

Möglichkeiten und Grenzen  
der mikroskopischen  
Leichenbranduntersuchung

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

DOCTOR RERUM NATURALIUM

(Dr. rer. nat.)

am Institut für Biologie und Chemie (Fachbereich 4)

der Universität Hildesheim

vorgelegt von

JAN NOVÁČEK

aus Brno

Hildesheim 2012

Dekan: Prof. Dr. Martin Sauerwein

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. Michael Schultz

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Horst Kierdorf

Datum der mündlichen Prüfung: 27. Juli 2012

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	5
2. Brandbestattungen, mit besonderer Berücksichtigung der Römischen Kaiserzeit.....	7
2.1. Geschichte der Brandbestattungen .....	7
2.2. Brandbestattungen im antiken Rom und in der mitteleuropäischen Römischen Kaiserzeit .....	8
3. Forschungsstand der Leichenbranduntersuchungen.....	11
3.1. Geschichte der Leichenbranduntersuchungen .....	11
3.2. Aktueller Forschungsstand .....	11
4. Fragestellung .....	13
5. Methoden.....	15
5.1. Makroskopische Untersuchungsmethoden .....	15
5.1.1. Anzahl der Individuen MNI.....	16
5.1.2. Verbrennungsgrad.....	16
5.1.3. Fragmentierungsgrad .....	18
5.1.4. Gewicht.....	18
5.1.5. Repräsentanz.....	19
5.1.6. Geschlechtsbestimmung .....	19
5.1.7. Makroskopische Altersbestimmung .....	20
5.1.8. Paläopathologische Untersuchung .....	23
5.2. Röntgenologische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen .....	24
5.3. Mikroskopische Untersuchung .....	24
5.3.1. Herstellung der histologischen Präparate .....	25
5.3.1.1. Vorbereitung der Probe.....	25
5.3.1.2. Einbettung der Knochenpräparate.....	25
5.3.1.3. Herstellung der mikroskopischen Präparate .....	26
5.3.2. Mikroskopische Altersbestimmung: histomorphometrische Methoden .....	27
5.3.2.1. Langknochen.....	27
5.3.2.2. Rippe .....	30
5.3.2.3. Zähne .....	31
5.3.3. Mikroskopische Altersbestimmung: histomorphologische Methoden .....	32
5.3.4. Untersuchung der paläopathologischen und anderen speziellen Merkmale.....	32
6. Material.....	33
6.1. Übersicht der Brandbestattungsplätze der Römischen Kaiserzeit.....	33
6.2. Übersicht der Gräberfelder aus der Vorrömischen Eisenzeit und Bronzezeit.....	37

6.3. Gräberfeld der mesopotamischen Bronzezeit.....	38
6.4. Präparate von Individuen mit bekanntem Sterbealter.....	38
7. Röntgenologische Untersuchung.....	41
7.1. Očkov.....	41
7.2. Šitbořice.....	42
7.3. Haiger – Kalteiche.....	43
8. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen.....	44
8.1. Bílovice.....	44
8.2. Morkovice.....	44
8.3. Očkov.....	45
8.4. Haiger – Kalteiche.....	49
9. Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen.....	50
9.1. Die postmortalen Veränderungen.....	50
9.1.1. Hitzebedingte Veränderungen.....	51
9.1.1.1. Niedriger Temperaturbereich.....	54
9.1.1.2. Hoher Temperaturbereich.....	57
9.1.2. Postmortale Veränderungen nach der Verbrennung.....	65
9.1.2.1. Bodenlagerungsbedingte Veränderungen.....	66
9.1.2.2. Veränderungen während und nach der Bergung.....	69
9.2. Histologische Altersbestimmung.....	72
9.2.1. Histomorphometrische Altersbestimmungsmethoden (HMM).....	72
9.2.1.1. Material und Methode der Überprüfung der histomorphometrischen Methode für Brandknochen (Wolf 1999).....	72
9.2.1.2. Ergebnisse der histomorphometrischen Untersuchungen.....	73
9.2.2. Histomorphologische Altersbestimmung.....	75
9.2.2.1. Der Kinderknochen.....	75
9.2.2.2. Die Generallamellen.....	77
9.2.2.3. Die Havers'schen Systeme.....	80
9.2.2.4. Der Knochen eines alten Individuums.....	82
9.3. Auswertung der Gräberfelder und der rezenten Vergleichspopulation.....	86
9.3.1. Gräberfeld Očkov.....	86
9.3.1.1. Makroskopische Altersbestimmung.....	86
9.3.1.2. Histomorphometrische Altersbestimmung.....	86
9.3.1.3. Histomorphologische Altersbestimmung.....	87
9.3.1.4. Vergleich der Methoden und die demographische Auswertung des Gräberfeldes.....	88

9.3.2. Gräberfeld Šitbořice.....	94
9.3.2.1. Makroskopische Altersbestimmung .....	94
9.3.2.2. Histomorphometrische Altersbestimmung .....	94
9.3.2.3. Histomorphologische Altersbestimmung .....	95
9.3.2.4. Vergleich der Methoden und die demographische Auswertung des Gräberfeldes	95
9.3.3. Die kaiserzeitlichen Gräber aus Bílovice, Kostelec, Morkovice und Náklo .....	99
9.3.4. Gräberfeld Oerlinghausen.....	100
9.3.4.1. Makroskopische Altersbestimmung .....	100
9.3.4.2. Histomorphometrische Altersbestimmung .....	100
9.3.4.3. Histomorphologische Altersbestimmung .....	100
9.3.4.4. Untersuchungen der Rippen.....	101
9.3.4.5. Untersuchungen der Zahnzementringe .....	102
9.3.4.6. Vergleich der Methoden und die Auswertung des Gräberfeldes .....	102
9.3.5. Gräberfeld Haiger-Kalteiche .....	104
9.3.5.1. Makroskopische Altersbestimmung .....	104
9.3.5.2. Histomorphometrische Altersbestimmung .....	104
9.3.5.3. Histomorphologische Altersbestimmung .....	105
9.3.5.4. Vergleich der Methoden und die Auswertung des Gräberfeldes .....	105
9.3.6. Rezentes Knochenmaterial .....	107
9.3.6.1. Histomorphometrische Altersbestimmung .....	107
9.3.6.2. Histomorphologische Altersbestimmung .....	108
9.3.7. Zeytinli-Bahçe .....	111
9.4. Paläopathologische Untersuchung.....	113
9.4.1. Cranium .....	114
9.4.1.1. Neurocranium .....	114
9.4.1.1.1. Veränderungen auf der Lamina interna .....	114
9.4.1.1.2. Veränderungen auf der Lamina externa.....	120
9.4.1.1.3. Veränderungen der Diploë.....	123
9.4.1.2. Splanchnocranium .....	124
9.4.1.2.1. Das Mittelohr .....	124
9.4.1.2.2. Das Orbitadach.....	125
9.4.1.2.3. Die Nasenhöhle und die Nasennebenhöhlen.....	125
9.4.1.2.4. Zähne und Kiefer .....	127
9.4.2. Truncus .....	129
9.4.2.1. Vertebrae.....	129

9.4.2.2. Costae.....	131
9.4.2.3. Pelvis.....	132
9.4.3. Extremitäten.....	132
9.4.3.1. Gelenkkrankheiten.....	135
9.4.3.2. Längsstreifung und Auflagerungen auf der Oberfläche.....	136
9.4.3.3. Veränderungen des Compactaknochens.....	139
9.4.4. Missbildungen und epigenetische Merkmale.....	141
9.4.5. Artefakte.....	142
10. Diskussion.....	144
10.1. Röntgenologische Untersuchung.....	144
10.2. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung (REM).....	145
10.3. Die histomorphometrische Altersbestimmung („Histomorphometrie“ = HMM) an Langknochen.....	146
10.4. Histomorphologische Altersbestimmung („Histomorphologie“ = HML) an Langknochen.....	157
10.5. Altersbestimmung an Rippen und ihre Anwendungsmöglichkeit für Brandknochen.....	160
10.6. Altersbestimmung anhand der Zahnzementannulation.....	163
10.7. Altersbestimmung an Knochen von Individuen mit bekanntem Alter.....	167
10.8. Gräberfeld Očkov.....	170
10.9. Gräberfeld Šitbořice.....	197
10.10. Die kaiserzeitlichen Gräber aus Bílovice, Kostelec, Morkovice und Náklo.....	206
10.11. Haiger – Kalteiche.....	211
10.12. Oerlinghausen.....	217
10.13. Zeytinli–Bahçe.....	225
11. Ausblick.....	229
Literaturverzeichnis.....	234
Danksagung.....	256
Lebenslauf.....	258
Abbildungen.....	260

## 1. Einleitung

Der Bearbeitung menschlicher Skeletreste<sup>1</sup> aus Brandgräbern verschiedener Zeitperioden wird in der heutigen Anthropologie ein erhöhtes Interesse entgegengebracht. Wie die Erfahrungen aus dem Institut für Anthropologie der Masaryk Universität in Brno sowie auch aus dem Zentrum Anatomie der Georg-August Universität Göttingen zeigen, interessieren sich Museen und zuständige archäologische Institutionen immer mehr für die Ergebnisse der anthropologisch-paläopathologischen Brandknochenanalyse, da sie wesentliche neue Erkenntnisse über damalige Lebensbedingungen liefern. Dies belegen neuere Arbeiten über Leichenbranduntersuchungen (z.B. Dokládál 1999, Großkopf 2004, Trautmann 2006, Ubelaker - Rife 2007, Wolf 1999 u.a.).

Die osteologische Untersuchung archäologischer Brandgräber, die die klassische anthropologische, aber auch die paläopathologische Analyse einschließt, ist zeitaufwändig und liefert im Vergleich mit der Untersuchung von Körperbestattungen in der Regel weniger aussagefähige Informationen. Die makroskopischen Methoden sind bei der Brandbestattung prinzipiell genauso einsetzbar wie bei unverbrannten Skelettfunden. Bei Brandknochen sind die Ergebnisse allerdings stark durch die Effekte der Hitzeeinwirkung beeinflusst, vor allem durch die Schrumpfung des Knochengewebes und seine Deformation, welche die Ergebnisse der makroskopischen qualitativen sowie der quantitativen Analysen, aber auch der licht- und rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung – zum Teil erheblich – verändern können. Zusätzlich ist zu bedenken, dass die Hitzeeinwirkung auch einen schlechten Erhaltungszustand der Knochensubstanz zur Folge haben kann und somit einen nicht repräsentativen Erhaltungszustand der Knochenüberreste bedingt.

Mikroskopische Methoden und Techniken werden auch heutzutage in der Anthropologie immer noch selten verwendet. Im Vergleich mit der medizinischen Forschung, in der histologische Untersuchungen eine unerlässliche, vielleicht sogar tragende Methode in vielen Bereichen, wie z.B. in der Pathologie, geworden sind, betrachten viele Anthropologen den Einsatz mikroskopischer Methoden immer noch mit einem gewissen Misstrauen und setzen sie eher selten ein. Allerdings scheint sich allmählich ein Wandel anzubahnen. Noch im Jahre 1981 haben Donald J. Ortner und Walter G.J. Putschar in dem Handbuch „Identification of Pathological Conditions In Human Skeletal Remains“ geschrieben, dass die histologische Untersuchung wenn überhaupt, dann nur wenig zur Diagnostik von Krankheiten an mazerierten Skeleten beitragen kann (Ortner – Putschar 1981, 52). In der neusten Ausgabe dieses

---

<sup>1</sup> In der vorliegenden Arbeit wurde die Schreibweise "Skelet" als anatomische Bezeichnung mit einem "t" gewählt.

Handbuchs gibt es hingegen ein Kapitel über die Möglichkeiten der histologischen Untersuchungen (Schultz 2003a, 73-108). In diesem Sinne ist es wünschenswert, dass diese Methodik auch bei der Leichenbranduntersuchung ihre Anwendung findet. Hoffen wir, dass auch die hier vorgelegte Arbeit zu diesem Ziel beitragen kann.

Neue Methoden und Techniken – wie beispielsweise die mikroskopische Untersuchung – erweitern die technischen Möglichkeiten und die Effizienz der Bearbeitung von Brandgräbern. So ermöglicht die lichtmikroskopische Untersuchung in vielen Fällen eine relativ genaue Altersbestimmung eines Verstorbenen und gelegentlich auch eine zuverlässige Krankheitsdiagnose. Diese Arbeit beschäftigt sich mit einer Analyse der Möglichkeiten und Grenzen mikroskopischer Untersuchungen an Leichenbränden und hofft als Resultat auf ein verbreitertes Angebot einsetzbarer Methoden für eine zuverlässige Auswertung der Brandgräber als wertvolle Quelle für die Erforschung vergangener menschlicher Populationen. In dieser Arbeit werden die histomorphometrischen (quantitativen) sowie die histomorphologischen (qualitativen) Methoden der Untersuchung an Langknochen, Rippen und Zähnen eingesetzt. Die Ergebnisse dieser Auswertungen werden in Bezug auf ihre Reliabilität sowohl miteinander als auch mit den klassischen makroskopischen Methoden verglichen. Die Zuverlässigkeit der histomorphologischen Methode, die bisher in vollem Umfang nicht veröffentlicht wurde, wird in dieser Arbeit an Knochenmaterial mit bekanntem Sterbealter überprüft.

## **2. Brandbestattungen, mit besonderer Berücksichtigung der Römischen Kaiserzeit**

### **2.1. Geschichte der Brandbestattungen**

Die Verbrennung Verstorbener ist archäologisch schon für die Urzeit belegt. Der älteste bekannte Leichenbrand stammt aus Lake Mungo (Australien) und wird auf 26 000 B.P. datiert (Dokládál 1999, 13; Herrmann et al. 1990, 256). Es ist anzunehmen, dass die Sitte der Totenverbrennung in Europa und dem südöstlichen und östlichen mediterranen Raum aus Asien, vor allem aus Indien übernommen wurde (Dokládál 1999, 11). Kremationen sind auch aus Mesopotamien belegt. Der assyrische König Assurbanipal wurde im Jahr 626 v. Chr. zusammen mit seinen Frauen direkt in seinem Palast verbrannt. Aus Persien ist aus dem Bericht des Herodotos bekannt, dass König Kyros den lydischen König Kroisos verbrennen ließ, nachdem dieser sich nach einer militärischen Niederlage den Göttern zu opfern wünschte (Dokládál 1999, 11).

Auch im antiken Griechenland sind Brandbestattungen bekannt. Homer beschreibt, dass Achilles seinen gefallenen Freund Patroklos vor Troja um etwa 1200 v. Chr. verbrannte. Brandbestattungen waren im antiken Griechenland aber unterschiedlich verbreitet. Während z. B. die Pythagoreer ihre Toten körperbestatteten, war bei den Stoikern die Brandbestattung die Regel. Aus Griechenland gibt es auch Nachweise von Massenverbrennungen, wie z.B. nach der katastrophalen Hungersnot und Pestepidemie in Syrakus (331-323 v. Chr.). Nach der Schlacht von Pharsalos (48 v. Chr.) sind 6000 gefallene Soldaten verbrannt worden, damit im warmen Sommerwetter Epidemien verhindert werden konnten (Dokládál 1999, 12).

Für Mittel- und Nordeuropa galt lange Zeit, dass die ersten Brandbestattungen etwa ab Ende des dritten oder Beginn des zweiten Jahrtausends v. Chr. auftauchten, wie auch noch bei Dokládál (1999) nach der älteren Literatur zitiert wird (Childe 1950). Die ältesten Brandbestattungen datieren aber schon viel früher; vereinzelte Leichenbrände stammen etwa von den mesolithischen Friedhöfen Skateholm II (Südschweden) und Gøngehusvej/Vedbæk auf Seeland (Dänemark; vgl. Tilley 1996, Trautmann 2006). Zur regulären Bestattungsart, die bis zu 10% der gesamten Gräber ausmacht, werden die Brandbestattungen ab der Linienbandkeramik (LBK, 5500-4900 v.Chr., Trautmann 2006) gezählt. Ab der mittleren Bronzezeit wird die Kremation für fast 1500 Jahre die häufigste Bestattungsart (Herrmann et al. 1990). Dies gilt bis zum frühen Mittelalter, als sich durch die Verbreitung des Christentums und dem damit verbundenen Glauben an die Wiederauferstehung des Fleisches zum jüngsten Gericht die Bestattungsrituale wieder zur Körperbestattung änderten (Dokládál 1999, 14).

Auf dem nordamerikanischen Kontinent sind mehrere Gräberfelder mit Brandbestattungen entdeckt worden, die alle etwa in das 8.-6. Jh. v. Chr. datieren. Die wichtigsten davon

sind die Fundorte Hohokam in Arizona (Haury 1978), Hopewell und Adena in Ohio (Baby 1945, Webb – Snow 1945), Perrius Ledge in Illinois (Buikstra – Goldstein 1973), Point of Pines in Arizona (Merbs 1967) und mehrere Fundorte in Michigan (Binfort 1963).

## **2.2. Brandbestattungen im antiken Rom und in der mitteleuropäischen Römischen Kaiserzeit**

Da die meisten in dieser Arbeit untersuchten Leichenbrände aus der Römischen Kaiserzeit Mitteleuropas stammen, sollte diese Epoche näher erläutert werden. Im Vergleich zu Bronze- und Vorrömischer Eisenzeit Mitteleuropas unterscheidet sie sich durch erste schriftliche Quellen zeitgenössischer Autoren (Metzner-Nebelsick et al. 2009, Scheelen 2010).

Die Römer kannten und praktizierten die Leichenverbrennung. Bei den Mitgliedern der Mittelschicht und der Oberschicht des Römischen Reiches ist die Brandbestattung eine häufige Bestattungsart gewesen. Körperbestattungen waren im Römischen Reich bei Adelsfamilien eher ein Sonderfall, wie z.B. bei der bedeutenden Familie der Corneli (Lucius Cornelius Sulla Felix, römischer Diktator 82-79 v. Chr., vgl. Plutarchos: Sulla, in: Ziegler 1984). Nach dem Tod eines reichen römischen Bürgers wurde der Körper vom „pollinctor“ gewaschen und für die Verbrennung vorbereitet. Danach wurde er in den Sarg gelegt und vor dem Haus des Verstorbenen ausgestellt, damit sich Familie und Bekannte vom Verstorbenen verabschieden konnten. In seinen Mund wurde eine Münze für die Bezahlung des Fährmanns über den Fluss Styx in der Unterwelt gelegt. Nach wenigen Tagen wurde der Körper zum Marsfeld transportiert, wo er auf einem hölzernen Scheiterhaufen verbrannt wurde. Bei den Angehörigen der Unterschicht war überwiegend die Körperbestattung verbreitet. Brandbestattungen sind in Rom bis zur offiziellen Annahme des Christentums als Staatsreligion (313 n. Chr.) praktiziert worden. Endgültig verschwinden sie erst im 5. Jh. n. Chr.

