifragus, Roux, Auftreten und Formen im Tertiär des Wiener Beckens. - Sber.Akad.Wiss. Wien K1, Abt. 1, 162: 119-127.
- BONTE, W., JOHANSSON, J., GARBE, G. und BERG, S. (1976): Die Bestimmung des Aminosäurespektrums als Hilfsmittel bei der Datierung von Skelettfunden. - Arch.Kriminol.158: 163-174.
- BROTHWELL, D.R. (1967): The evidence for neoplasms. - In: Diseases in antiquity (Hrsg.: BROTHWELL und SANDISON): 320-345. - Springfield.
- BROTHWELL, D. R. und SANDISON, A.T. (1967): Diseases in antiquity. - Springfield
- BUERGER, L. (1914): Die histologische Untersuchung verbrannter Knochen im auffallenden Licht. - Vjschr.gerichtl.Med.öff.San.-Wes. 47, Suppl.: 328-334.
- BUIKSTRA, J.E. (1981): Prehistoric Tuberculosis in the Americas. - Evanston.
- BURKHARDT, L. (1970): Pathologische Anatomie des Schädels. - In: Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie und Histologie (Hrsg.: UEHLINGER) 9, 7, Abschnitt A-P. - Berlin/Heidelberg/New York.
- DOKLADAL, M. (1969): Ueber die heutigen Möglichkeiten der Personenidentifikation aufgrund von verbrannten Knochen. Aktuelle Kriminologie: 223-245. - Hamburg.
- DOKLADAL, M. (1970): Ergebnisse experimenteller Verbrennungen zur Feststellung von Form- und Grössenveränderungen von Menschenknochen unter Einfluss von hohen Temperaturen. - Anthropologie 8: 3-17.
- EL-NAJJAR, M.Y., RYAN, D.J., TURNER, C.G. und LOZOFF, B.(1976): The etiology of porotic hyperostosis among the prehistoric and historic Anasazi Indians of Southwestern United States. - Am. J.phys.Anthrop. 44: 477-488.
- FREYSCHMIDT, J. (1980): Knochenerkrankungen im Erwachsenenalter. - Berlin/Heidelberg/New York.
- FROST, H.M. (1964): The laws of bone structure. - Springfield.
- GEJVALL, N.-G. (1963): Cremations. - In: Science in archaeology (Hrsg. BROTHWELL und HIGGS): 379-390. - London.
- GRIMM, H. (1961): Der gegenwärtige Stand der Leichenbranduntersuchung. - Ausgr. u. Funde 6: 299-308.
- GRIMM, H. und STRAUCH, R. (1959): Schliiffuntersuchungen an Knochen zum Nachweis einer Feuerbehandlung bei der Bestattung. - Ausgr. u. Funde 4: 262-264.

- GRMEK, M.D. (1983): Les maladies à l'aube de la civilisation occidentale. - Paris.
- HACKETT, C.J. (1976): Diagnostic criteria of Syphilis, Yaws and Treponarid (Treponematoses) and of some other diseases in dry bones. - Sber.Heidelb.Akad.Wiss. 4, 124 pp.
- HACKETT, C.J. (1981): Microscopical focal destruction (tunnels) in exhumed human bones. - Med.Sci.Law 21: 243-265.
- HAMPERL, H. und WEISS, P. (1955): Ueber die spongiöse Hyperostose an Schädeln aus Alt-Peru. - Virchows Archiv 327: 629-642.
- HANCOX, N.M. (1972): Biology of bone. - Cambridge.
- HARSANYI, L. (1978): Unterscheidung von Menschen- und Tierknochen. - In: Identifikation (Hrsg. HUNGER und LEOPOLD): 100-112. - Berlin/Heidelberg/New York.
- HART, G.D. (1983): Disease in ancient man. - Ontario.
- HERRMANN, B. (1972 a): Das Combe Capelle-Skelett. - Ausgr.in Berlin 3: 7-69.
- HERRMANN, B. (1972 b): Zur Beurteilung von Kohlenstoffverfärbungen bei Leichenbränden. - Ausgr. u.Funde 17: 275-277.
- HERRMANN, B. (1973): Möglichkeiten histologischer Untersuchungen an Leichenbränden. - Mitt.Berl.Ges.Anthrop.Ethn.Urgesch. 2: 164-167.
- HERRMANN, B. (1976): Neuere Ergebnisse zur Beurteilung menschlicher Brandknochen. - Z.Rechtsmed. 77: 191-200.
- HERRMANN, B. (1977 a): Ueber die Reste des postcranialen Skelettes des Neanderthalers von Le Moustier. - Z.Morph.Anthrop. 68: 129-149.
- HERRMANN, B. (1977 b): Ueber die Abhängigkeit der Schrumpfung vom Mineralgehalt bei experimentell verbrannten Knochen. - Anthrop. Anz. 36: 7-12.
- HERRMANN, B. (1981): Eine Möglichkeit der makroskopischen Fehlbeurteilung von Dekompositionerscheinungen des Knochens. - Z. Rechtsmed. 87: 275-278.
- HERRMANN, B. (1983): Ein Leichenschatten mit besonderer Aussagemöglichkeit. - Arch.Korrespondenzbl. 13: 499-502.
- HERRMANN, B. und NEWSELY, H. (1982): Dekompositionsvorgänge des Knochens unter langer Liegezeit. 1. Die mineralische Phase. - Anthrop.Anz. 40: 19-31.
- HEUCK, F. (1976): Allgemeine Radiologie und Morphologie der Knochenkrankheiten. - In: Handbuch der Medizinischen Radiologie (Hrsg.: DIETHELM et al.) 5, 1: 3-303. - Berlin/Heidelberg/New York.
- HOEHNK, W. (1969): Ueber den pilzlichen Befall kalkhaltiger Hartteile von Meerestieren. - Ber.deutsch.wiss.Komm. Meeresforsch. 20: 129-140.