In der Germania libera war die Situation anders als im Römischen Reich selbst. Die Körperbestattungen waren häufiger bei den Mitgliedern der Oberschicht (vgl. die sogenannten „Fürstengräber“). Die normale Bevölkerung wurde in der Regel kremiert. Die typischen Merkmale im mittleren Donauraum (Tejral 1970, 1971, 1975, 1991) sind in der Magisterarbeit von J. Nováček (Nováček 2001) zusammengefasst.

Die Geschichte der Germanen in Mitteleuropa ist geprägt durch den Einfluss des Römischen Reiches. Die Ankunft der germanischen Stämme im Mitteldonauraum (Südmähren, Niederösterreich, Südwestslowakei) ist durch die römische Expansion zur Donau und Elbe erzwungen worden, die Stämme der Markomannen und Quaden sind nach einer Niederlage gegen Nero Claudius Tiberius im Jahr 9 v. Chr. nach Osten gezogen (vgl. Velleius Paterculus,

II/105-106, Dobiáš 1964). Die Religion der frühen Germanen ist weitgehend unbekannt. Die Berichte der römischen Autoren passen die germanischen Gottheiten vergleichbaren römischen Gottheiten an. Allerdings sind diese Beschreibungen ungenau (Todd 1999, 98-99). Die bekannten schriftlichen Quelle zur germanischen Religion stammen aus dem frühesten 9. Jh. n. Chr. und unterscheiden sich wahrscheinlich von älteren Glaubenvorstellungen (Schlette 1977). Ein direkter Zusammenhang zwischen der Religion und den Bestattungsriten ist nicht rekonstruierbar.

Die Bestattungen der Germanen während der späteren sowie auch jüngeren Römischen Kaiserzeit sind überwiegend Brandbestattungen.

Gräber mit unverbrannten Skeleten aus dieser Zeit wurden nur selten gefunden, und wenn, dann handelte es sich in der Regel um Einzelfunde (z.B. Branišovice, Kaufman 1961, Mrázek 1996, Horní Dunajovice, Dostál 1960, Morkovice-Slížany, Červinka 1937, 1942, oder Olomouc-Neředín, Peška – Tajer 1999 und Prostějov-Čechovice, Čižmář 1999). Gräberfelder mit birituellen Bestattungen sind selten, in Mähren handelt sich es um einen einzigen Fall, das Gräberfeld in Mikulov mit insgesamt acht Brandgräbern und 26 Gräbern mit unverbrannten Skeleten (Říhovský 1951, Tichý 1957, Peškař 1959, Peškař 1960, Tejral 1970).

In Mähren sind viele Fundorte mit bis zu fünf Brandgräbern bekannt, große Gräberfelder gibt es nur wenige. Es sind Kostelec na Hané mit insgesamt 448 Gräbern (Zeman 1961), Šaratice mit 155 Gräbern (Trnáčková 1960), Šitbořice mit 47 Gräbern (Droberjar – Kazdová 1993), Velatice mit wahrscheinlich 48 Gräbern (Peškař 1960) und Velké Hostěrádky mit 59 Gräbern (Peškař – Ludikovský 1978). Weiterhin bekannt sind einige vorwiegend durch landwirtschaftliche Maßnahmen zerstörte Gräberfelder (z.B. Dolní Němčí – Dřínky, Červinka 1936; Hevlín, Beninger 1930 und Náklo, Fišara 1903).

Die Gräberfelder befinden sich überwiegend auf flachen Hügeln und sind meistens von SW nach O orientiert, wie es sich anhand der Horizontalstratigraphie nachvollziehen lässt. Eine Beziehung zwischen Siedlungen und Gräberfeldern ist unklar; es gibt Gräberfelder, die relativ weit von der Siedlung entfernt lagen (1500 m. in Šitbořice, Droberjar – Kazdová 1993; 750 m. in Křižanovice, Pernička 1965) und Gräberfelder, die sich in unmittelbarer Nähe der Siedlung befanden (z.B. Milovice, Ondráček 1962; Prostějov-Čechovice, Čižmář 1999). Es ist anzunehmen, dass es für die Entfernung eines Gräberfeldes zur Siedlung keine strengen Regeln gab und auch das Gräberfeld keineswegs „tabuisiertes“ Gebiet darstellte. In der Regel sind die Gräber auf den Gräberfeldern unregelmäßig verteilt. Aus dieser Zeit sind bisher offenbar keine Reihengräber bekannt geworden. Die Abstände zwischen den Gräbern betragen zwischen 0,5 bis 15 m. Die Dichte der Belegung ist in Mähren wesentlich dünner (ein Grab

pro ca. 7 m<sup>2</sup> in Kostelec und Velké Hostěrádky, Peškař – Ludikovský 1978, Zeman 1961) als bei vergleichbar datierten Gräberfeldern z.B. in Deutschland (ein Grab pro ca. 0,5-1 m<sup>2</sup>, Zeman 1961). Die Gräber waren an der Oberfläche wahrscheinlich markiert, da es nur selten Superpositionen gibt. Der Großteil der Bestattungen erfolgte in Urnen. Brandgrubengräber sind weniger häufig vertreten. Die Tiefe der Gräber beträgt normalerweise zwischen 20 und 40 cm, nur ausnahmsweise gibt es Gräber mit über 50 cm Tiefe. Deswegen ist es zumeist schwierig, die Form der Grabgrube zu bestimmen. Die Gruben, die bis unter die Humusschicht reichen, sind rund und entsprechen der Größe der Urne. Pro Grab ist in der Regel nur ein Individuum bestattet; Doppelbestattungen sind selten zu finden. In Kostelec sind in einem Grab anatomisch geordnete Knochen in der Urne gefunden worden: die Knochen der Extremitäten auf dem Boden, Rippen und Wirbel in der Mitte und darüber die Schädelknochen (Zeman 1961). Diese Sortierung der Knochen ist ein seltener Brauch und kann nicht als ein regelhafter Teil der Bestattungsrituale angesehen werden. Es gibt keine Unterschiede zwischen Bestattungen von Kindern und Erwachsenen. Der Anteil der Kinderskelete ist niedrig (5 von 41 in Šitbořice, Droberjar – Kazdová 1993, vier von 40 in Velké Hostěrádky, Peškař – Ludikovský 1978). Grabbeigaben sind häufiger in der älteren Römischen Kaiserzeit; die reichste Ausstattung besitzen die Gräber, die an den Beginn der Römischen Kaiserzeit datieren (z.B. Gräberfeld Dobřichov-Pičhora in Böhmen, Droberjar 1999). Dieser Trend überdauert bis ungefähr in die Zeit der Markomannenkriege. In der jüngeren Kaiserzeit nehmen die Grabbeigaben kontinuierlich ab. Die Interpretation dieser Tatsache ist wahrscheinlich eine Änderung in den religiösen Vorstellungen der Germanen, in der die Beigaben ihre Wichtigkeit für das Leben im Jenseits verlieren und die soziale Position des Verstorbenen allein durch die Urne repräsentiert wird (Kolník 1961, 1971, Zeman 1961). Unter den Funden aus den germanischen Gräbern sind Keramik (Überblick der mährischen Keramik Peškař 1964, Pernička 1966), Teile der Kleidung, Werkzeuge, Waffen sowie Münzen und importierte Waren (Übersicht Tejral 1970, 1971, 1975). Ein besonderes Objekt, das häufig in germanischen Gräbern gefunden wurde, ist Harz. Es ist aus 13 von insgesamt 90 Fundorten bekannt; auch in den großen Gräberfeldern wurde es in ca. 10-20% der Gräber gefunden (Nováček 2001). Die Interpretation ist nicht klar. Es gibt Nachweise, dass es sich wohl um einen Teil der Bestattungsrituale handelte. Die Funde des Harzes gibt es mit und ohne Spuren von Feuereinwirkung, sowie mit Abdrücken von Fingern, Stoffen und auch Zähnen (Peškař – Ludikovský 1978).

### **3. Forschungsstand der Leichenbranduntersuchungen**

#### **3.1. Geschichte der Leichenbranduntersuchungen**

Schon im 16. Jahrhundert gab es wissenschaftliches Interesse an dem Inhalt von Leichenbrandurnen. Die älteste bekannte Erwähnung stammt von Nicolaus Marschalk aus dem Jahr 1500, in der Urnen als ein wichtiges Objekt für die Untersuchung urzeitlicher Populationen erwähnt werden (Dokládál 1999, 19). Die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen fanden allerdings erst später statt. Die erste genauere Beschreibung eines Brandgrabes lieferte der englische Arzt Sir Thomas Brown im Jahr 1658. Zuverlässige Zeichnungen von Brandgräbern hat Martin Friedrich Seidel im Jahr 1677 angefertigt. Die erste Abhandlung über die Untersuchung von Brandgräbern erstellte Jacob von Mellen, mit der Schrift „*Historia urnae sepulcralis Sarmaticae*“ aus dem Jahr 1679. Im Jahr 1724 versuchte Christian Friedrich Reusch in der Schrift „*De tumulis et urnis sepulcralibus in Prussia*“ die Bestimmung des Alters und Geschlechtes der Verstorbenen (Dokládál 1999, 19).

Ab dem Anfang des 19. Jahrhunderts steigt das Interesse an den Aussagemöglichkeiten der Untersuchung archäologischer Brandbestattungen sowie im Bereich der Gerichtsmedizin an Fällen verbrannter menschlicher Leichen (z.B. Bischoff 1850, Graaf 1850, Kopp 1811, Lair 1800, vgl. Dokládál 1999, Lange et al. 1987).

#### **3.2. Aktueller Forschungsstand**

Eine erschöpfende Zusammenfassung der aktuellen Methoden und Experimente in den verschiedenen Forschungsfelder (z.B. Spurenelementanalyse, Lumineszenz, DNA-Analyse u.a.) bietet in deutscher Sprache die Dissertationsschrift von Birgit Großkopf (Großkopf 2004, 34-43) an. Weitere Methoden zur Untersuchungen von Brandknochen in der modernen forensischen Medizin sowie der Anthropologie (chemische Zusammensetzung, Isotope  $^{13}\text{C}$  und  $^{15}\text{N}$ , Farbmuster u.a.) werden in einzelnen Beiträgen bei Schmidt und Symes (eds., 2008) beschrieben. An dieser Stelle wird deswegen auf eine Wiederholung verzichtet.

Die mikroskopischen Methoden lassen sich in Bezug auf die anthropologischen Untersuchungen in die lichtmikroskopische und die rasterelektronenmikroskopische Auswertung des Hartgewebes (Knochen, Zähne) und der möglicher Überreste von Weichgewebe unterteilen. In der Untersuchung verbrannter Knochen ist eine der Pionierarbeiten die von Forbes (1941). Eine Weiterentwicklung erfolgte ab Ende der 1960er und Anfang der 1970er Jahre mit Untersuchungen von Dokládál (Dokládál 1969, 1970), der zu den makroskopischen auch einige mikroskopische und radiologische Untersuchungen experimentell verbrannter Knochen durchführte (vgl. Dokládál 1999 in einer Kurzform, zu einer vollständigen Publikation kam es

leider aufgrund des Todes von Milan Dokládál im Jahr 2004 nicht mehr). Die mikroskopischen Untersuchungen (lichtmikroskopisch und mikroradiographisch) zu Erhaltung, hitzebedingten Veränderungen und Altersbestimmung am Leichenbrand basieren auf den Arbeiten von Herrmann (1972b, 1973, 1976b, 1977a und b, 1988), der unter anderem die im 2. Weltkrieg verbrannten Überreste des Menschen aus Combe Capelle untersuchte (Herrmann 1972a). In den späten 1970ern und 1980er Jahren folgten weitere Untersuchungen, die sich sowohl auf die Erhaltung und die hitzebedingten Veränderungen (z.B. Bradtmiller - Buikstra 1984, Rösing 1977, Schultz 1986, Shipman et al. 1984, Wahl 1982, 1988, REM-Untersuchungen z.B. Bromage 1984), die Paläopathologie (Schultz 1986), wie auch die histomorphometrische Altersbestimmung archäologischer (Wahl 1983) oder experimentell verbrannter Knochen (Heußner 1986, 1987) konzentrierten. Die histomorphometrische Untersuchung blieb weiterhin im Zentrum des Interesse (Wolf 1998) und ist bis heute nicht unumstritten (Herrmann 1990, Heußner 1990, vgl. Großkopf 2004). In den 1990er Jahren ging das Interesse für Leichenbranduntersuchungen ansonsten eher zurück, eine Weiterentwicklung erfolgte lediglich in der REM-Untersuchung (z.B. Nelson 1992, Holden et al. 1995a und 1995b, Quatrehomme et al. 1998). Ein neues Forschungsfeld stellte die Untersuchung von Zahnzementringen an Zahnwurzeln aus archäologischen Leichenbränden dar (Großkopf 1989, 1990, 1995, 2004, Großkopf - Hummel 1992). Großkopf (2004) fasste in ihrer Dissertation die gängigen Methoden zur Untersuchung von Leichenbrand, inklusive der mikroskopischen, zusammen. Für die meisten Untersuchungen von Brandgräbern der letzten zehn Jahre spielt jedoch die histologische Auswertung kaum eine Rolle (vgl. Schmidt - Symes 2008, Trautman 2006, Ubelaker - Rife 2007).

#### 4. Fragestellung

Es werden die Möglichkeiten der mikroskopischen Untersuchungen von Brandknochen vorgestellt. Ziel der Arbeit ist der Vergleich verschiedener mikroskopischer Methoden zur Lebensaltersbestimmung an Brandknochen auf deren Einsetzbarkeit und Zuverlässigkeit hin.

Die paläopathologische Untersuchung von Brandknochen ist makroskopisch zwar nicht unmöglich, die Möglichkeiten der Diagnosen sind jedoch begrenzt und häufig lässt sich nicht unterscheiden, ob es sich um pseudopathologische Veränderungen infolge von Hitze einwirkung, durch Hitze verfälschte pathologische Veränderungen oder in der Tat um Spuren eines pathologischen Prozesses in postmortal wenig verändertem Zustand handelt. Einen Überblick der makroskopisch diagnostizierbaren pathologischen Veränderungen bietet in deutscher Sprache die Arbeit von B. Großkopf (Großkopf 2004). Auch in dieser Arbeit wird die Paläopathologie des Leichenbrandes im Kap. 9.4. *Paläopathologische Untersuchung* diskutiert. Das Ziel dieser Untersuchung ist zu testen, inwieweit die zusätzliche Anwendung radiologischer, rasterelektronenmikroskopischer und histologischer Methoden bei der Untersuchung von Leichenbränden eine bessere und sicherere Diagnose pathologischer Veränderungen an den Knochenresten erlaubt. Weiterhin soll überprüft werden, inwieweit die Einbeziehung histologischer Analysen eine sichere Abgrenzung von tatsächlichen Krankheitsspuren und Spuren postmortaler Einwirkungen, die Krankheitsspuren lediglich ähneln (Pseudopathologie), ermöglicht. Deshalb wurden in dieser Arbeit alle Knochenfragmente untersucht, die einen Verdacht auf einen stattgefundenen pathologischen Prozess erlauben. Für Vergleichszwecke sind auch die Fragmente für weitere Untersuchungen entnommen worden, die makroskopisch bereits als wahrscheinlich pseudopathologisch bewertet wurden. Die vergleichenden Differenzialdiagnosen werden vorgestellt und diskutiert. Die Ergebnisse werden in einem Katalog zusammengestellt und diskutiert. Dieser Katalog soll auch zu einfacheren Diagnosemöglichkeiten pathologischer und pseudopathologischer Zustände sowie zu Untersuchungen der Bestattungsrituale aus archäologischer Sicht und der Untersuchungen diagenetischer Prozesse aus biologischer Sicht beitragen.

Der nächste Punkt ist eine Untersuchung der verbrannten Knochenüberreste aus diversen historischen und urgeschichtlichen Perioden unterschiedlicher geografischer Regionen. In diesem Bezug wird als Arbeitshypothese die Vermutung gestellt, dass es keine wesentliche Rolle in der mikroskopischen Auswertung spielt, ob die Knochenüberreste aus der Bronzezeit, Römischer Kaiserzeit oder anderen Perioden stammen. Genau so wenig spielt auch die geografische Herkunft eine entscheidende Rolle. Wesentlich wichtiger sind die Verbrennungsstu-

fe und die postmortale Beschädigung sowie die Diagenese der Knochenüberreste. Diese Hypothese soll durch eine Untersuchung von Funden aus der Bronzezeit, Eisenzeit und Römischer Kaiserzeit aus Deutschland, Tschechien, der Slowakei und der Türkei überprüft werden. Es werden Knochenüberreste in möglichst verschiedenen Zuständen (Fragmentierungsgrad, Verbrennungsgrad, Beschädigung, Erosion) untersucht.

## 5. Methoden

Vor der Untersuchung wurden alle Knochen des zu bearbeitenden Grabes sortiert, gereinigt und präpariert. Für die Reinigung wurde die schonendste Variante benutzt: eine trockene Reinigung mit feiner Bürste unter einer Dunstabzugshaube. Dies stellt eine effektive, schnelle und vor allem schonende Methode dar, die auch dem Sieben der Fragmente durch unterschiedlich feine Siebe (vgl. Herrmann 1988, Maat 1995) vorzuziehen ist.

Das Waschen der verbrannten Knochen ist nicht zu empfehlen. Besonders schlecht erhaltene Brandknochen (Verbrennungsgrad II-IV) sowie Fragmente, deren Oberfläche mögliche Nachweise für pathologisch bedingte Veränderungen lieferte, sind aufgrund der Gefahr einer Beschädigung nicht gereinigt worden.

### 5.1. Makroskopische Untersuchungsmethoden

Makroskopische Untersuchungsmethoden der physischen Anthropologie bilden nach wie vor die Basis der Untersuchung von Brandknochen. Sie ermöglichen eine erste Lebensaltersdiagnose und bieten die einzige Möglichkeit für eine Geschlechtsdiagnose. Zusammen mit lupenmikroskopischen Untersuchungen stellen sie die erste Stufe zur Diagnose möglicher pathologischer Prozesse dar.

Nach der Reinigung erfolgte die Sortierung der Fragmente. Der gesamte Inhalt des Brandgrabes wurde auf einem hellen, gleichfarbigen Hintergrund (Papierblätter) ausgebreitet. Bei der Auswertung wurden Fragmente der Langknochen, des Schädels, der Wirbel, der Rippen und des Beckens sortiert. Schon bei der Sortierung wurden die Fragmente, die für die Alters- und Geschlechtsbestimmung aussagefähig sind, aussortiert oder gleich ausgewertet. Die Fragmente, die so vollständig waren, dass die anthropologischen Messstrecken (vgl. Knusmann 1988, Dokládál 1999, z.B. Durchmesser der Gelenkköpfe, Breite des Dens axis, Dicke des Schädeldaches u. a.) messbar waren, wurden gemessen und alle Fragmente auf Spuren intravitale pathologischer Prozesse untersucht. Diese erste Untersuchung erfolgte mit Hilfe einer Lupe und eines binokularen Mikroskops (Firma Zeiss, 10x – 40x Vergrößerung) bzw. eines Operationsmikroskops (Zeiss Op-Mi6). Auf diese Weise konnten zunächst eindeutig pseudopathologische Veränderungen (Risse, Erosion) von möglicherweise intravitale Neubildungen unterschieden werden. Nach der Sortierung erfolgte die Beschreibung des Grabes, der Vollständigkeitsgrad des Skelets wurde ermittelt und die vorliegenden Knochen in einer Skelettskizze markiert (Abb. 5.1). Anschließend wurden die Knochenfragmente ausgesucht, welche zur röntgenologischen, elektronenmikroskopischen oder histologischen Untersuchung bestimmt waren. Die abschließende Phase der makroskopischen Auswertung und

Bearbeitung bildete die Anfertigung makroskopischer Fotografien der für eine weiterführende Untersuchung ausgewählten Objekte. Die Aufnahmen wurden in schwarz-weiß mit einer analogen Kamera der Firma Leitz, oder in Farbe mit einer digitalen Kamera (Ricoh Caplio G3, 3,3 Mpixel) aufgenommen. Die Analogbilder wurden mit einem Scanner (Epson Perfection 4870 Photo) mit einer Auflösung von 2400 Pixel eingescannt.

### **5.1.1. Anzahl der Individuen MNI**

Die Bestimmung der Anzahl der vertretenen Individuen wurde anhand morphologischer Merkmale durchgeführt. Sie orientierte sich an dem möglichen doppelten Auftreten bestimmbarer Fragmente. Weiterhin wurden extreme Unterschiede in der Robustizität der Knochenüberreste, unterschiedliche Proportionen in der Größe der identifizierbaren Fragmente sowie andere Merkmale (wie z.B. Osteoporose u. a.) für die Bestimmung der MNI in Betracht gezogen. Unterschiedliche Verbrennungsgrade sind als ein eher unzuverlässiges Merkmal für die Festlegung der MNI zu bewerten, da innerhalb eines Brandgrabes extreme Unterschiede im Grad der Verbrennung vorliegen können (Dokládál 1999, Schultz 1986). Der Verbrennungsgrad ist daher nur dann als relevant bewertet worden, wenn z.B. unverbrannte Fragmente zusammen mit den Brandknochen identifiziert wurden. In dem Fall, dass in einem Grab wahrscheinlich oder sicher mehrere Individuen vorlagen, wurde eine Trennung der Individuen angestrebt.

### **5.1.2. Verbrennungsgrad**

Der Verbrennungsgrad des Leichenbrandes kann stark variieren, nicht nur zwischen verschiedenen Gräberfeldern und Gräbern, sondern auch innerhalb eines Grabes. Der Verbrennungsgrad hängt von Dauer und Temperatur des Verbrennungsvorganges ab (vgl. DeHaan 2008, Dokládál 1970, 1999, Großkopf 2004, Herrmann 1977a, Schultz et al. 2008, Symes et al. 2008, Wahl 1981), die an verschiedenen Stellen des Scheiterhaufens unterschiedlich sein kann. Auch die verschiedenen Bereiche des Körpers bzw. des Skelets sind unterschiedlich empfänglich für die Hitze. Zur allgemeinen Beurteilung jedes Brandgrabes ist deswegen eine möglichst genaue Einstufung (nach Dokládál 1999) ausgewählt worden. Die Aufteilung nach Dokládál (1999, s. Tab. I) wurde vorgezogen, da sie für archäologische Funde und nicht für die Zwecke der modernen forensischen Medizin (Mayne Correia 1997, Symes et al. 2008) entwickelt wurde. Die Bestimmung nach Mayne Correia (1997) unterscheidet lediglich "charred" (angebrannt, erhaltene innere Organe), "partial" (teilweise, erhaltenes Weichgewebe), "incomplete" (unvollständig, erhaltene Knochenteile) und "complete" (vollständig, erhalten nur Asche). Somit ist sie für archäologisches Knochenmaterial allenfalls bedingt geeignet.

Weiterhin wurde bestimmt, welcher Grad der Verbrennung am häufigsten vertreten war. Die Spuren der Hitzeveränderungen wurden mikroskopisch ausgewertet (s. Kap. 9.1).

Die Verbrennungsgrade wurden makroskopisch nach den Angaben von Dokládál (Dokládál 1999) bestimmt. Die Tabelle nach Dokládál (Dokládál 1999, 38, Tab. 1) ist eine Zusammenfassung der Ergebnisse mehrerer Autoren: Chochol (1955, 1958, 1961), Dokládál (1963, 1969), Malinowski – Porawski (1969), Herrmann (1973, 1976, 1977) und Wahl (1981, 1982).

Tabelle 1. Verbrennungsgrad, übersetzt nach Dokládál 1999, 38

Verbrennungsstufe	Verfärbung der Knochenpartikel	Bemerkung	Stufe der Hitze (Verbrennungstemperatur)
I unvollständig	gelbweißlich braungräulich	Aussehen fast wie unverbrannter frischer Knochen erste Schrumpfung (etwa um 1%) durch Wasserverlust (bis zu Temperatur 300°C) danach bis 750°C keine Schrumpfung	bis 200°C  um 250°C
II teilweise unvollständig	braun dunkelbraun schwarz	unvollständige Verbrennung bzw. Verkohlung der organischen Knochensubstanz	um 300°C  um 400°C
III vollständig	grau blaugrau (milchig hellgrau)	Innere Fläche der Compacta in einigen Fällen noch schwarz	um 550°C
IV vollständig bis kreidig	milchig weiß matt kreidig	kreidige Oberfläche Knochen wenig widerstandsfähig ab 750°C stärkere Verkleinerung (Schrumpfung) des Knochens	von 650°C bis 700°C
V kreidig	satt weiß weiß auch im Bruch	glatte Oberfläche zunehmend hart und fragil Entstehung parabolisch verlaufender Risse maximale Verkleinerung (Schrumpfung) im Durchschnitt um 10-20%	bis 800°C  ab 750°C  über 800°C

### 5.1.3. Fragmentierungsgrad

Der Fragmentierungsgrad informiert über die Größe der verbrannten Knochenfragmente und somit darüber, ob die Knochen nach der Verbrennung artifiziell zerkleinert wurden. Experimentelle Studien beweisen, dass nach der Verbrennung die Knochen größtenteils nur wenig fragmentiert sind; die Teile bleiben häufig im anatomischen Verbund (Dokládál 1999). Der Zerkleinerungsprozess läuft während des Ablöschens des Scheiterhaufens ab (Wahl 1981, Großkopf 2004), bzw. der Bergung der noch heißen Überreste und des Einfüllens der Fragmente in ein Gefäß, bzw. der absichtlichen Zerkleinerung der Knochen nach der Verbrennung (Dokládál 1999, Großkopf 2004).

Für die Auswertung wurde die Verteilung nach Wahl herangezogen (Wahl 1988, 48):

Tabelle 2. Fragmentierungsgrad, nach Wahl 1988, 48

Stufe	Kategorie	Größe
1	sehr klein	bis 15 mm linearer Durchmesser
2	klein	von 16 bis 25 mm
3	mittel	von 26 bis 35 mm
4	groß	von 36 bis 45 mm
5	sehr groß	über 46 mm

### 5.1.4. Gewicht

Das Gewicht der verbrannten Knochen ist nur als eine unterstützende Information zur Alters- und Geschlechtsbestimmung und für die grobe Einschätzung der Robustizität des Individuums zu sehen. Ein Gewicht der Brandknochen von über 2000 Gramm wird als Nachweis dafür gewertet, dass es sich um mehr als ein Individuum handeln muss (Herrmann 1988). Somit wird davon ausgegangen, dass in einem archäologischen Brandgrab nie ein vollständiges verbrannte Skelet zu finden ist (s. Repräsentanz, vgl. Liston 2007), da das Gewicht der verbrannten Knochen eines Menschen im Durchschnitt 2 430 Gramm beträgt (bei Männern durchschnittlich 2893g und bei Frauen 1840g, Warren – Maples 1997). Herrmann (1976a) stellte ein durchschnittliches Leichenbrandgewicht von 1841,6g bei Männern und 1711,3g bei Frauen fest. Nach Malinowski und Porawski (1969) wiegt ein männlicher Leichenbrand durchschnittlich 2003,7g und ein weiblicher 1539,5g.

In der vorliegenden Studie wurde der Leichenbrand erst nach einer sorgfältigen Reinigung und Präparation gewogen, damit die Ergebnisse möglichst wenig von verbliebener Erde und Staub beeinflusst werden. Das Gewicht wurden mit einer Genauigkeit von  $\pm 1$  Gramm bestimmt.

### 5.1.5. Repräsentanz

Die Repräsentanz informiert über die Vollständigkeit der Knochenüberreste eines untersuchten Brandgrabes (vgl. Dokládál 1999). Dies ist wichtig, da anhand dieser Information ausgewertet werden kann, ob nach der Verbrennung Überreste aller Teile des Skelets für die Bestattung aufgesammelt worden sind. Desweiteren kann auch der Erhaltungszustand des Grabes beurteilt werden. Dies ist von Bedeutung, da in geringer Tiefe befindliche Brandgräber durch Feldarbeiten beschädigt werden können. Als repräsentativ wurden die Leichenbrände bewertet, wenn Teile des Schädels, der oberen und unteren Extremitäten und des Rumpfes im Fundgut vertreten waren. Falls irgendeiner der Bereiche im Vergleich mit den anderen unproportional wenig vertreten war, geht dies aus der Beschreibung hervor.

### 5.1.6. Geschlechtsbestimmung

Die morphologische Geschlechtsbestimmung wurde anhand der üblichen makroskopisch befundbaren Merkmale durchgeführt (z.B. Ferembach et al. 1979, Stloukal et al. 1999). Die Merkmale des männlichen bzw. weiblichen Skelets lassen sich auch im fragmentarischen Leichenbrand oftmals bestimmen. Da die Schrumpfung der Brandknochen zu einer allgemeinen Grauzisierung führt, werden verbrannte Individuen häufig fälschlich als weiblich bestimmt (Herrmann 1972). Um diesen Fehler zu vermeiden wurde in der vorliegenden Untersuchung zuerst das Knochenmaterial aus einer größeren Anzahl der Brandgräber durchgesehen, um sich einen Überblick über die Robustizität und Größe der knöchernen Überreste der jeweiligen Population zu verschaffen. Generell ist festzuhalten, dass die Genauigkeit der makroskopischen Geschlechtsbestimmung von Brandknochen nicht die Zuverlässigkeit aufweist, die bei unverbrannten Skelettfunden erreicht wird. Aus diesem Grund wurden die befundeten Skelete in drei Stufen eingeteilt: 1) unbestimmbar, 2) tendenziell männlich bzw. weiblich und 3) wahrscheinlich männlich bzw. weiblich.

Als zusätzliche Methode der Geschlechtsbestimmung wurde die morphometrische Methode nach Gejvall (Gejvall 1948, 1963) eingesetzt. Die Methode basiert auf der Messung der Dicke bestimmter Knochenregionen (Calvarium, Protuberantia occ. externa – interna, Caput humeri, Compactabereiche des Femurs, Humerus und Radius, jeweils im mittleren Bereich der Diaphyse ohne Muskelansätze). Für die Auswertung wurden alle Knochenfragmente gemessen, die entsprechende Bereiche aufwiesen. Aus den gemessenen Werten wurde bei jedem Individuum der Mittelwert berechnet. Diese Methode ist von anderen Autoren (Chochol 1958, Dokládál 1999) als eine unterstützende, nicht aber eine entscheidende Aussage zur Geschlechtsdiagnose überprüft und akzeptiert worden. Da die Überschneidung der Geschlechts-

merkmale bei männlichen und weiblichen Individuen sehr breit gefächert ist, wurden nur solche Werte, die deutlich oberhalb oder unterhalb des Überschneidungsbereichs liegen, als Nachweis für die Geschlechtsbestimmung verwendet. Als zuverlässig wurde eine Geschlechtsbestimmung dann angesehen, wenn mindestens drei gemessene Werte eindeutig dem Varianzbereich des weiblichen oder männlichen Geschlecht zugeordnet werden konnten.

Als ein weiterer Nachweis zur Geschlechtsbestimmung ist die Messung der transversalen Breite des Dens axis nach Herrmann et al. (1990) verwendet worden. Die Methode ist für Brandbestattungen entwickelt worden, der trennende Punkt liegt bei 9 mm (Frauen < 9 mm < Männer). Die Methode nach Helmuth und Rempe (1968) ist für unverbrannte Skelete entwickelt worden und damit für Brandknochen nur bedingt einzusetzen. Es kann davon ausgegangen werden, dass abgesehen von der Schrumpfungsquote, die variabel ist und sich nach Angaben verschiedener Autoren unterscheidet (12% nach Wahl 1982, 10-12% nach Herrmann 1977a, 18% an Epiphysen und 12% an Diaphysen nach Rösing 1977, durchschnittlich 27% in der Breite bzw. 4,7-17,6% in der Länge nach Hummel – Schutkowski 1986 etc.), die Größe der Knochen nach Verbrennung generell kleiner ist als vor der Verbrennung. Liegen die Werte daher im männlichen Streubereich, kann mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass es sich um Überreste eines männlichen Individuums handelt. Dieses vereinfachte Verfahren ist nicht nutzbar, wenn die gemessenen Werte im Bereich des weiblichen oder unbestimmbaren Geschlechts liegen. Diese Vereinfachung ist meines Erachtens nach zuverlässiger, als z.B. die bei Rösing (1977) verwendete pauschale Berechnung der Schrumpfung von 18%, bzw. 12% für die Einsetzung der metrischen Methoden nach Martin und Saller (1957). Die multivariate statistische Methode (van Vark 1974, van Vark 1975) konnte nicht eingesetzt werden, da die aufgefunden Knochenfragmente in keinem Fall den für die Anwendung dieser Methode notwendigen Erhaltungszustand aufwiesen.

### 5.1.7. Makroskopische Altersbestimmung

Die Altersbestimmung wurde makroskopisch und mikroskopisch (histomorphologisch und histomorphometrisch) durchgeführt. Folgende Altersgruppeneinteilung fand Verwendung: *Infans-Ia* = von der Geburt bis zum Ende des 2. Lebensjahres, *Infans-Ib* = vom Anfang des 3. bis zum Ende des 6. Lebensjahres, *Infans-II* = vom Anfang des 7. bis zum Ende des 14. Lebensjahres, *Juvenis* = vom Anfang des 15. bis zum Ende des 19. Lebensjahres, *Adultus* = vom Anfang des 20. bis zum Ende des 39. Lebensjahres, *Maturus* = vom Anfang des 40. bis zum Ende des 59. Lebensjahres und *Senilis* = ab dem 60. Lebensjahr.

Für die makroskopische Altersbestimmung wurden die üblichen Methoden herangezogen, die z.B. in den „Europäischen Empfehlungen“ (Ferembach et al. 1979) oder in anderen anthropologischen Lehrbüchern (Szilvássy 1988; Stloukal et al. 1999) zusammengefasst sind. Zusätzlich fanden noch weitere Parameter Verwendung: Zahnentwicklung (Ubelaker 1978); Verschluss der Epiphysenfugen (Brothwell 1972); Obliteration der Schädelnähte (Vallois 1937, Rösing 1977); Relief der Symphysis pubica (Nemeskéri – Harsanyi – Acsádi, 1960). Für die Altersschätzungen der Kinderskelete wurden die Methoden nach Scheuer – Black (2000) und Acsádi – Nemeskéri (1970) angewendet. Während sich das Alter subadulter Individuen anhand charakteristischer Entwicklungsstufen im Regelfall relativ präzise bestimmen lässt, ist eine zuverlässige Altersbestimmung bei erwachsenen Individuen nicht mit gleicher Präzision möglich. Dies gilt im Fall von Brandknochen verstärkt. Die altersspezifischen Merkmale, die bei einem unverbrannten Skelet normalerweise problemlos zu erfassen sind, stellen bei Brandknochen häufig ein Problem dar. Die Abrasion der Zähne ist in der Regel nicht auszuwerten, da die Zahnkronen durch die Hitze einwirkung bersten und sich, wenn überhaupt, nur noch die Zahnwurzeln im Leichenbrand finden. Die Schädelnähte sind durch die Hitze einwirkung häufig gesprengt: Der durch die kochenden Körperflüssigkeiten zunehmende Druck innerhalb des Schädelinnenraumes zieht die nicht vollständig verwachsenen Schädelnähte als *Locus resistentiae minoris* auseinander. Der Obliterationsgrad der Schädelnähte ist deshalb häufig nur unter erschwerten Bedingungen anhand von Fragmenten nicht mehr zusammenhängender Schädelnähte zu bewerten. Die Auswertung beruht aus diesem Grund ausschließlich auf der Begutachtung der Morphologie der Verzahnung der Schädelnähte und dem Grad der Nahtobliteration (z.B. Spuren offener Diploeräume in der Schädelnaht, Großkopf 2004). Die Schädeldachbruchstücke sind häufig stark fragmentiert. Eine genaue Zuordnung eines Fragmentes bzw. einer Schädelnaht ist häufig nicht durchführbar. Normalerweise ist es möglich, die Fragmente der *Sutura coronalis*, *sagittalis* bzw. *lambdoidea* anhand ihrer morphologischen Merkmale zu bestimmen; die präzise Einordnung des Nahtabschnittes liegt jedoch außerhalb der Bestimmungsmöglichkeiten. Eine Auswertung anhand von Tabellen und Schemata (z.B. Vallois 1937, nach Rösing 1977) ist dementsprechend nicht realistisch. Die Bestimmung der Obliteration erfolgt daher anhand der allgemeinen Stufen des Verschlusses der Schädelnähte, wie sie von Broca (Broca 1875, aber auch von Martin – Saller 1957 sowie Stloukal et al. 1999) beschrieben worden sind. Die Möglichkeit einer groben Altersschätzung bei erwachsenen Individuen bietet der Vorhandensein bzw. das Fehlen einer altersbedingten Osteoporose. Die Spuren einer Osteoporose sind mit Hilfe einer Lupe oder eines binokularen Mikroskops auch bei Brandknochen diagnostizierbar. Differentialdiagnos-

tisch muss vor allem mit einer Überprägung durch hitzebedingte Risse gerechnet werden. Kleinste und kleine Risse im Knochengewebe können makroskopisch mit einem intravital aufgelockerten Knochengewebe verwechselt werden. In einigen Fällen kann aber auch eine trocknungsbedingte Schrumpfung ein osteoporotisches Gewebe zusammenziehen. Das ursprünglich poröse Gewebe wirkt dann in makroskopischer Betrachtung unverändert kompakt. Diese Abweichungen sind ohne mikroskopische Untersuchung nicht klar anzusprechen und eine histologische Altersbestimmung ist in allen fraglichen Fällen zu empfehlen. Auch die pathologisch bedingte Osteoporose (z.B. bei einer Inaktivitätsatrophie oder bei einer Ostitis) kann im Regelfall makroskopisch nicht von einer altersbedingten Osteoporose unterschieden werden, es sei denn, dass diese Prozesse von Änderungen der Knochenmorphologie (z.B. bei einer Osteomyelitis) begleitet werden. Eine Diagnose der Osteoporose kann aber als Hinweis auf ein höheres Alter des Individuums angenommen werden. Pathologische Prozesse (z.B. über einen langen Zeitraum schwere Krankheit und Unbeweglichkeit vor dem Tod) können auch bei jüngeren Individuen eine Osteoporose hervorrufen, bei Individuen im senilen Alter (60+) sind jedoch mindestens einige schwache Spuren von Osteoporose und zu erwarten. Ein Individuum ohne Spuren einer Osteoporose ist dementsprechend im Regelfall nicht als Senilis zu bewerten.