- HRDLICKA, A. (1914): Anthropological work in Peru in 1913, with notes on the pathology of the ancient Peruvians. - *Smith.Miscell. Coll.* 61: 1-69.
- HUNGER, H. (1978): Liegezeitbestimmung an Skelettfunden im Erdboden. - In: *Identifikation* (Hrsg.: HUNGER und LEOPOLD): 50-99. - Berlin/Heidelberg/New York.
- JERUSALEM, C. (1955): Ueber die histologische Diagnose postmortal und intravital entstandener Knochendefekte. - *Z.Morph.Anthrop.* 47: 67-70.
- KERLEY, E.R. (1965): The microscopic determination of age in human bone. - *Amer.J.phys.Anthrop.* 23: 149-163.
- KERLEY, E.R. (1969): Age determination of bone fragments. - *J.forens. Sci.* 14: 59-67.
- KERLEY, E.R. (1970): Estimation of age: after about age 30. - In: *Personal identification in mass disasters* (Hrsg.: STEWART): 57-70. - Washington.
- KERLEY, E.R. und UBELAKER, D.H. (1978): Revisions in the microscopic method of estimating age at death in human cortical bone. - *Amer.J.phys.Anthrop.* 49: 545-546
- KNESE, K.-H. (1979): Stützgewebe und Skelettsystem. - In: *Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen* (Hrsg.: BARGMANN) 2, 5. - Berlin/Heidelberg/New York.
- KNESE, K.-H., VOGES, D. und RITSCHL, I. (1954): Untersuchungen über die Osteon- und Lamellenformen im Extremitätenskelett des Erwachsenen. - *Z.Zellforsch.* 40: 323-360.
- KRAMAR, C., BAUD, C.A. und LAGIER, R. (1983): Presumed calcified Leiomyoma of the uterus. - *Arch. Pathol. Lab.Med.* 107: 91-93.
- LAGIER, R. und BAUD, C.A. (1980): Some comments on paleopathology suggested by a case of Myositis ossificans circumscripta observed on a medieval skeleton. - *J.Hum.Evol.* 9: 9-13.
- LERCH, H. (1950): Ueber die Wärmeschrumpfung des Kollagengewebes. - *Morph.Jahrb.* 90: 206-220.
- LEUTERT, G. und ROTHER, P. (1978): Schätzung des Lebensalters auf Grund histologischer Untersuchungen. - In: *Identifikation* (Hrsg.: HUNGER und LEOPOLD): 183-198. - Berlin/Heidelberg/New York.
- LISOWSKI, F.P. (1968): The investigation of human cremations. - In: *Anthropologie und Humangenetik* (Festschr. SALLER): 76-83. - Stuttgart.
- LITTLE, K. (1973): *Bone behaviour*. - London/New York.
- MANCHESTER, K. (1983): *The archaeology of disease*. - Bradford.
- MARCHIAFAVA, V., BONUCCI, L. und ASCENZI, A. (1974): Fungal osteoclasia: a model of dead bone resorption. - *Calc.Tiss.Res.* 14: 195-210.
- MERBS, C.F. (1967): Cremated human remains from Point of Pines, Arizona: a new approach. - *Am.Antiquity* 32: 498-506.