Aus diesen Gründen ist die makroskopische Altersbestimmung der verbrannten Skelete kompliziert und erfolgt bei erwachsenen Individuen normalerweise nur in breit definierten Stufen. So sind die Individuen ohne nachweisbare Osteoporose und ohne Spuren obliterateder Schädelnähte als *Adultus – Maturus* bestimmt worden, Individuen mit nicht auswertbaren Langknochen (z.B. durch hitzebedingte Risse stark beschädigte Langknochen) und Schädelnähte (nicht vorhandene oder durch Verbrennung und Erosion nicht auswertbare, aufgeplatzte Schädelnähte) als *Adultus +* und die Individuen mit Spuren von Osteoporose und nachweisbar verschlossenen Schädelnähten als *Maturus +* oder als *Senilis* bewertet worden. Schwache Spuren von Obliteration der Schädelnähte ohne Osteoporose ermöglichen eine Bestimmung als *Adultus II – Maturus*. Die subadulten Skelete sind je nach Erhaltungszustand möglichst präzise altersbestimmt worden. In den meisten Fällen ermöglicht der Erhaltungszustand lediglich eine grobe Einschätzung anhand der Größe der Knochenfragmente und der Stärke der Knochen in Altersklassen wie *Infans Ia – Infans Ib* oder *Infans II – Juvenis*. Die makroskopische Altersbestimmung, die auf allgemein anerkannten anthropologischen Methoden basiert, ist als Grundlage und Vergleichsbasis für die histologischen Untersuchungsmethoden verwendet worden. Die histologischen Untersuchungen sollten die Ergebnisse der Altersbestimmung präzisieren und die breit definierten Altersklassen eingrenzen. Falls sich die Ergebnisse

der makroskopischen und mikroskopischen Auswertungen deutlich unterscheiden, werden die Gründe und möglichen Erklärungen sowie Differentialdiagnosen diskutiert.

### 5.1.8. Paläopathologische Untersuchung

Die paläopathologische Untersuchung der verbrannten Knochen ist ein wenig erforschtes Gebiet. Die Auswertungen der krankhaften Veränderungen am Skelet liefern im Vergleich mit unverbrannten Knochen eine deutlich bescheidenere Menge an möglichen Diagnosen. Die Hitzeeinwirkung verändert die morphologischen Merkmale der Knochen, sowohl für Alters- bzw. Geschlechtsbestimmung als auch für die Diagnostik der pathologischen Prozesse, die sich am Skelet manifestieren. Diese Veränderungen zerstören einen unbestimmbar großen Anteil pathologischer Merkmale auf den Knochen und verhindern damit eine paläopathologische Auswertung in dem Maße, wie sie bei unverbrannten Skeleten gewöhnlich durchzuführen ist (vgl. Dokládál 1999, Schultz 1986). Dadurch ist die paläopathologische Studie einer als Leichenbrand vorliegenden Population zwingend unvollständig und somit nicht geeignet für breitere statistische Auswertungen der Mortalität und der Morbidität.

Die Untersuchung der pathologischen Veränderungen fängt mit einer gründlichen und sorgfältigen makroskopischen Betrachtung der Knochenfragmente mit Hilfe einer Lupe und eines binokularen Mikroskops an. Die Untersuchung beschränkt sich nicht nur auf die Begutachtung der Oberfläche des Fragmentes, wo in der Regel die meisten pathologischen Veränderungen zu finden sind (Neubildungen, Deformation etc.), sondern es werden auch die inneren Oberflächen (Oberfläche des Markraumes), die Spongiosa, wie auch die Compacta/Corticalis untersucht. Die Erfahrung zeigt, dass eine Untersuchung sehr kleiner Fragmente, die unter der Größe von 0,3 cm liegen, keine Ergebnisse liefert und deshalb unter dem Gesichtspunkt der Effektivität und des Zeitverlustes gesehen nicht durchgeführt werden sollte. Im Rahmen dieser Untersuchung sind jedoch alle Fragmente mit einer Lupe untersucht worden. Die Basis der paläopathologischen Auswertungen des Fundmaterials zu dieser Arbeit bildeten vor allem die Vorlesungen, Übungen und mündlichen Konsultationen bei Professor Michael Schultz (z.B. Schultz 1986, 1987, 1988b, 1993, 1997b, 2001, 2003a); zusätzlich wurde weitere anthropologische und paläopathologische Literatur herangezogen (z. B. Adler 1998, Aufderheide – Rodríguez-Martín 1998, Burkhardt – Fischer 1970, Dokládál 1999, Lichtenstein 1977, Ortner 2003, Steinbock 1976, Stloukal et al. 1999 u. a.).

## 5.2. Röntgenologische und rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen

Die röntgenologische Untersuchung wurde mit dem Gerät Hewlett – Packard Faxitron Series 43805N X-ray System durchgeführt. Die Röntgenfilme „Structurix“ des Herstellers Agfa mit der Filmempfindlichkeit von 7 (D7 DW) fanden Verwendung. Die Aufnahmen sind mit einem Scanner Epson Perfection 4870 Photo mit einer Auflösung von 7200 Pixel eingescannt worden.

Mit Hilfe von Röntgenaufnahmen wurden die verschiedenen Eigenschaften des Knochengewebes untersucht. Die Konsistenz (Dichte) des Gewebes wurde auf mögliche Spuren von Osteoporose überprüft; außerdem erfolgte eine genaue röntgenologische Untersuchung der Knochen mit vermuteten pathologischen Veränderungen und Spuren postmortalen Einflüsse, vor allem hitzebedingter Risse und Schrumpfungen der Knochenfragmente. Die röntgenologische Untersuchung der Langknochenfragmente auf Spuren von Osteoporose ist nur bei größeren Fragmente sinnvoll, da bei den kleinen Fragmente die beobachteten Merkmale nicht ausreichend aussagefähig sind und eine Gefahr einer Aussageverfälschung durch zufällige lokale Hitzeveränderungen gegeben sein kann. Die Auswertung der untersuchten Fälle wird in Kap. 7. *Röntgenologische Untersuchungen* und 10. *Diskussion* vorgestellt.

Die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung wurde mit einem Gerät DSM 90 Zeiss durchgeführt. Die fotografischen Aufnahmen wurden mit einer integrierten analogen Kamera aufgenommen und mit dem Scanner Epson Perfection 4870 Photo in einer Auflösung von 7200 Pixel eingescannt.

Die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung dient der Bestimmung eines intravitalen oder postmortalen Ursprungs der makroskopisch beobachteten Strukturen (z.B. Verdacht auf Neubildungen u. ä.). Die Auswertung der untersuchten Fälle wird in den Kap. 8. *Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen* und 10. *Diskussion* vorgestellt.

## 5.3. Mikroskopische Untersuchung

Die mikroskopische Untersuchung ausgewählter Knochenfragmente aus den Leichenbränden wurde unter dem Aspekte der histologischen Altersbestimmungen, der Auswertung von Spuren pathologischer Prozesse sowie Spuren postmortalen Veränderungen durchgeführt. Die Untersuchungen erfolgten mit einem Universalmikroskop und einem Photomikroskop II der Firma Zeiss sowie einem Polarisationsmikroskop DM-RXP der Firma Leica. Für die Betrachtung der mikroskopischen Präparate und Vermessen der Strukturen wurde ein Universal-lichtgerät Kraus – Lanooy verwendet. Die mikroskopischen Aufnahmen sind mit einer Digi-

talkamera Leica DFC 500 mit 8,0 Megapixel aufgenommen worden. Für die Vermessung des sichtbaren Feldes der Mikroskope ist ein Objektmikrometer mit 2 mm (geteilt in 200 Teile) der Firma Leitz Wetzlar verwendet worden. Für einen Vergleich der Ergebnisse unter Einfluss der unterschiedlich großen Sichtfelder des Mikroskops (vgl. Stout – Gehlert 1982) sind vier verschiedene Mikroskope (Universal Zeiss, Leica DM-RXP, Ultraphot Zeiss und Studentmikroskop Zeiss) mit zwei verschiedenen Okularsätzen verwendet worden. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind im Kap. 9. *Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen* und im Kap. 10. *Diskussion* aufgeführt.

### **5.3.1. Herstellung der histologischen Präparate**

#### **5.3.1.1. Vorbereitung der Probe**

Für die histologische Untersuchung wurden Proben der Knochen nach der makroskopischen Untersuchung und fotografischen Dokumentation entnommen. Die Blöckchen sind nach Möglichkeit in einer Länge von ca. 1 cm mit einer feinen Säge ausgesägt worden. Die kleineren Fragmente oder die Brandknochen, die aufgrund des schlechten Erhaltungszustands nicht gesägt werden konnten, wurden komplett eingebettet. Das gesamte Einbettungsverfahren ist nach der Methode Schultz – Drommer (1983) und Schultz – Brandt (s. Schultz 1988a) durchgeführt worden.

#### **5.3.1.2. Einbettung der Knochenpräparate**

Für die Einbettung des Knochenpräparates wird ein Kunststoff verwendet, der sich aus dem Epoxydharz Biodur® E 12 und dem Aminhärter E 1 zusammensetzt. Bei der Methode nach Schultz – Drommer (1983) und Schultz – Brandt (s. Schultz 1988a) werden unter Einfluss eines Vakuums Luft und Dichlormethan (Zwischenmedium) im Knochenpräparat durch den Kunststoff (Biodur®) ersetzt. Durch diese Art der Einbettung wird eine optimale Durchsetzung des Knochens mit dem Kunststoff erreicht, wodurch eine Deformierung des Knochens oder auch die Entstehung von Rissen oder Strukturverfälschungen verhindert wird.

Vor der Einbettung ist zuerst das Dichlormethan als Intermedium zur Entwässerung des Präparates eingesetzt worden. Im Dichlormethan lagen die Proben ca. 8 Stunden, da eine längere Aussetzung zu einer Beschädigung der Strukturen des verbrannten Knochens führen könnte. Üblicherweise wurden die Präparate über Nacht entwässert.

Das Epoxydharz Biodur® wird mit dem Härter im Verhältnis 100:28 Gewichtsanteilen gemischt. Die Knochenproben werden schnell in den Kunststoff eingebettet, so dass das Dich-

lormethan im Knochen nicht wieder durch Luft ersetzt wird. Für die Einbettung wurden Aluminiumschälchen mit einem Durchmesser von ca. 5 cm und einer Höhe von ca. 3 cm verwendet, wobei bis zu drei Proben in eine Schale gleichzeitig eingelegt werden können. Für das Vakuum wurde ein Exsikkator mit einem maximal erreichbaren Vakuum von fünf Millibar und eine Wasserpumpe (RZ 2 der Firma Vacuu Brand,  $5 \times 10^{-4}$  mb) mit einer Leistung von  $2 \text{ m}^3/\text{std}$  verwendet.

Die Intensität des Vakuums und damit die Geschwindigkeit des Einbettungsprozesses wird durch ein Ventil mit einem Bennert-Manometer mit einer Skala von 0 bis 200 mbar kontrolliert. Im Vakuum wird das Dichlormethan kontinuierlich aus dem Objekt extrahiert und durch Kunststoff ersetzt (Schultz – Drommer 1983). Wenn das Dichlormethan in Gasform zur Oberfläche steigt, wird das Epoxydharz in die tieferen Schichten der freigegebenen Räume eingesogen, wobei auch die feinsten Knochenstrukturen unbeschädigt durchtränkt werden.

Eine Regulation des Vakuums ist notwendig, weil eine zu schnelle Evakuierung des Exsikkators zu einer Beschädigung des Präparates führen könnte. Unter dem Einfluss eines zu starken Vakuums würden sich größere Gasblasen bilden, die während der Durchdringung des Gewebes dessen feinen Strukturen mechanisch zerstören könnten. Wenn das relative Endvakuum erreicht wurde, wird der Prozess der Evakuierung gedämpft. Nach dem Ende der Einbettung wird die Kammer des Exsikkators langsam wieder mit Luft gefüllt. Der gesamte Prozess dauert etwa sieben bis zehn Stunden. Die Anzahl der Gasblasen nimmt in späteren Phasen des Vorgangs ab; diese sind aber bis zum Ende der Plastination vorhanden. Die eingebetteten Fragmente werden in einem Heizofen bei einer stabilen Temperatur für drei Wochen ausgehärtet, bis der Kunststoff seine volle Festigkeit erreicht hat.

### **5.3.1.3. Herstellung der mikroskopischen Präparate**

Die eingebetteten Präparate werden nach der Aushärtung des Kunststoffes aus den Formen genommen und in kleine Blöckchen gesägt. Für das Sägen wurde die Säge des Herstellers Steg und Reuter mit 1600 Umdrehungen pro Minute mit einer Diamanttrennscheibe (Woco 93/6,  $150 \times 0,4$  mm der Firma Conrad) verwendet. Das Blöckchen wird an der Stelle des gewünschten Präparates durchsägt. Das Schleifen erfolgt mit Sandpapier Karborundum in Schritten mit aufsteigender Feinheit von P320 (Entfernen der Sägespuren) und P1200 trocken und P2400 und P4000 nass. Das geschliffene Blöckchen wird dann mit einer Juwelierpolierpaste poliert und mit dem Kunststoff Biodur® auf das Objektträgerglas geklebt. Nach der Aushärtung (3-5 Tage) wird überflüssiges Material abgesägt und mit einer Diamanttrennscheibe auf eine Stärke von ca.  $160\text{-}180\mu\text{m}$  getrimmt. Die Stärke wird mit einer Mikrometer-

schraube kontrolliert. Das Präparat auf dem Objektträger wird mit derselben aufsteigenden Reihe von Schleifpapieren und Politur bearbeitet. Das fertige Präparat wird mit einem Deckglas mit Biodur® als Klebemittel abgedeckt und beschriftet. Nach Aushärten des Biodurs® werden die Dünnschliffe von Resten des Kunststoffes gereinigt und sind fertig zur Untersuchung.

### **5.3.2. Mikroskopische Altersbestimmung: histomorphometrische Methoden**

#### **5.3.2.1. Langknochen**

Die histomorphometrische Altersbestimmung wurde nach Kerley (Kerley, 1965; Kerley – Ubelaker, 1978), und Wolf (Wolf 1999) ausgeführt. Hierbei handelt es sich um eine quantitative Bestimmung, bei der die Anzahl der Osteone, der interstitiellen Lamellen, der Nicht-Havers'schen Systeme und der Anteil der äußeren Generallamelle zur Altersbeurteilung herangezogen werden. Die Methode nach Kerley 1965 und Kerley – Ubelaker 1978 ist von mehreren Autoren modifiziert worden (Ahlquist – Damsten 1969, Uytterschaut 1993, Singh – Gunberg 1970, Thompson 1979 u. a., eine Zusammenfassung in Robling – Stout 2000), bleibt aber nach Ergebnissen der späteren Untersuchungen am zuverlässigsten (Stout 1989a, 1989b, Stout 1992). In einer neunstelligen Skala wurden die ersten sechs Plätze in Bezug auf die Genauigkeit der Altersbestimmung der Individuen mit bekanntem Sterbealter nach den von Kerley (1965) und Kerley – Ubelaker (1978) vorgelegten Regressionsformeln für die einzelnen Merkmale (vollständige Osteone, fragmentierte Osteone, Nicht-Havers'sche Systeme und äußere Generallamelle) der einzelnen untersuchten Knochen ausgezählt. Die Untersuchung betrachtete, entsprechend der originalen Methode (Kerley 1965), die primären Osteone ohne Zementlinie als Nicht-Havers'sche Systeme. Hingegen wurden die „double zone osteons“ (Martin – Armelagos 1985), d.h. Osteone mit zwei Zementlinien, eine auf der Oberfläche des Osteons und eine innerhalb der Lamellierung, in die Auswertung mit einbezogen. Die teilweise umgebauten Osteone (ein kleineres Osteon, das in einem unvollständig abgebauten Osteon gebildet wurde, sog. „type II osteons“ nach Jaworski et al. 1972, Ortner 1975, Richman et al. 1979) wurden als je ein vollständiges und ein fragmentiertes Osteon bewertet. An Brandknochen ist dieser Osteontyp oft schwierig nachzuweisen, da es oft nicht sicher ist, ob es sich um echte gedoppelte Zementlinien oder nur um eine hitzebedingte Verfärbung handelt (s. Kap. 9.1, die unmittelbare Nähe des Havers'schen Kanals weist oft durch den Hitzezug eine andere Intensität der Ruß-Verfärbung, Verbrennung und Farbe als das umliegende Gewebe auf). Deshalb wird die Untersuchung in polarisiertem Licht empfohlen, die anhand des Erhaltungszustandes der Kollagenfibrillen und deren Verlauf in der Regel eine

verlässliche Darstellung ermöglicht. Die Identifikation der Osteone bei Brandknochen ist ansonsten problemlos. Die Havers'schen Kanäle sind auch in völlig verkohlten Knochen meistens frei und damit klar erkennbar; die Zementlinien sind in der Regel zu identifizieren. Vorsicht ist bei den durch Hitzestauung deutlich vergrößerten Lakunen der Osteozyten angebracht, da die in manchen Fällen kleine Havers'sche Kanäle vortäuschen können. Um dies zu vermeiden, sind eine starke Vergrößerung (400x) und polarisiertes Licht zu empfehlen.

Die Zuverlässigkeit der Methode Ahlquist – Damsten (1969) ist erst an siebter Stelle bewertet worden (Stout – Gehlert 1980, Stout 1992). Weiterhin hat die Auswertung der Anzahl der Osteone (nach Kerley 1965) eine genauere Korrelation mit dem Alter zugelassen als die prozentuelle Auswertung der Lamellenknochen nach Ahlquist – Damsten 1969 (Stanley 1986, Stout – Stanley 1991). Die Methode nach Kerley (1965) und Kerley – Ubelaker (1978) wurde von Wolf (Wolf 1999) auf die Anwendbarkeit an Brandknochen mit bekanntem Sterbealter hin überprüft (s. Kap. 9.2.1.1.). Aus diesen Gründen findet diese Methode auch für die hier vorgelegte Untersuchung Verwendung. Die Ergebnisse werden ausführlich im Kap. 9. vorgestellt.

Für die Untersuchungen wurden die Mikroskope Phomi I und Phomi III der Firma Zeiss verwendet. Diese verfügen über ein Objektiv Apochromat mit 10x Vergrößerung, einen Zwischenmikroskop Optovar mit einer Vergrößerung von 1,25x und Okulare mit 10x Vergrößerung. Die Vergrößerung beträgt 125x und ist somit größer als die in der originalen Methode verwendete 100x. Das Optovar-Zwischenmikroskop beeinflusst aber die optischen Fähigkeiten des Mikroskops nur in Bezug auf die Sichtfeldgröße und verändert nicht die Auflösung des Bildes. Zur Kontrolle sind die Knochen eines der Gräberfelder (Šitbořice) mit einem zweiten Mikroskop, Leica Polarisationsmikroskop DM-RXP, untersucht worden. Das Leica-Mikroskop verfügt über Objektiv und Okulare mit 10x Vergrößerung, dies ergibt eine 100x Gesamtvergrößerung.

Das sichtbare Feld des Mikroskops wurde mit einer Mikrometerskala der Firma Leitz gemessen, deren Länge 2 mm beträgt und die in 200 Teile unterteilt ist. Der Durchmesser wird in der Mitte des Sichtfeldes gemessen. Die sichtbare Fläche wird mit der Formel für die Berechnung der Fläche eines Kreises ( $S = \pi r^2$ ) festgestellt. Für die Berechnung des Lebensalters wurden die Gleichungen für ein Sichtfeld von  $2,06 \text{ mm}^2$  entwickelt (Kerley – Ubelaker 1978). Die mit einem anderen Mikroskop erhaltene Werte müssen dementsprechend auf die

standardisierte Größe des Sichtfeldes umgerechnet werden. Dazu dient die einfache Gleichung:

$$\text{Korrekturfaktor (KF)} = \frac{2,06}{S},$$

wobei S die sichtbare Fläche jedes einzelnen Mikroskops darstellt.

Die Werte der in dieser Arbeit verwendeten Mikroskope sind:

Mikroskop Phomi III Zeiss:

Durchmesser des Sichtfeldes mit 125x Vergrößerung beträgt  $d = 1,47 \text{ mm}$ ,  $S = 1,697 \text{ mm}^2$ ,  $KF = 1,21$

Mikroskop Leica DM-RXP:

Durchmesser des Sichtfeldes mit 100x Vergrößerung beträgt  $d = 2,00 \text{ mm}$ ,  $S = 3,14 \text{ mm}^2$ ,  $KF = 0,66$

Daraus ergeben sich die modifizierten Gleichungen zur Altersbestimmung nach Kerley – Ubelaker (1978), die für das Mikroskop Phomi III Zeiss wie folgt aussehen.

#### **Anzahl der Osteone**

$$\text{Femur} \quad y = 2,278 + 0,187 (1,21x) + 0,00226 (1,21x)^2$$

$$\text{Tibia} \quad y = -13,4218 + 0,66 (1,21x)$$

$$\text{Fibula} \quad y = -23,59 + 0,74511 (1,21x)$$

#### **Anzahl der fragmentierten Osteone**

$$\text{Femur} \quad y = 5,241 + 0,509 (1,21x) + 0,017 (1,21x)^2 - 0,00015 (1,21x)^3$$

$$\text{Tibia} \quad y = -26,997 + 2,501 (1,21x) - 0,014 (1,21x)^2$$

$$\text{Fibula} \quad y = -9,89 + 1,064 (1,21x)$$

#### **Anzahl der Nicht-Havers'schen Systeme**

$$\text{Femur} \quad y = 58,39 - 3,184 (1,21x) + 0,0628 (1,21x)^2 - 0,00036 (1,21x)^3$$

$$\text{Tibia} \quad y = 67,872 - 9,07 (1,21x) + 0,44 (1,21x)^2 - 0,0062 (1,21x)^3$$

$$\text{Fibula} \quad y = 62,33 - 9,776 (1,21x) + 0,5502 (1,21x)^2 - 0,00704 (1,21x)^3$$

#### **Prozentualer Anteil der äußeren Generallamelle**

$$\text{Femur} \quad y = 75,017 - 1,79x + 0,0114x^2$$

$$\text{Tibia} \quad y = 80,934 - 2,281x + 0,019x^2$$

$$\text{Fibula} \quad y = 124,09 - 10,92x + 0,3723x^2 - 0,00412x^3$$

Die prozentualen Anteile der äußeren Generallamelle (GL) werden nicht mit dem Korrekturfaktor modifiziert.

Für das Mikroskop Leica muss der KF 1,21 mit KF 0,66 ersetzt werden.

Stout (1982) bestimmte eine statistisch relevante Abweichung bei den Auswertungen, die mit Mikroskopen mit großen Unterschieden im Sichtfeld (und damit im KF) durchgeführt worden sind. Um zu überprüfen, ob sich seine Ergebnisse auf die uns zu Verfügung stehenden Mikroskope übertragen lassen, wurde ein Lehrpräparat vom Femur (Alter 20-25 Jahre) mit vier verschiedenen Mikroskopen untersucht. Die folgenden Mikroskope standen zur Verfügung:

#### Ultraphot Zeiss

$d = 1,32 \text{ mm}$ ,  $S = 1,37 \text{ mm}^2$ ,  $KF = 1,5$

#### Leica DM-RXP

$d = 2 \text{ mm}$ ,  $S = 3,14 \text{ mm}^2$ ,  $KF = 0,66$

#### Phomi III Zeiss

a) mit originalen Okularen:  $d = 1,47 \text{ mm}$ ,  $S = 1,697 \text{ mm}^2$ ,  $KF = 1,21$

b) mit Okular des Studentenmikroskops Zeiss (zweites Okular wurde nicht benutzt!):  $d = 1,05 \text{ mm}$ ,  $S = 0,866 \text{ mm}^2$ ,  $KF = 2,38$

#### Monokulares Studentenmikroskop Zeiss

a) mit originalem Okular:  $d = 1,45 \text{ mm}$ ,  $S = 1,65 \text{ mm}^2$ ,  $KF = 1,25$

b) mit Okular des Phomi III Zeiss:  $d = 1,78 \text{ mm}$ ,  $S = 2,488 \text{ mm}^2$ ,  $KF = 0,83$

### **5.3.2.2. Rippe**

Zusätzlich zu den Methoden der Altersbestimmung am kompakten Knochengewebe der langen Knochen wurde die histomorphometrische Methode auch an Rippen verwandt (Stout – Paine 1992 und Stout – Lueck 1995). Da es sich um eine der wenigen Methoden handelt, die nicht an Langknochen durchgeführt wird, und da Rippenfragmente in Leichenbränden häufig identifizierbar sind, ist auch diese Methode für die Einsetzbarkeit für die Brandknochen überprüft worden.

Für die Untersuchung wurden acht Knochendünnschliffe aus dem Gräberfeld Oerlinghausen verwandt. Die Untersuchung wurde in jeweils sechs Feldern in jedem Dünnschliff durchgeführt. Die Verfasser der originalen Methode (Stout, Paine 1992) haben zwei Mikro-

skope mit 16x und 20x Objektiven und 10x Okularen benutzt. Für diese Untersuchung stand ein Mikroskop Universal Zeiss mit 10x, 25x und 40x Objektiven, 1,25x Zwischenring Optovar und 10x Okularen zur Verfügung. Der ausgezählte Wert des Messfeldes wurde auf einen Quadratmillimeter umgerechnet.

Die Feldgrößen wurden mit einer Leitz Mikrometerskala (Objektträger) gemessen:

Phomi III Zeiss:

a) mit 10x Objektiv (Vergrößerung 125x):  $d = 1,47 \text{ mm}$ ,  $S = 1,697 \text{ mm}^2$ , Korrekturfaktor für  $1 \text{ mm}^2$   $KF = 0,589$ ;

b) mit 25x Objektiv (Vergrößerung 312x):  $d = 0,56 \text{ mm}$ ,  $S = 0,246 \text{ mm}^2$ , Korrekturfaktor für  $1 \text{ mm}^2$   $KF = 4,065$

c) mit 40x Objektiv (Vergrößerung 500x):  $d = 0, \text{ mm}$ ,  $S = 0,108 \text{ mm}^2$ , Korrekturfaktor für  $1 \text{ mm}^2$   $KF = 9,259$

Für die Auswertung der umgerechneten Werte wurde die originale Gleichung für die Altersbestimmung an Rippen (Stout – Paine 1992, 113) verwendet:

$$L_n Y = 2,343 + 0,050877 X_r$$

wobei  $X_r$  = durchschnittliche Summe der intakten und fragmentierten Osteone pro Quadratmillimeter ist.

Anzumerken ist, dass es sich bei diesem Ergebnis um den natürlichen Logarithmus des Alters handelt.

### 5.3.2.3. Zähne

Die Untersuchung der Zahnzementringe soll gute Ergebnisse zur Altersbestimmung ergeben (vgl. Großkopf 2004, Wittwer-Backofen et al. 2004). Diese Methode eignet sich laut Großkopf (2004) auch sehr gut bei der Untersuchung verbrannter Zähne. Die Methode der Präparatherstellung für die Auswertungen der Zahnzementringe bei verbrannten Zähnen verlangt eine Serie von möglichst vielen Dünnschliffe aus jedem untersuchten Zahn. Dies dient dazu, die durch Hitze generell stark beschädigte Zahnwurzel an möglichst vielen Stellen zu untersuchen und eine erhaltene Stelle mit Zementringen zu finden (Großkopf 2004). So werden pro Zahn zehn oder sogar mehrere Dünnschliffe hergestellt (Großkopf, 2004, Großkopf, mündl. Mitt.). Das Verfahren der Herstellung der histologischen Präparate nach Schultz und Brandt (s. Schultz 1988a) bzw. Schultz und Drommer (1983) unterscheidet sich

aber von dem, welches für die Auswertung der Zahnzementringe verwendet wird, und ermöglicht nicht solche großen Serien aus einem eingebetteten Fragment. Die hier vorgestellte Untersuchung konzentriert sich auf die Einsetzbarkeit dieser Methode bei plastinierten histologischen Präparaten, deren Herstellung in Kap. 5.3.1. beschrieben wurde.

Eine ausführliche Auswertung der histomorphometrischen Methoden für Altersbestimmung erfolgt im Kap. 9.2. *Histologische Altersbestimmung* und im Kap. 10. *Diskussion*.

### **5.3.3. Mikroskopische Altersbestimmung: histomorphologische Methoden**

Die histomorphologische Altersbestimmung, bei der es sich um eine qualitative Untersuchung handelt (vgl. Schultz 1997a und 1997b), wurde mit dem Mikroskop im einfachen Durchlicht, im polarisierten Licht und im polarisierten Licht mit Hilfsobjekt 1. Ordnung Quarz (Zeiss Universal, Zeiss Phomi III, Leica DM-RXP) durchgeführt. Die histomorphologische Altersbestimmung wurde kritisch anhand der anderen verwendeten Methoden (makroskopische Altersbestimmung, histomorphometrische Methoden nach Kerley 1965; Kerley – Ubelaker 1978; Stout – Paine 1992 u.a.) ausgewertet und die Ergebnisse befinden sich im Kap. 9.2. *Histologische Altersbestimmung* und im Kap. 10. *Diskussion*.

### **5.3.4. Untersuchung der paläopathologischen und anderen speziellen Merkmale**

Die Befunde, die anhand der makroskopischen Untersuchung einen Verdacht auf ein pathologisches Geschehen erweckt haben, wurden histologisch untersucht. Der Grund der Untersuchung war die Frage, ob es sich in der Tat um pathologische oder durch Hitze oder Diagenese entstandene (und damit pseudopathologische) Veränderungen handelt. Die Untersuchung erfolgte nach Verfahren von Schultz (Schultz 1986, 1988b, 2001, 2003 u. a.). Die Auswertungen wurden mit einem Mikroskop Universal Zeiss, Phomi III Zeiss und Leica DM-RXP im einfachen Licht, polarisiertem Licht und polarisiertem Licht mit einem Hilfsobjekt 1. Ordnung Quarz durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in den Kap. 9.2. *Histologische Altersbestimmung* und 10. *Diskussion* zusammengefasst.

## 6. Material

Für die Untersuchungen standen Leichenbrände aus Tschechien, der Slowakei, Deutschland und der Türkei zur Verfügung. Die Gräberfelder datieren von der Bronzezeit über die Vorrömische Eisenzeit bis zur Römischen Kaiserzeit. Es handelt sich um kaiserzeitliche Gräberfelder aus Očkov (Slowakei) und Šitbořice (Tschechien) sowie um Einzelfunde der kaiserzeitlichen Gräberfelder in Kostelec na Hané, Morkovice, Náklo und Bílovice (Tschechien). Früheisenzeitliche Brandbestattungen entstammen Hügelgräbern in Haiger-Kalteiche (Deutschland). Die Leichenbrände vom Hügelgräberfeld von Oerlinghausen (Deutschland) sind in die späte Bronze- bzw. frühe Vorrömische Eisenzeit zu datieren. Auch die Streufunde aus den Gruben in Zeytinli-Bahçe (Türkei) stammen wahrscheinlich aus der Bronzezeit.

### 6.1. Übersicht der Brandbestattungsplätze der Römischen Kaiserzeit

#### **Bílovice (Ldkr. Prostějov)**

Während der Ausgrabung eines Gräberfeldes aus der mittleren und jüngeren Bronzezeit im Jahr 1998 wurde ein kaiserzeitliches Grab gefunden (Šmíd 1999a, b). Fundort „U Kříže“, früher „Padělky“, westlich des Dorfes gelegen, ca. 450 m. von der Mitte des Dorfes entfernt. Die Brandknochen stammen aus dem Museum in Prostějov (inv. Nr. 32/98; 936 59).

Grab Bí 1 32/98

#### **Kostelec na Hané (Ldkr. Prostějov)**

Das größte kaiserzeitliche Gräberfeld Mährens liegt 6 Kilometer nordwestlich von Prostějov beim Fundort „Prostřední pololány“; es ist etwa 600 m lang mit annähernd dreieckiger Form. Insgesamt wurden 448 Gräber beschrieben, ausschließlich Brandbestattungen. Leider wurde das Gräberfeld bereits während der 1920er Jahre von archäologischen Laien ohne ausreichende Dokumentation ergraben (Gottwald 1924, 1927, 1930, 1931a, 1931b, 1932), das Knochenmaterial ist nur in Ausnahmefällen erhalten (Nováček 2001). Das Gräberfeld datiert von der ersten Hälfte des 3. Jahrhunderts bis zum Ende des 4. Jahrhunderts n. Chr. Es wurde von J. Zeman archäologisch bearbeitet (Zeman 1961).

Die vorhandenen Gräber sind nicht vollständig dokumentiert, nach Angaben der zuständigen Museen ist eine Vermengung mehrerer Gräber wahrscheinlich.

Gr. 161 (Vlastivědné muzeum Olomouc, inv. Nr. A 14 783) – vermutlich Kinderbestattung mit geringer Beimengung von Erwachsenenknochen.

Gr. 391 (Vlastivědné muzeum Olomouc, inv. Nr. A 15 190) – Mischung von wenigstens zwei Gräbern (Kind und junger Erwachsener), noch ein älteres Individuum ist nur mit einem nicht verbrannten, stark abradierten Zahn vertreten, es ist als eine Beimengung (z.B. im Museum) aus einem anderen Grab (wohl eines ganz anderen Gräberfeldes) zu interpretieren.

Gefäß Nr. 51 (Muzeum Prostějov, inv. Nr. 142917) – im Gefäß sind die verbrannten Knochen erhalten, ohne vollständige Dokumentation. Nach den Unterlagen aus dem Katalog des Museums handelt es sich wahrscheinlich um Grab Nr. 6.

### **Morkovice - Slížany (Ldkr. Kroměříž)**

Zusammen mit einer Körperbestattung (Kriegergrab, ältere Kaiserzeit) wurden zusätzlich zwei Brandbestattungen aus der gleichen Zeitperiode gefunden (Červinka 1937, 1942).