- MERBS, C.F. (1983): Patterns of activity-induced pathology in a Canadian Inuit population. - National Museum of Man Mercury Series. Archaeological Survey of Canada 119. - Ottawa.
- MICHAELIS, L. (1930): Vergleichende mikroskopische Untersuchungen an rezenten, historischen und fossilen menschlichen Knochen. - Veröff. Kriegs- und Konstitutionspath. 6: 1-92
- MOODIE, R.L. (1923): Paleopathology. An introduction to the study of ancient evidences of disease. - Urbana.
- MORGENTHALER, P.W. und BAUD, C.A. (1956): Sur une cause d'altération des structures dans l'os humain fossile. - Act.Soc.Helv. Sci.Natur. 136: 142-143.
- MUELLER, G. (1965): Bodenbiologie. - Jena.
- ORTNER, D.J. und PUTSCHAR, W.G.J. (1981): Identification of pathological conditions in human skeletal remains. - Washington.
- PALES, L. (1930): Paléopathologie et pathologie comparative. - Paris.
- PAUWELS, F. (1965): Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates. - Berlin/Heidelberg/New York.
- PETERSEN, H. (1930): Die Organe des Skelettsystems. - In: Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen (Hrsg.: v. MOELLENDORF) 2, 2: 521-678. - Berlin.
- PEYER, B. (1945): Ueber Algen und Pilze in tierischen Hartschubstanzen. - Arch.Julius-Klaus Stiftg., Ergänzbd. zu 20: 496-546.
- PIEPENBRINK, H. (1984): Beispiele biogener Dekompositionerscheinungen an Knochen unter längerer Liegezeit. - Anthropol.Anz. 42: 241-251.
- PIEPENBRINK, H., HERRMANN, B. und HOFFMANN, P. (1983): Tetracyclintypische Fluoreszenzen an bodengelagerten Skeletteilen. - Z. Rechtsmed. 91: 71-74.
- PLIESS, G. (1974): Bewegungsapparat. - In: Organpathologie (Hrsg.: DOERR et al.) 3: 1-152. - Stuttgart.
- ROESING, F.W. (1977): Methoden und Aussagemöglichkeiten der anthropologischen Leichenbrandbearbeitung. - Archäologie und Naturwissenschaften 1: 53-80.
- ROUX, W. (1887): Ueber eine im Knochen lebende Gruppe von Fadenpilzen (Mycelitis ossifragus). - Z.wiss.Zool. 45: 227-254.
- SCHAEFER, U. (1961): Grenzen und Möglichkeiten der anthropologischen Untersuchung von Leichenbränden. - Ber.5.Internat. Kongr. Voru.Frühgesch. Hamburg 1958: 717-724. - Berlin.
- SCHAFFER, J.R. (1890): Ueber Roux'sche Kanäle in menschlichen Zähnen. - Sitzber.Math.Nat.Cl., Kais.Akad.Wissensch.Wien 99, Abt.3: 371-379.
- SCHAFFER, J.R. (1895): Bemerkungen zur Geschichte der Bohrkanäle in Knochen und Zähnen. - Anat.Anz. 10: 459-464.