Gräber: Mo 1 – eine Kinderbestattung (388/63, 15775-6, Moravské Zemské muzeum Brno)

Mo 2 – eine Kinderbestattung (388/63, 15773-4, Moravské Zemské muzeum Brno)

### **Náklo (Ldkr. Olomouc)**

Ungefähr 100 Gräber wurden ohne Dokumentation zerstört, später wurden im Jahr 1903 drei Gräber gefunden und dokumentiert (Fišara 1903; Rzehak 1918; Peškař 1972). Sie datieren in die jüngere Kaiserzeit. Im Museum in Olomouc ist der Inhalt eines Grabes erhalten (Nr. 745/64) Na 1

### **Očkov (Ldkr. Piešťany)**

Slowakisches Gräberfeld, das sich etwa 7 Kilometer nordwestlich von Piešťany nad Váhom befindet. Die ersten Funde wurden Anfang des 20. Jahrhunderts gemeldet, regelmäßige Ausgrabung wurde in den 1950er Jahren durchgeführt (Kolník 1956). Die Gräber aus Očkov sind ausschließlich Brandbestattungen, unverbrannte Skelete, die in älterer Literatur erwähnt wurden, sind nicht vorhanden. Die Gesamtzahl der Gräber aus Očkov ist nicht genau bekannt, weil die zusammenfassenden Erkenntnisse bislang nicht publiziert wurden. Es gibt einen Artikel, in dem ca. die Hälfte des tatsächlich ergrabenen Gräberfeldes (etwa 60 Gräber, Kolník 1956) beschrieben ist. Das Gräberfeld datiert in die jüngere Kaiserzeit, ab dem 3. Jahrhundert n. Chr. bis zum Ende der Römischen Kaiserzeit in der zweiten Hälfte des 4. Jahrhunderts n. Chr.

Insgesamt wurden 48 Gräber aus Očkov vom Mährischen Landesmuseum in Brno zur Verfügung gestellt: Oč A/55, 1a/53, 1b/53, 1c/53, 1/55, 2/53, 2/55, 3/55, 4/55, 5/53, 6/53, 6/55, 6b/55, 7a/53, 7b/53, 7/55, 8/55, 8b/53, 9a/53, 9b/55, 11/55, 12/55, 13/55, 15/55, 16/55, 17/55, 19/55, 20/55, 21/55, 22/55, 24a/55, 24b/55, 25/55, 27/55, 29a/55, 29b/55, 30/55, 31/55, 33/55, 34/55, 35/55, 36/55, 37/55, 39/55, 40/55, 41/55, 43/55, 44/55

### Šitbořice (Ldkr. Břeclav)

Südmährisches Gräberfeld, das sich etwa 22 Kilometer südöstlich von Brno befindet. Erste Funde stammen aus dem Jahr 1932 (fünf Gräber, Knochenmaterial nicht erhalten), regelmäßige Ausgrabungen wurden während der 1960er Jahre durchgeführt (Pernička, 1963, 1968-69). Das Gräberfeld wurde nicht komplett ergraben, insgesamt wurden 47 Gräber gefunden, aber die Abschätzung des Gesamtumfanges liegt bei etwa 100 – 150 Gräbern. Die Gräber sind ausschließlich Brandbestattungen. Die Ergebnisse sind nicht komplett publiziert und interpretiert worden, Fundbeschreibungen und anthropologische Auswertungen sind im Artikel von Droberjar – Kazdová (1993) publiziert.

Datierung: ältere Gruppe (22 Gräber) Ende der älteren Kaiserzeit (zweite Hälfte 2. Jh. n. Chr.) bis erste Hälfte 3. Jh., jüngere Gruppe (26 Gräber) zweite Hälfte 3. Jh. bis 4. Jh. n. Chr.

Die erste anthropologische Bearbeitung wurde von A. Lorencová durchgeführt, leider wurden aber nur die allgemeinen Ergebnisse ohne Angabe der eingesetzten Methodik publiziert (s. Droberjar – Kazdová 1993). Die Ergebnisse dieser Untersuchung finden sich in der nachfolgenden Tabelle 3.

Tabelle 3. Alters- und Geschlechtsbestimmung des Gräberfeldes Šitbořice nach Lorencová 1993

Grabnr.	# Individuen	Gewicht (Gramm)	Geschlecht	Altersbestimmung
6	1	660	weiblich	ad. – mat.
7	1	460	männlich	ad. – mat.
8	1	460	weiblich	ad.
9	1	10	Kind (?)	inf. II
10	1	230	männlich	juv.
11	1	330	männlich	mat.
12	1	375	männlich	ad. – mat.
13	1	10	weiblich (?)	juv. – ad.
14	1	35	?	?
15	1	140	männlich	ad.

Grabnr.	# Individuen	Gewicht (Gramm)	Geschlecht	Altersbestimmung
16	1	3	weiblich (?)	juv. – ad.
17	1	305	weiblich	ad. – mat.
19	1	600	männlich	ad.
20	1	140	männlich	ad.
21	1	245	männlich	ad.
22	1	445	weiblich	ad.
23	1	710	Kind	inf. II
24	1	750	männlich	ad. – mat.
25	1	630	männlich	ad. – mat.
26	1	130	männlich	ad.
27	1	25	?	ad. – mat.
28	1	110	Kind	inf. I – II
29	1	640	weiblich	mat.
30	1	770	Kind	inf. I – II
31	1	1250	männlich	ad.
32	?	10	?	?
33	1	240	Kind	inf. II
34	1	350	männlich	mat.
35	1	170	weiblich	ad.
36	1	450	männlich	juv. – ad.
37	1	470	weiblich	ad.
38	1	50	männlich	ad.
39	1	340	männlich	ad. – mat.
40	1	265	weiblich	ad.
41	1	805	weiblich	juv. – ad.
42	1	120	männlich	ad. – mat.
43	1	70	weiblich	ad.
44	1	50	?	ad.
45	1	70	männlich	ad.
46	1	20	?	ad. (?)
47	1	40	männlich	d. (adult?)
Gesamtergebnisse				
Geschlecht		Ältere Gruppe	Jüngere Gruppe	Gesamt
Weiblich		6	6	12
Männlich		8	11	19
Kinder		1	4	5
unbestimmbar		1	4	5
Gesamt		16	25	41

Die untersuchten Gräber tragen die Bezeichnungen 6-17 und 19-47. Die Ergebnisse dieser Untersuchung legen die Vermutung nahe, dass das Geschlecht nicht nur anhand der anthropologischen, sondern auch der archäologischen Methoden bestimmt worden ist. Nur so lässt sich die Geschlechtsbestimmung anhand der minimalen überlieferten Mengen der Leichenbrände (Grab 13: 10 Gramm, weiblich?; Grab 16: 3 Gramm, weiblich?; Grab 47: 40

Gramm, männlich) erklären, die sonst in der Regel nicht möglich ist. Zu bedauern ist die Präsentation der Ergebnisse ohne entsprechende Erklärung zur Methodik. Eine erneute Untersuchung mit Hilfe der modernsten Methoden ist daher unbedingt erforderlich. Von den für die erste Auswertung vorliegenden Gräbern standen einige Knochenüberreste bei der späteren Überprüfung nicht mehr zur Verfügung. Unsere Untersuchung beinhaltet daher im Vergleich mit der Arbeit von Lorencová (1993) folgende Gräber nicht: 23-25, 29-31, 33, 34, 38, 40-47 (vgl. Liste der Gräber). Zusätzlich standen für die Untersuchung die Funde mit der Bezeichnung X und Y zur Verfügung, wobei es sich nach der Erklärung der zuständigen Archäologin (E. Kazdová, mündl. Mitt.) um Brandknochen aus zerstörten Gräbern und um nicht zuzuordnende Streufunde handelt, die aus späteren Phasen der Ausgrabung stammen; ihre Zugehörigkeit ist unklar. Die histologische Untersuchung sollte aufklären, ob es sich um menschliche Überreste handelt und von wie vielen Individuen sie stammen.

Für die Untersuchung wurden vom Institut für Archäologie und Museologie der Masaryk Universität Brno Knochenüberreste aus insgesamt 26 Gräbern aus Šitbořice zur Verfügung gestellt: Ši X, Y, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 28, 32, 35, 36, 37, 39

## **6.2. Übersicht der Gräberfelder aus der Vorrömischen Eisenzeit und Bronzezeit**

### **Haiger-Kalteiche (Ldkr. Lahn-Dill-Kreis)**

Die Ausgrabungen in Haiger-Kalteiche lieferten außer einigen mittelalterlichen Siedlungsfunden auch ein eisenzeitliches Gräberfeld, das vom 6. – 1. Jh. v. Chr. datiert. Insgesamt sind 5 Grabhügel und ein Grabgarten mit sechs Bestattungen untersucht und dokumentiert worden (Verse 2003). Für die anthropologische Untersuchung wurden vom Seminar für Ur- und Frühgeschichte der Universität Münster insgesamt 10 Gräber übergeben: Grab 1-6, Grabhügel 1, 2, 4, 5

### **Oerlinghausen (Ldkr. Lippe)**

Die Ausgrabung der Hügelgräber in Oerlinghausen hat in den Jahren 1981-1983 stattgefunden (Pollmann – Geschwinde 1985). Es wurden drei Hügel ausgegraben, die als Rest eines größeren Hügelgräberfeldes noch erhalten waren. Im Hügel Nr. 1 sind anhand der älteren Öffnungen keine Funde festgestellt worden, ursprünglich enthielt es wahrscheinlich nur ein zentrales Grab. Der Hügel 2 enthielt Reste von mindestens 9 teilweise beschädigten Brandgräbern, die an den Anfang der Vorrömischen Eisenzeit zu datieren sind. Der jüngste Fund, die Fundstelle 1, datiert in die frühe jüngere Vorrömische Eisenzeit. Hügel 3 enthielt

Reste mehreren Bestattungen mit mindestens einer Urne und datiert in die Übergangsperiode zwischen Bronze- und Eisenzeit, Periode VI nach Montelius (Montelius 1896). Im Jahr 1947 ist von Laien noch ein weiteres Hügelgrab ausgegraben worden, aus dem keine anthropologischen Funde vorhanden sind (Pollmann - Geschwinde 1985).

### **6.3. Gräberfeld der mesopotamischen Bronzezeit**

#### **Zeytinli-Bahçe (Provinz Şanlıurfa, Kr. Birecik)**

Die Ausgrabung eines Siedlungshügels in der südlichen Türkei (etwa 3 km östlich des Flusses Euphrat und 20 km nördlich der türkisch-syrischen Grenze) lieferte neben zahlreichen byzantinischen sowie mittelalterlichen Gräbern unverbrannte Skelete aus der Bronzezeit, sowie einige Streufunde von bronzzeitlichen Brandgräbern. Die Leichenbrände stammen aus sekundären Lagerungen, keines der Gräber ist in Situ dokumentiert worden und die Zugehörigkeit zu einzelnen Individuen ist daher unklar. Für die Untersuchung standen Funde aus den Gruben K40: D5 (10) K40 Ib und D5 (15) K40 Ib; D5 (15) S1 und D5 (10) 3a, D5 (10)2a H zur Verfügung. Die erste Befundansprache der Grube K40 war eine byzantinische Abfallgrube, im Inhalt sind aber auch Artefakte aus dem Bronzezeit dokumentiert worden, sowie Streufunde aus mindestens vier Brandbestattungen. Die weiteren Gruben wurden als byzantinisch datiert (Balossi 2004, mündl. Mitt., Grabungsdokumentation). Zusätzlich wurde ein Femurfragment aus der Grube D5 (14) 1aS untersucht, da es sich anhand der Verfärbung und der makroskopisch beobachteten Dichte des Knochengewebes um eine Hitze einwirkung handeln konnte, dieses sollte histologisch überprüft werden.

### **6.4. Präparate von Individuen mit bekanntem Sterbealter**

In Rahmen dieser Untersuchung sind histologische Präparate von insgesamt 40 Individuen mit bekanntem Alter hergestellt worden. Die Präparate stammen aus den Oberschenkelknochen von 14 Individuen im Alter zwischen 46 und 93 Jahre (7 männlich und 7 weiblich) aus dem Institut für Pathologie in Bochum (Tabelle 4). Zusätzlich sind histologische Präparate aus den rechten und linken Femora von 20 Individuen im Alter zwischen 56 und 101 Jahren (12 männlich, 8 weiblich) aus dem Präparier-Kurs (Sommersemester 2005 und 2006) des Zentrums Anatomie der Universitätsmedizin Göttingen untersucht worden (Tabelle 5). In zwei Fällen sind Proben aus den Stümpfen von Oberschenkel-amputierten Personen (beide männlich, Alter 67 und 85) sowie zwei Proben von Personen mit Hüftgelenkprothesen (beide männlich, Alter 73 und 75) entnommen

worden, um zu bestimmen, wie sich die unterschiedliche Belastung in der mikroskopischen Struktur der Kompaktknochen darstellt.

Im Einzelnen handelt es sich um folgende Individuen:

Tabelle 4. Knochenproben Pathologie Bochum

Nummer	Knochen	Geschlecht	Sterbealter
2	Femur dx.	männlich	46
4	Femur dx.	männlich	53
5	Femur dx.	weiblich	56
6	Femur dx.	männlich	58
8	Femur dx.	weiblich	61
9	Femur dx.	männlich	63
10	Femur dx.	männlich	67
11	Femur dx.	männlich	69
13	Femur dx.	weiblich	76
14	Femur dx.	weiblich	78
16	Femur dx.	weiblich	82
17	Femur dx.	männlich	84
18	Femur dx.	weiblich	88
20	Femur dx.	weiblich	93

Tabelle 5. Knochenproben Zentrum Anatomie Göttingen

Indiv. Nummer	Knochen	Geschlecht	Sterbealter	Anmerkung
1661	Femur dx.	männlich	89	2005
1666	Femur dx.	weiblich	90	2005
1667	Femur sin.	männlich	88	2005
1668	Femur dx.	männlich	83	2005
1669	Femur dx.	männlich	83	2005
1671	Femur dx.	weiblich	75	2005
1673	Femur sin.	weiblich	84	2006
1674	Femur sin.	weiblich	85	2006
1676	Femur sin.	männlich	56	2006
1677	Femur sin.	weiblich	84	2006
1678	Femur sin.	weiblich	89	2006
1680	Femur sin. Femur dx.	weiblich	87	2006
1681	Femur dx. Femur sin.	männlich	65	2006
1682	Femur dx. Femur sin.	männlich	74	2006
1684	Femur sin. 2x Femur dx.	männlich	75	2006, Femur sin. Endoprothese Hüftgelenk
1685	Femur sin.	männlich	83	2006
1686	Femur dx. 2x Femur sin.	männlich	67	2006, Femur dx. amputiert

Indiv. Nummer	Knochen	Geschlecht	Sterbealter	Anmerkung
1687	Femur sin. Femur dx. 2x	männlich	85	2006, Femur dx. amputiert
1697	Femur sin.	weiblich	101	2006
1704	Femur sin 2x Femur dx.	männlich	73	2006, Femur sin. Endo- prothese Hüftgelenk

## 7. Röntgenologische Untersuchung

### 7.1. Očkov

#### **Očkov 5/53: 3 - Radius sin., distale Metaphyse**

Das Fragment des linken Radius, die distale Metaphyse (Abb. 7.1), wurde in anterior-posterior (Abb. 7.2) und lateraler (Abb. 7.3) Ebene geröntgt, jeweils beide mit 50 kV und 4,5 Minuten Belichtungszeit. Im Röntgenbild stellt sich der Knochen als robust gebaut, mit dichter Spongiosa und ohne Spuren einer Osteoporose dar. Es sind deutliche postmortale, durch Hitze entstandene Risse sichtbar. Die Struktur auf der Oberfläche, die makroskopisch an ein verbranntes und mit dem Knochen verschmolzenes Artefakt erinnerte, ist nur sehr schwach sichtbar. Erkennbar sind nur die Umrisse des Objektes, was eher durch feine Sandkristalle, die in die Oberfläche eingedrückt worden sind, zu erklären ist. Die nicht identifizierbare Masse, aus der das Objekt besteht, ist für die Röntgenstrahlung völlig durchgängig. Die einzigen strahlungsdichten Objekte sind größere Sandkörner (Steinchen), die in die Masse eingedrückt wurden. Anhand dieses Befundes ist das Objekt eher als organisch zu interpretieren, Buntmetalle sind ausgeschlossen.

#### **Očkov 7/55: a + b – Schädeldach, Os parietale**

Zwei Schädeldachfragmente, wahrscheinlich Ossa parietalia (Abb. 7.4 und 7.5), wurden axial (von oben senkrecht gegen die Oberfläche) und lateral (parallel zur Oberfläche) mit 50 kV und 4,5 Minuten geröntgt. Das kleinere Fragment ist in beiden Ebenen unauffällig (Abb. 7.6 und 7.7). Die Diploë zeigt eine regelmäßige Struktur der Bälkchen. Das Bild des größeren Fragmentes (Abb. 7.8) zeigt im lateralen Strahlengang eine Verdichtungen in der Diploë. Dieser Befund ist jedoch nicht ausreichend gesichert, um mit Sicherheit zu sagen, ob es sich um eine Überlagerung der Strukturen in der Projektion handelt. In der axialen Ebene ist die veränderte Struktur der Diploëbälkchen zu erkennen (Abb. 7.9). Die Diploë weist in der einen Hälfte des Fragmentes eine dichtere, fast kompakte Verfüllung auf. Die Verdichtung konzentriert sich in zwei Foci, dicht nebeneinander, mit unregelmäßig rundlicher Form. Die andere Hälfte des Fragmentes weist außer schwachen Spuren der Verbrennung (postmortal beschädigte Bälkchen der Diploë) keine Befunde auf. Eine sichere Diagnose ist anhand der röntgenologischen Aufnahme nicht möglich. Es könnte sich um einen osteoblastischen tumorösen Prozess handeln, der sich in Form von Metastasen in der Diploë des Schädeldaches ausgebreitet hatte. Differentialdiagnostisch kommt ein Reparaturprozess einer unspezifischen Entzündung in Frage. Aufgrund der röntgenologischen Untersuchung wurden beide Fragmente zur Anfertigung eines histologischen Präparates ausgewählt.

**Očkov 29a/55: 2 – Femur**

Das Fragment des Femurs wurde in zwei Ebenen geröntgt, einmal in anterior-posteriorer Ansicht (Abb. 7.10, 60 kV, 5 Minuten) und einmal lateral (Abb. 7.11, 60 kV, 5 Minuten). Der röntgenologische Befund ist unauffällig; allerdings sind typische hitzebedingte, ovale Risse gut zu sehen, die durch die schnelle Schrumpfung des frischen Knochengewebes in der Hitze entstanden sind (vgl. Baby 1954, Herrmann et al. 1990). Der Kompaktknochen ist sehr dicht, ohne Spuren von Osteoporose und deutet auf ein eher jüngeres Alter hin.