- SCHAFFER, J.R. (1930): Die Stützgewebe. - In: Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen (Hrsg. v. MOELLENDORF) 2, 2: 1-390. - Berlin.
- SCHMIDT, U.J. , KALBE, I. und MUEHLBACH, R. (1981): Altersveränderungen des Knochengewebes. - Morph.Jahrb. 127: 636-640.
- SCHULTZ, M. (1978 a): Ein Knochtumor an einem präkolumbischen Indianerschädelaus Peru. Ein Beitrag zur Differentialdiagnose knöcherner Schädelumoren. - Virchows Arch.A.Path.Anat.und Histol. 378: 121-132.
- SCHULTZ, M. (1978 b): Missbildungen des odontogenen Gewebes an frühgeschichtlichem menschlichen Skeletmaterial. Ein Beitrag zur Differentialdiagnose des Odontoms. - Dtsch.Zahnärztl.Z. 33: 715-724.
- SCHULTZ, M. (1982): Umwelt und Krankheit des vor- und frühgeschichtlichen Menschen. - Kindlers Enzyklopädie: Der Mensch 2: 259-312. - München/Zürich.
- SCHULTZ, M. und XIROTIRIS, N. (1981): Histologische Untersuchungen an dem Hominiden-Schädel und den Tierknochen aus der Petralona Höhle. - JMAA 1: 308-332.
- SCHULTZ, M. und SCHWARTZ, P. (1982): Ergebnisse der Untersuchung an den Knochenfragmenten aus dem Reliquiengefäß der Kirche St. Martin in Unterbillingshausen. - Plesse-Archiv 18: 71-76.
- SCHULTZ, M. und DROMMER, R. (1983): Möglichkeiten der Präparateherstellung aus dem Gesichtsschädelbereich für die makroskopische und mikroskopische Untersuchung unter Verwendung neuer Kunststofftechniken. - Fortschr.Gesichts-Kiefer Chir. 13: 79-81.
- SCHULTZ, M., KRITSCHER, H. und SZILVASSY, J. (1984): Weitere Untersuchungen an einem frühmittelalterlichen Skelett mit Pfaundler-Hurler-Syndrom. - Ann.Naturhist.Mus.Wien 86 A: 89-93.
- SCHULTZ, M. und BRANDT, M. (im Druck): Neue Methoden zur Einbettung von Knochengewebe und zur Herstellung von Knochendünnschliffen.
- SCHULTZ, M., BERG, S., BONTE, W. und KIJEWski, H. (im Druck): Der morphologische Erhaltungszustand von subfossilem Knochenmaterial in Abhängigkeit von protektiver Metallimprägnation.
- SILBERBERG, M. und SILBERBERG, R. (1961): Aging changes in cartilage and bone. - In: Structural aspects of aging (Hrsg.: BOURNE und PITMAN): 85-108. - London.
- SPITERY, E. (1983): La paléontologie des maladies osseuses constitutionnelles. - Paléocologie de l'homme fossil 6. - Paris.
- SPJUT, H.J., DORFMANN, H.D., FECHNER, R.E. und ACKERMAN, L.V. (1971): Tumors of bone and cartilage. Atlas of tumor pathology, sec. ser. 5 (Hrsg.: FIRMINER). - Washington.
- STEINBOCK, R.T. (1976): Paleopathological diagnosis and interpretation. Bone diseases in ancient human populations. - Springfield.
- STOUT, S.D. und SIMMONS, D.J. (1979): Use of histology in ancient bone research. - Yearbook Phys.Anthrop. 22: 228-249.

- STROUHAL, E. (1976): Tumors in the remains of ancient Egyptians. - *Am.J.phys.Anthrop.* 45: 613-620.
- SUESSMANN-BERTOZZI, B. (1984): Einflüsse der Leichenfauna und mikrobiellen Saprophytie auf Blutgruppenbefunde an menschlichen Geweben. - *Diss.med.*, Göttingen.
- SZILVASSY, J., KRITSCHER, H. und SCHULTZ, M. (1984): Ein interessanter Unterschenkelbruch bei einer Frau aus dem awarischen Gräberfeld von Zwölfaxing, Niederösterreich. - *Ann.Naturhist.Mus. Wien* 86 A: 95-109.
- TESCHLER-NICOLA, M. und SCHULTZ, M. (1984): Jungneolithische Skelette der Badener Kultur aus Leobersdorf und Lichtenwörth, Niederösterreich. - *Ann.Naturhist.Mus.Wien* 86 A: 111-144.
- UHLIG, C. (1982): Zur paläopathologischen Differentialdiagnose von Tumoren an Skeletteilen. - *Materialhefte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 1. - Stuttgart.
- VERZAR, F. und ZS.-NAGY, I. (1970): Electronmicroscopic analysis of thermal collagen degeneration in rat tail tendons. - *Gerontologia* 16: 77-82.
- WAHL, J. (1981): Beobachtungen zur Verbrennung menschlicher Leichname. - *Arch.Korrespondenzbl.* 11: 271-279.
- WEBER, M. (1927): Schliffe von mazerierten Röhrenknochen und ihre Bedeutung für die Unterscheidung der Syphilis und Osteomyelitis von der Osteodystrophia fibrosa sowie für die Untersuchung fraglich syphilitischer, prähistorischer Knochen. - *Beitr.path.Anat.allg. Path.* 78: 441-511.
- WEDL, C. (1864): Ueber einen im Zahnbein und Knochen keimenden Pilz. - *Sitzber.Math.Nat.Cl., Kais.Akad.Wissensch.Wien* 50, Abt. 1: 171-193.
- WEIDENREICH, F. (1930): Das Knochengewebe. - In: *Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen* (Hrsg. v. MOELLENDORF) 2, 2: 391-520. - Berlin.
- WELLS, C. (1960): A study of cremation. - *Antiquity* 34: 29-37.
- WELLS, C. (1967): Pseudopathology. - In: *Diseases in antiquity* (Hrsg. BROTHWELL und SANDISON): 5-19. - Springfield.
- WERELDS, R.J. (1962): Nouvelles observations sur les dégradations postmortem de la dentine et du ciment des dents inhumées (Etude de dents recueillis dans les ruines de l'ancienne Abbaye de Viveguis, 1235 - 1790 A.D., près Liège). *Bull.Group. Int.Rech.Sc.Stomat.* 4: 554-591.
- WERELDS, R.J. (1967): Du moment où apparaissent dans les dents humaines les altérations postmortem en forme d'évidmints canaliculaires. Presence de lésions dentaire identiques in vivo chez des poissons. - *Bull.Group.Int.Rech.Sc.Stomat.* 10: 419-477.
- WILLIAMS, H.K. (1932): The origin and antiquity of syphilis: the evidence from diseased bones. - *Arch. Pathology* 13: 779-814
- WOOD, C.S. (1979): *Human sickness and health. A biocultural view.* - Palo Alto.