**7.2. Šitbořice****Šitbořice 7: 1 – Femur**

Die röntgenologische Untersuchung des Femurfragments aus dem Grab Šitbořice 7 wurde in zwei Ebenen, anterior-posterior und lateral, durchgeführt, in beiden Fällen mit einer Belichtungsintensität von 60 kV und einer Dauer von 5 Minuten. Beide Aufnahmen dokumentieren einen massiven Knochenbau mit starken postmortalen, hitzebedingten Veränderungen (Abb. 7.12 und Abb. 7.13). Die Risse zeigen die typischen Rissmuster, die bei lebendfrisch verbrannten Knochen zu beobachten sind (vgl. Baby 1954, Herrmann et al. 1990). Zum einen sind starke, ovale Risse zu sehen, die fast parallel zueinander und gegen die Richtung der Längsachse verlaufen. Zum anderen sind längliche, zur Längsachse parallel angeordnete Risse zu sehen. Die Compacta, die nicht durch Risse beschädigt ist, zeigt eine sehr dichte Struktur, die teilweise auf den ursprünglichen, d.h. natürlichen Aufbau des Knochens sowie auf die Schrumpfung in Folge der Hitze einwirkung zurückzuführen ist. Die Röntgenaufnahmen dokumentieren die Prozesse, die bei frischem Knochengewebe mit der Verbrennung einhergehen. Es sind keine pathologischen Merkmale zu sehen, der Knochen weist auch keine Spuren von Osteoporose auf.

**Šitbořice 19: 1 – Femur**

Das ca. 5 cm lange Fragment des Femurs aus dem Grab Šitbořice 19 ist in zwei Ebenen, anterior-posterior und lateral, geröntgt worden. Die Belichtungszeit betrug 5 Minuten bei 55 kV. In anterior-posteriorer Ansicht ist deutlich der sehr massive Knochen der Compacta des Individuums zu sehen, welches auch makroskopisch als wahrscheinlich männlich bestimmt wurde (Abb. 7.14). Im lateralen Ansicht ist ein typisches Muster hitzebedingter Risse erkennbar (Abb. 7.15), charakteristisch mit ihrem ovalen Verlauf (vgl. Baby 1954, Herrmann et al. 1990). Außer den hitzebedingten Rissen sind in lateraler Ansicht auch zwei unregelmäßig verlaufende Risse zu erkennen, die nicht durch die Hitze entstanden

sind. Diese Risse sind als Folge des Löschens des Scheiterhaufens, der Zertrümmerung der Knochenreste nach der Verbrennung, oder auch der Bodenlagerung zu interpretieren (vgl. Großkopf 2004).

### **7.3. Haiger – Kalteiche**

#### **Haiger – Kalteiche Grab 1: Tibiafragment**

Das Fragment der Tibia aus Grab 1 wurde zweimal in lateraler Orientierung geröntgt. Die Röntgenaufnahmen wurden mit 5 Minuten Belichtungszeit und jeweils 50 (Abb. 7.16) und 55 kV (Abb. 7.17) angefertigt. Die beiden Aufnahmen zeigen typische Muster der hitzebedingten Risse: spiralförmige Risse, die parallel zueinander verlaufen. Im metaphysären Bereich des Knochens sowie tief in der Diaphyse wurden Reste regelmäßiger, physiologischer Spongiosierung beobachtet. Dies spricht für ein eher jüngeres Alter. Der Bereich des Muskelansatzes (vermutlich Linea m. solei) ist spongiosiert und leicht aufgelockert. Die Auflockerung des Gewebes ist wohl auf eine postmortale Beschädigung zurückzuführen.

## **8. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen**

### **8.1. Bílovice**

#### **Bílovice 1**

##### **Präparat P 9069**

Das Präparat eines Fragmentes der Lamina interna des Schädeldaches (Abb. 8.1) zeigt eine plattenartige Struktur auf der Oberfläche (Abb. 8.2), die im elektronenmikroskopischen Bild nicht eindeutig zu interpretieren ist. Die Oberfläche der vermuteten Auflagerung ist stark erodiert, wie auf der Aufnahme mit höherer Vergrößerung deutlich zu erkennen ist (Abb. 8.3). Da die elektronenmikroskopische Untersuchung in diesem Fall keine genauere Diagnose ermöglicht, ist eine histologische Untersuchung notwendig.

### **8.2. Morkovice**

#### **Morkovice 1**

##### **Präparat 9070**

Das Präparat des Schädeldaches aus dem Grab Mo 1 (Abb. 8.4) zeigt deutliche Spuren der postmortalen Beschädigung, die möglichen pathologischen Merkmale sind nicht zu beurteilen. Die hitzebedingte Risse, Erosion durch Bodenlagerung und die Putzspuren betreffen die gesamte Oberfläche des Fragmentes (Abb. 8.5 - 8.8, grüne Pfeile). Auf der Oberfläche wurden Öffnungen beobachtet, die aufgrund der Ränder als intravital interpretiert werden können (Abb. 8.7). Solche Öffnungen stammen von Blutgefäßen, die nicht als pathologisch zu interpretieren sind, sondern, da es sich aufgrund des Befundes der Altersbestimmung um ein subadultes Individuum handelte, eher auf aktive Wachstumsprozesse beim Kind zurückzuführen sind. Eine Stelle erinnert an eine flache Auflagerung, ist aber zweifellos als ein postmortales, hitzebedingtes Artefakt zu interpretieren (Abb. 8.8). Das Präparat liefert keine Hinweise auf einen pathologischen Prozess.

##### **Präparat 9071**

Das Präparat eines Langknochens (Femur oder Tibia) aus dem Grab Morkovice 1 (Abb. 8.9) zeigt in schwacher Vergrößerung eine Längsstreifungs-ähnliche Oberfläche (Abb. 8.10). Bei höherer Vergrößerung sind die Veränderungen aber eindeutig als postmortale Artefakte durch hitzebedingte Risse und Erosion zu identifizieren (Abb. 8.11). Die mikroskopische Untersuchung des Präparates ist nicht nötig.

## **Morkovice 2**

### **Präparat 9072**

Das Präparat des Schädeldaches aus dem Grab Morkovice 2 (Abb. 8.12) ist stark postmortal beschädigt worden. Die makroskopisch bestimmten Auflagerungen oder Auflagerungs-ähnlichen Strukturen sind eindeutig als postmortale Artefakte zu interpretieren. Eine Abbildung stellt die hitzebedingten Risse, Erosion und die streifigen Putzspuren dar (Abb. 8.13). Ein Lochdefekt, der ursprünglich als Öffnung eines Gefäßkanals befundet worden ist, erwies sich in hoher Vergrößerung als eindeutig stark postmortal erodiert und dadurch vergrößert (Abb. 8.14). Es ist nicht auszuschließen, dass eine intravitale Öffnung nur durch Hitze und Erosion nachträglich verändert worden ist. Die netzartige Struktur auf der Oberfläche kann auf den ersten Blick mit einer intravitale Veränderung, als Folge eines hämorrhagisch-entzündlichen Prozesses, verwechselt werden. Bei höherer Vergrößerung ergibt sich aber zweifelsfrei das Bild einer postmortalen Beschädigung (Abb. 8.15). Die elektronenmikroskopische Untersuchung identifiziert die vermuteten pathologischen Merkmale zweifellos als postmortale „Pseudopathologie“, eine histologische Untersuchung ist deswegen nicht nötig.

### **8.3. Očkov**

#### **Očkov 9b/55**

##### **Präparat P 9078**

Das Präparat eines Fragmentes des Schädeldaches ist in makroskopischen Auswertung als Verdacht auf intravital angelegte Veränderung (poröse Knochenauflagerung und Gefäßimpressionen) im Sinne einer hämorrhagisch-entzündlichen Neubildung interpretiert worden (Abb. 8.16). In einer höheren Vergrößerung können die vermuteten Gefäßabdrücke als erodierte hitzebedingte Risse identifiziert werden (Abb. 8.18). Die auflagerungsähnliche Struktur auf der Oberfläche lässt sich als eine beschädigte, aufgeplatzte Lamelle des Knochengewebes erkennen, die zusätzlich durch Versinterung auffällig aus der Knochenoberfläche aufsteigt (Abb. 8.19). Der Fall ist als eine Pseudopathologie zu bewerten und eine histologische Untersuchung deswegen nicht notwendig.

#### **Očkov 15/55**

##### **Präparat P 9077**

Das Präparat eines vermutlich bearbeiteten Knochenfragmentes, das makroskopisch als geglätteter und durchbohrter Knochen interpretiert wurde (Abb. 8.20), ist wegen möglicher Bearbeitungsspuren auf der Oberfläche und besonders am Rand der vermutlich durch-

bohrten Öffnung elektronenmikroskopisch untersucht worden. Das Bild (Abb. 8.21) zeigt eine glatte Oberfläche ohne nachweisbaren Spuren der Bearbeitung. Es ist anzunehmen, dass alle Bearbeitungsspuren postmortal der Hitze zu Opfer gefallen sind. Die Öffnung (Abb. 8.22) ist auch im rasterelektronenmikroskopischen Bild regelmäßig, es sind aber keine überzeugenden Hinweise dafür vorhanden, dass sie in der Tat bearbeitet (durchbohrt) ist. Auch bei näherer Betrachtung (Abb. 8.23) ließen sich keine Spuren der Bearbeitung nachweisen. Wie im Fall der Oberfläche ist anzunehmen, dass mögliche Bearbeitungsspuren durch die Verbrennung zerstört oder verändert und verfälscht worden sind. Die elektronenmikroskopische Untersuchung kann die Vermutung der Bearbeitung des Objektes nicht bestätigen. Das Präparat P9077 wurde zur weiteren Abklärung des Sachverhaltes auch histologisch untersucht.

### **Očkov 36/55**

#### **Präparat P 9156**

Das Fragment der Schädelbasis wies in der makroskopischen Untersuchung eine poröse Oberfläche der Lamina externa sowie der Lamina interna auf (Abb. 8.24). Auf der Oberfläche der Lamina interna wurde außerdem eine mögliche (schlecht erhaltene und durch Hitze stark beschädigte) Auflagerung identifiziert. Die elektronenmikroskopische Untersuchung bestätigt den intravitalem Ursprung der porösen Oberfläche der Lamina interna (Abb. 8.25), vermutlich infolge einer Hypervaskularisation. Die Oberfläche ist zudem stark postmortal beschädigt. Einige der Lochdefekte wurden in höherer Vergrößerung als postmortal entstanden bestimmt (Abb. 8.26). Somit war die Knochenoberfläche intravital tatsächlich weniger porös, als sie bei der Untersuchung vorlag. Die postmortale Beschädigung ist auch anhand hitzebedingter Risse zu erkennen (Abb. 8.25). Die bei der makroskopischen Betrachtung vermutete Auflagerung, die zusätzlich zu den Öffnungen auf der Oberfläche der Lamina interna zu sein schien, konnte im elektronenmikroskopischen Bild eindeutig als postmortale Beschädigung identifiziert werden (Abb. 8.27). Die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung kann in diesem Fall eine Pseudopathologie (vermutete Auflagerung) identifizieren, die Bestimmung der wohl intravitalem Hypervaskularisation kann durch diese Untersuchung bestätigt werden. Eine sichere Diagnose, ob die Veränderungen pathologisch oder physiologisch sind, ist aber trotzdem nicht möglich. Das Fragment musste histologisch untersucht werden.

#### **Präparat P 9157**

Bei dem Präparat handelt es sich um die Lamina externa des Fragmentes der Schädelbasis, dessen Lamina interna als Präparat P 9156 untersucht wurde. Die makroskopische Di-

agnose stellte eine vermutlich intravital entstandene poröse Oberflächenstruktur als mögliche Folge einer Hypervaskularisation fest. Die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung bestätigt zweifelfrei den intravitalen Ursprung der Porosität (Abb. 8.28). Die Oberfläche ist fein, regelmäßig porös, mit einigen größeren Gefäßkanälen und der REM-Befund belegt die Diagnose einer intravitalen Hypervaskularisation. Die Öffnungen in der Oberfläche waren die Foramina der feinen Blutgefäße unter der hypervaskularisierten Knochenhaut, die größeren Öffnungen stammen vermutlich von Blutgefäßen der Knochenhaut. Auch in diesem Fall ist also ein intravitaler Ursprung der makroskopisch festgestellten Veränderungen bestätigt worden, aber genau wie im Fall P 9156 kann eine genaue Entscheidung, ob es sich um die Folgen eines pathologischen oder physiologischen Geschehens handelt, wegen der nicht bekannten Lokalisierung des Fragmentes nicht getroffen werden.

### **Präparat P 9075**

Das Präparat stammt aus einem Fragment der Orbita mit Teil des Arcus superciliaris, dessen äußere Oberfläche eine stark poröse Struktur aufweist (Abb. 8.29). Aufgrund der makroskopischen Ansprache ergab sich ein Verdacht auf eine ausgebreitete Stirnhöhlenentzündung. Im rasterelektronischen Bild sind die postmortal bedingten Risse und die teilweise sehr fest eingebackene Sandkerne, die wegen der Fragilität des Knochengewebes nicht zu entfernen waren, deutlich erkennbar (Abb. 8.30). In höherer Vergrößerung ist der intravitaler Ursprung der porösen Oberflächen klar zu diagnostizieren (Abb. 31). Die Porosität ist fein und regelmäßig und auch trotz häufiger hitzebedingter Risse klar zu erkennen. Dies bestätigt den Verdacht des intravitalen Ursprung der Veränderungen und somit das Vorliegen eines pathologischen Prozess. Eine genaue Diagnose soll die histologische Analyse liefern.

### **Očkov 43/55**

#### **Präparat P 9073**

Das Präparat eines nicht näher bestimmbar Langknochenfragmentes weist makroskopisch außer einer postmortalen Beschädigung auch einen kleinen Bereich mit möglicherweise Spuren einer Muskelzerrung, einer Myotendopathie (8.32, roter Pfeil), auf. Es besteht der Verdacht, dass es sich um eine intravitale Veränderung handeln könnte, die zum größten Teil postmortal beschädigt wurde. Die makroskopische Untersuchung erlaubt jedoch nicht, die Strukturen eindeutig einem intravitalen traumatischen Prozess oder einer postmortalen, hitzebedingten Veränderungen zuzuschreiben. Durch die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung ergab sich ein eindeutiger Befund. Es handelt sich um eine postmortale Verände-

rung, da die Risse auf dem Muskelansatz überwiegend als postmortal entstanden zu interpretieren sind (Abb. 8.33). Es handelt sich um aufgeplatzte, unregelmäßige Knochenfragmente ohne Spuren intravitale Veränderungen, wie abgerundete Kanten eines heilenden oder verheilten Prozesses. Die Risse sind parabolisch angeordnet (Abb. 8.33, rote Pfeile), wie es bei verbrannten frischen Knochen (einer Brandbestattung) typischerweise zu beobachten ist (vgl. Kap. 9.1). Eine Stelle in der Nähe des Bruchrandes kann in niedrigerer Vergrößerung als intravital missinterpretiert werden. Die höhere Vergrößerung identifiziert sie aber ebenfalls als eine postmortale Veränderung, verursacht durch feinste Risse im Kompaktknochen (Abb. 8.34, gelber Pfeil). Seitlich der ursprünglich vermuteten Myotendopathie ist eine poröse Fläche gefunden worden. In niedriger Vergrößerung erinnert die Veränderung an eine intravitale poröse Auflagerung, die wohl als eine hämorrhagisch – entzündliche periostale Reaktion zu interpretieren wäre (Abb. 8.35). Eine Untersuchung in hoher Vergrößerung (Abb. 8.36) identifiziert die Veränderungen als durch Bodenerosion stark beschädigte Oberfläche, die keinen überzeugenden Hinweis auf einen intravitale Prozess bietet. In beiden Fällen handelt es sich um eine Pseudopathologie.

#### **Očkov 44/55**

#### **Präparat P 9074**

Das Präparat eines näher nicht identifizierbaren Fragmentes des Schädeldaches wies makroskopisch Spuren einer flachen, porösen Auflagerung auf (Abb. 8.37), die als eine hämorrhagisch-entzündliche Auflagerung interpretiert werden könnte. Die elektronenmikroskopische Untersuchung bestätigt bereits bei geringer Vergrößerung die makroskopische Diagnose (Abb. 8.38); es handelt sich in diesem Fall um eine intravitale Veränderung. Die größere Vergrößerung (Abb. 8.39) zeigt die durch Hitze teilweise beschädigte Oberfläche der Lamina interna sowie eine leichte Erosion und Quarzeinlagerung. Die scharfen, nicht durch Verbrennung oder Erosion postmortal beschädigten Ränder der unregelmäßig gebauten Auflagerung sind jedoch klar erkennbar. Die Auflagerung weist eindeutig eine Verbindung mit der Oberfläche auf, ist also teilweise integriert, die Ränder ‚verschmelzen‘ stellenweise mit der ursprünglichen Oberfläche. Die Form der Neubildung mit zungenartigen Platten, die Foramina der ehemaligen Gefäße der hypervaskularisierten Knochenhaut (hier die harte Hirnhaut) enthalten, deutet mit großer Wahrscheinlichkeit auf einen hämorrhagischen Prozess hin, der bereits verheilt oder doch in Verheilung begriffen war. Die durch die elektronenmikroskopische Untersuchung gesicherte Diagnose lautet daher ein verheiltes, hämorrhagisch-entzündliches

Prozess auf der Lamina interna des Schädeldaches. Die mögliche Ursache wäre eine epidurale, traumatisch bedingte Blutung.

#### **8.4. Haiger – Kalteiche**

##### **Haiger – Kalteiche Grab 2**

###### **Präparat P 9158**

Die makroskopische Untersuchung ergab bei dem Präparat 2/1 eine longitudinale Streifung auf der Oberfläche des Langknochens (Abb. 8.40). Ursächlich könnte hierfür eine unspezifische Stresseinwirkung sein; differentialdiagnostisch kommt jedoch auch eine Pseudopathologie infolge Hitzeeinwirkung und Erosion in Frage.

Die elektronenmikroskopische Untersuchung bestätigt einwandfrei einen postmortalen Ursprung des Befundes (Abb. 8.41). Schon eine schwache Vergrößerung zeigt eine postmortale Erosion der Oberfläche und lässt vermuten, dass die Oberfläche auch durch Putzen nach der Ausgrabung beschädigt worden ist. Die zwei weiteren Bilder in höherer Vergrößerung zeigen die postmortale Erosion der Oberfläche (Abb. 8.42), sowie die Putzspuren (Abb. 8.43). Eine hohe Vergrößerung zeigt die Putzspuren auf der Oberfläche mit Resten versinterten Sandes, (Abb. 8.44). Mit diesem Befund ist der Fall eindeutig als Pseudopathologie einzuschätzen.