- ZIEGELMAYER, G. (1963): Beitrag zur physikalischen und chemischen Altersbestimmung von Skelettmaterial. - Homo 14: 159 - 164.
- ZIMMERMANN, M.R. und KELLEY, M.A. (1982): Atlas of human paleopathology. - New York.
- ZIVANOVIC, S. (1982): Ancient diseases. The elements of palaeopathology. - London.

Für die Ueberlassung von Untersuchungsmaterial möchte ich folgenden Kollegen danken:

Prof. Dr. I.I. Artemenko, Institut für Archäologie der Ukrainischen Akademie der Wissenschaften in Kiev; Prof. Dr. S. Berg, Zentrum Interdisziplinäre Einrichtungen, Institut für Rechtsmedizin der Universität Göttingen; Dozent Dr. Oe. Bilgi, Institut für Archäologie und Alte Geschichte der Universität Istanbul; Dr. A. Czarnetzki, Institut für Anthropologie und Humangenetik der Universität Tübingen; Dr. C.C. Di Peso (+), Amerind Foundation, Dragoon (Arizona); Dr. A. Dittert, Department of Anthropology, Arizona State University in Tempe; Dr. Dr. R. Drommer, Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Göttingen; Dr. J. Giegold, Seeheim; Dr. W. Henke, Institut für Anthropologie der Universität Mainz; Dr. M. Klöpfer, Göttingen; Dr. S. I. Kruc, Institut für Archäologie der Ukrainischen Akademie der Wissenschaften in Kiev; Prof. Dr. M. Kunter, Anthropologisches Institut der Universität Giessen; Dr. G. Lange, Institut für Anthropologie und Humangenetik der Universität Frankfurt am Main; Dr. F. Langenscheidt, Institut für Anthropologie der Universität Mainz; Dr. C.F. Merbs, Department of Anthropology, Arizona State University in Tempe; Prof. Dr. C. Pescheck, Prähistorische Staatssammlung in München; Dr. C.M. Pijoan-Aguadé, Museo Nacional de Antropología in Mexico-Stadt; Prof. Dr. R. Protsch, Institut für Anthropologie und Humangenetik der Universität Frankfurt am Main; Prof. Dr. R. Rolle, Seminar für Ur- und Frühgeschichte der Universität Göttingen; Prof. Dr. M.E. Salas-Cuesta, Museo Nacional de Antropología in Mexico-Stadt; Dr. P. Schröter, Anthropologische Staatssammlung in München; Dr. H.-G. Stephan, Seminar für Ur- und Frühgeschichte der Universität Göttingen; Dr. M. Teschler-Nicola, Naturhistorisches Museum Wien; Dr. L. Wamser, Bayerisches Landesamt für Denkmalspflege, Aussenstelle Würzburg; Dipl. Biol. U. Wittwer-Backofen, Institut für Anthropologie der Universität Mainz; Dr. N. Xirotiris, Institut für Anthropologie und Humangenetik der Universität Frankfurt am Main.

Für die Anfertigung der Dünnschliffe danke ich Herrn M. Brandt, für die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen Herrn Dr. P. Schwartz, für Röntgenaufnahmen und photographische Arbeiten Frau B. Smith und für die Reinschrift des Manuskripts Frau H. Somnitz, Zentrum Anatomie der Universität Göttingen.