##### **Haiger – Kalteiche Grab 2**

###### **Präparat P 9159**

In makroskopischer Betrachtung zeigte ein Langknochenfragment, wahrscheinlich von Femur oder Tibia stammend, eine mutmaßliche Neubildung auf einer ca. 3x2 mm großen Fläche (Abb. 8.45).

Die elektronenmikroskopische Untersuchung bestätigt einen postmortalen Ursprung des Befundes (Abb. 8.46). Es handelt sich um ein Fragment der Spongiosa, das in einen postmortal entstandenen Lochdefekt der Compacta gedrückt worden ist. Die Oberfläche des Langknochens ist an dieser Stelle postmortal stark beschädigt worden (Abb. 8.47). Der Lochdefekt ist wohl als ein hitzebedingter Riss in der Compacta zu bewerten. Auch die Oberfläche des Spongiosafragmentes ist stark durch Hitze beeinflusst und erodiert (Abb. 8.48). An einer Stelle ist ein rundliches Objekt nachgewiesen worden, das an eine tumoröse Neubildung erinnert. Es handelt sich aber wohl um ein Sandkorn, Steinchen oder ähnliches (Abb. 8.49). Der Fall ist als eine Pseudopathologie zu bewerten.

## 9. Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchungen der Leichenbrände vorgestellt. In erster Linie wird auf postmortale Veränderungen eingegangen, da diese die Ergebnisse aller anderen Auswertungen beeinflussen, oder in manchen Fällen sogar behindern. Des Weiteren folgen die Auswertungen der Methoden zur Altersbestimmung mit Hilfe aller bei dieser Untersuchung verwendeten Methoden sowie die Ergebnisse der Untersuchung der Knochenüberreste aus verschiedenen Zeitperioden und geografischen Regionen. Letztlich werden die Möglichkeiten der paläopathologischen Untersuchungen vorgestellt.

### 9.1. Die postmortalen Veränderungen

Die postmortalen Einflüsse, welche während und nach der Feuerbestattung auf die menschlichen Überreste eingewirkt haben, können in zwei Hauptgruppen eingeteilt werden. Es handelt sich zum einen um die direkten Folgen der Verbrennung, wie z.B. Schrumpfung und Deformation des Knochengewebes sowie damit verbundene Rissmuster und die Destruktion des Kollagens. Die Prozesse der Verbrennung und die Einwirkung des Feuers auf den menschlichen Körper werden z.B. beschrieben bei Großkopf (2004) und DeHaan (2008). Die zweite Gruppe bilden die Auswirkungen der Bodenlagerung beim archäologischen Fundmaterial. Den wichtigsten Einfluss auf die Aussagemöglichkeiten der makroskopischen und auch mikroskopischen Methoden hat der Verbrennungsprozess selbst, abhängig von Dauer und Intensität der Verbrennung. Je nach Zustand des verbrannten Materials (weiche, kreidig verbrannte Knochen der Verbrennungsstufe II-III, oder auch glasartig-harte, feste Knochen der Stufe V) unterliegen die Knochenüberreste dem nächsten wichtigen Faktor, der postmortalen Diagenese. Unter Diagenese versteht man die taphonomischen Prozesse von Bodenerosion, Wasser und Temperaturschwankungen während des Jahres sowie von biologischen Einflüssen (Wachstum von Bakterien, Algen und Pilzen, Pflanzenwurzeln, Beschädigung durch Tiere) auf den bodengelagerten Knochen (vgl. Großkopf 2004, Wahl 1982). Außerdem sind auch anthropogene Einwirkungen auf die verbrannten Knochen, sowohl direkt nach der Verbrennung als auch zu einem späteren Zeitpunkt, nicht außer Acht zu lassen. Zu den ersteren gehören Bestattungsriten wie das Löschen des noch heißen Scheiterhaufens, das absichtliche Zertrümmern der Knochen vor der Bestattung, sowie die Beisetzung in Urnen oder Grubengräbern o.ä. (Dokládál 1999, Großkopf 2004, Wahl 1988). Die oftmals sehr flachen Brandgräber werden häufig durch Feldarbeiten und Oberflächenerosion beschädigt oder sogar zerstört. In vielen Fällen wurden nur durch Zufall unvollständige, bereits durch den Pflug beschädigte Gräber gerettet. Auch unprofessionelle Ausgrabungen sind zu nennen, bei denen Leichen-

brände unsachgemäß geborgen oder erst gar nicht für eine anthropologische Auswertung aufbewahrt wurden (vgl. Großkopf 2004, Nováček 2001). Des Weiteren entstehen Schäden durch Schlämmen oder Waschen der Leichenbrände, bei denen die Oberflächen sowie spongiöse Strukturen regelrecht wegerodieren, sowie durch eine unvorsichtige Handhabung des Knochenmaterials bei der anthropologischen Auswertung.

In diesem Kapitel werden die Veränderungen beschrieben, die an mikroskopischen Dünnschliffen festgestellt werden konnten. Die makroskopischen Veränderungen der Knochenüberreste wurden ausführlich in vielen anthropologischen Arbeiten über Leichenbrand beschrieben (z.B. Herrmann et al. 1990, Dokládál 1999, Großkopf 2004, Symes et al. 2008 u.a.). Die mikroskopischen Veränderungen von Brandknochen untersuchten z.B. Bradtmiller und Buikstra (1984), Cattaneo et al. (1999), Herrmann (Herrmann 1972b, 1973, 1977a, 1977b, 1988), Hummel und Schutkowski (1986), Shipman et al. (1984), Schultz (1986) sowie Wolf (1999). Die Interpretation der Funde in diesem Kapitel basiert auf der genannten Literatur sowie auf mündlichen Mitteilungen von Prof. Dr. med. Dr. phil. nat. Dr. med. habil. Michael Schultz während der Auswertung der Präparate.

### **9.1.1. Hitzebedingte Veränderungen**

Die typischen makroskopischen Veränderungen, die an Brandknochen beschrieben wurden, sind hitzebedingte Risse, eine stellenweise auftretende dunkle Verfärbung, die gegen eine liegebedingte Verfärbung abzugrenzen ist, sowie eine Schrumpfung des Gewebes. Die je nach Material unterschiedlich starke Ausdehnung bzw. Schrumpfung führt zum Auftreten von Spannungsrissen im "Kompositmaterial" Knochen. Die Spannungsrisse entstehen durch die Unterschiede der hitzebedingten Dehnbarkeit bei verschiedenen Gewebearten sowie unterschiedliche Temperaturbedingungen auf der Oberfläche des Knochens, in den Havers'schen Kanälen und anderen Öffnungen im Gewebe sowie der Knochenmatrix (Schultz 1986). Die braune bis schwarze Verfärbung des Knochengewebes wird durch eingelagerten Ruß (in dieser Arbeit auch als „Verkohlung“ bezeichnet) verursacht. Der Ruß entsteht beim Verbrennen organischer Materialien des Körpers (Weichgewebe) und des Scheiterhaufens (Holz, wohl organische Stoffe wie Harz u. ä.) und gelangt in Form feiner Rußpartikel in das Knochengewebe (Schultz 1986, mündl. Mitteilung). Andere Autoren (vgl. Großkopf 2004, 2009, Herrmann 1972b, Herrmann et al. 1990) unterscheiden in Abhängigkeit vom Zeitpunkt ihrer Einlagerung zwischen zwei Arten von „Verkohlung“: 1. primäre Kohlenstoffverfärbungen und 2. sekundäre Verfärbungen. Die primäre Kohlenstoffverfärbung entsteht demnach in Fällen, wenn die Temperatureinwirkung nicht ausreichend war, um eine vollständige thermische

Umwandlung des körpereigenen Kohlenstoffs in das flüchtige Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) zu bewirken (Großkopf 2009, 690). Wenn die Leichenbrandfragmente schwarz sind, handelt es sich zumeist um verkohlte Knochen, die unvollständig verbrannt sind. Abzugrenzen ist dies laut Großkopf (2009, 690) und Herrmann (1972b) von einer sekundären oberflächlichen Verfärbung, welche durch ein Glimmen unter Entstehung von Rußbildung einen ursprünglich weiß verfärbten Knochen schwarz anfärben kann.

Die Verbrennungsvorgänge und ihre Auswirkung bis etwa 600°C sind für die Zwecke der makroskopischen Untersuchung als Stufen I-III definiert (Dokládál 1999, vgl. Kap. 5.1.2. *Verbrennungsgrad*). Die Knochen schrumpfen bei diesen Temperaturen bereits leicht und nehmen eine weiche, kreidige Substanz mit schwarz verfärbtem Compactaknochen an. Die histologischen Merkmale dieser schwach verbrannten Knochen unterscheiden sich deutlich von denen der Verbrennungsstufen IV und V (ab 650°C aufwärts, Dokládál 1999). Aus diesem Grund werden die Veränderungen in diese zwei Hauptgruppen unterteilt und beschrieben. Aus Platzgründen sind die einzelnen Präparate nicht im Text interpretiert, da eine vollständige Interpretation der Hitzeeinwirkungen den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Die zusammenfassenden Auswertungen der postmortalen Einflüsse werden in diesem Kapitel vorgestellt und die Befunde der einzelnen Präparate können im Katalog verglichen werden. Ausführlicher werden nur die spezifischen und selten auftretenden Merkmale behandelt, wie beispielsweise geschichtet entwickelte Zonen mit unterschiedlicher Hitzeeinwirkung, oder z.B. blasenähnlich veränderte Lakunen der Osteozyten. In den Auswertungen der mikroskopischen Präparate (s. die Kataloge der mikroskopischen Befunde) sind folgende hitzebedingte Veränderungen berücksichtigt worden:

#### *a. Anzahl der Risse*

*Wenige Risse:* durchschnittliche Anzahl der Risse im Sichtfeld des Mikroskops (Universal Zeiss, Sichtfeld von 1,697 mm<sup>2</sup>) bei einer 100x Vergrößerung liegt bei 0-5 (Abb. 9.1.1 und 9.1.2, weitere Beispiele: Oc 1a-53 - 1 femhum – 1, Oc 7a-53 - 2 tibfem – 1, Oc 16-55 - 1 Tier – 2, Oc 20-55 - 1 Langkn – 1 und Oc 39-55 - 3 tib – 3)

*Viele Risse:* durchschnittlich 6-15 Risse pro Sichtfeld (Abb. 9.1.3 und 9.1.4, weitere Beispiele: H-K gr 4 - tibfem – 6, Oc 17-55 - 1 femtib – 2, Oc 27-55 - 1 femtib – 1, Oc 29a-55 - 2 fem – 3)

*Sehr viele Risse:* 16 und mehr Risse pro Sichtfeld (Abb. 9.1.5 und 9.1.6, weitere Beispiele: Oc 24a-55 - 2 fem – 3, Oc 2-53 - 6 tib – 1, Oc 33-55 - 2 fem – 6, Oc A-55 - 2 tib – 1)

Das Auftreten weniger Risse ist als Nachweis für eine niedrige Verbrennungstemperatur/kurze Verbrennungszeit zu interpretieren. Berücksichtigt und vermerkt werden auch deutlich unterschiedliche Häufigkeiten der Risse in den oberflächennahen Bereichen und in der Tiefe des Compactaknochens und die Häufigkeit der deformierten und nicht deformierten Risse. Diese sind auf die Einwirkungen nach der Verbrennung (Zerschlagen der Knochenüberreste nach der Verbrennung und vor der Beisetzung in Rahmen etwaiger Bestattungsrituale oder Risse, die durch Bodenlagerung entstanden sind) zurückzuführen.

#### *b. Verfärbung des Knochengewebes mit eingelagertem Ruß*

Diese Formulierung wird für die abgekürzte Fassung im Text als „Verkohlung“ vereinfacht. Differenziert werden unterschiedliche Intensitäten des Rußanteils (schwache bzw. starke Verfärbung, z.B. Abb. 9.1.7 und 9.1.8) und unterschiedliche Verteilungsmuster des Rußes im Knochengewebe (Verkohlung betrifft das ganze Fragment, die oberflächennahen Bereiche sind rußfrei, Auftreten von Schichten mit unterschiedlicher Intensität der Verkohlung, Inseln mit Verfärbung fragmentarisch, verstreut nach bestimmten Mustern geordnet usw.).

#### *c. Erhaltung des Kollagens*

Der Erhaltungszustand des Kollagens wurde in polarisiertem Licht mit dem Hilfsobjekt Rot 1. Ordnung (Quarz) untersucht. Die Auswertung wurde am ganzen Fragment durchgeführt und in drei grobe Kategorien rubriziert: "gute Erhaltung" (=durchschnittlich 75% oder mehr des Knochengewebes weist Spuren von vorhandenem denaturiertem Kollagen auf, Abb. 9.1.9 und 9.1.10), "fragmentarische Erhaltung" (zwischen 30-70% des Kollagen im Gewebe vorhanden/sichtbar, Abb. 9.1.11 und 9.1.12) und "keine bis geringe Erhaltung" (unter 30% des Kollagens erhalten, Abb. 9.1.13 und 9.1.14) bewertet. Weiterhin wurden die deutlich unterschiedlichen Erhaltungszustände des Kollagens innerhalb eines Knochenfragmentes vermerkt (Abb. 9.1.15 und 9.1.16). Die Erhaltung des Kollagens hängt auch mit der Verfärbung durch eingelagerten Ruß (durch Rußeinlagerung wird das Kollagen "maskiert" und ist im histologischen Präparat nicht mehr oder nur noch partiell nachweisbar) und weiteren, bodenlagerungsbedingten Einflüssen zusammen, ist also nur als ein Hilfshinweis zu bewerten.

#### *d. Spezielle Merkmale*

Hierbei handelt es sich um deutlich erkennbare Zonen der Hitzeeinwirkung im Knochengewebe, ausgebrannte Verkohlung um die Osteone herum, deutlich vergrößerte Osteozy-

tenlakunen („Blasen“), die Knochenschmelze und weitere besondere Merkmale, auf welche im Text näher eingegangen wird. So werden z.B. folgenden Präparate ausführlicher beschrieben:

Očkov 8b/53: 1 – fem>tib

Očkov 9a/53: 1 – femur?

Očkov 3/55: 1 – fem/Tierknochen?

Očkov 12/55: 2 – fem>tib

Očkov 15/55: 2 – tib/hum?

Očkov 16/55: 1 – Tierknochen?

Očkov 17/55: 2 – femur

Očkov 17/55: 4 – tibia

#### 9.1.1.1. Niedriger Temperaturbereich

Die ersten Risse im Knochen entstehen bereits bei den frühen Phasen der Verbrennung. Schon bei niedrigen Temperaturen können sie durch das Aufplatzen der Knochen entstehen, verursacht durch die Expansion der Gase des brennenden Weichgewebes innerhalb der Hohlräume der Knochen, wie etwa im Schädelinnern und in den Knochenmarkröhren der Langknochen (vgl. Thurman – Willmore 1981). Im mikroskopischen Bild präsentieren sie sich als postmortal entstandene Ränder der Fragmente, da der Knochen entlang dieser Risse üblicherweise zerfällt. Dadurch, dass sie bereits in einer frühen Phase des Verbrennungsvorgangs entstehen, werden sie so wie die eigentliche Knochenoberfläche allen weiteren Phasen der Verbrennung ausgesetzt. Häufig weisen deswegen diese Risse im mikroskopischen Bild dieselben Merkmale wie die echte Oberfläche des Knochens auf. Derartige Risse sind in der vorliegenden Untersuchung häufig beschrieben worden, wie in folgenden Abbildungen dokumentiert:

9.1.17 und 9.1.18: der abgebrochene Rand des Femurfragments weist auf der Oberfläche dieselbe Verfärbung durch eingelagerten Ruß auf wie die originale Oberfläche des Knochens, mit einer Schicht ausgebrannten Rußes direkt unter der Oberfläche.

9.1.19: ein Rand des Fragmentes weist zwei tiefe Risse auf, einen davon als Begrenzung des Fragmentes, der andere trennt das Gewebe. Das Fragment ist aber an dieser Stelle nicht zerbrochen.

9.1.20: ein ähnlicher Fall, wie 9.1.19 (Oc 3-55 - 1 fem – 3). Es kann vermutet werden, dass die Risse schon während einer sehr frühen Phase der Verbrennung entstanden sind (weitere Beispiele Oc A-55 - 1 fem – 4, 4a und Oc A-55 - 1 fem – 5, 5a).

Abgesehen von oben genannten großen Rissen, zerreist der Knochen in den Phasen der Verbrennung mit einer eher niedrigen oder nur kurz andauernden Temperatur nur wenig. Die Knochenfragmente, die als Stufe II-III (ab 250°C bis max. ca. 600°C nach Dokládál 1999) zu bezeichnen sind, weisen im Regelfall nur wenige hitzebedingte Risse auf (die Mehrheit der Fälle, die im Text als „Wenig Risse“ bezeichnet werden). In diesen Verbrennungsphasen erfolgt nur eine geringfügige Schrumpfung des Knochens (Dokládál 1999, Herrmann et al. 1990). Die erste Schrumpfung des Weichgewebes erfolgt bereits bei niedrigen Temperaturen (60°-80°C, nach Verzar – Zs.-Nagy 1970), mit der Wärmeschrumpfung des Kollagens. Im Knochengewebe ist aber wegen der Schutzwirkung des anorganischen Anteils des Gewebes mit einer nennenswerten Schrumpfung erst bei höheren Temperaturen zu rechnen (Schultz 1986). Die mit Weichteilen bedeckten Knochen sollen sich bis etwa 200°C wie unverbrannte Knochen verhalten (Wahl 1981) und die erste Schrumpfung um etwa 1% tritt erst bei Temperaturen ab etwa 250°C durch Wasserverlust ein (Wahl 1981, Herrmann et al. 1990). Bei mazerierten Knochen ist durch Wasserverlust bei der Temperatur von 150°-300°C ein Längeverlust von 1-2% beschrieben worden (Herrmann 1977a). Die Verbrennung der organischen Komponenten des Knochens ist bei 400°C abgeschlossen (Holden et al. 1995a, 1995b). Die histologischen Nachweise einer schwachen Schrumpfung sind veränderte zirkuläre Lamellen der Havers'schen Osteone und Osteozytenlakunen, die etwas näher beieinander liegen als bei unverbrannten Knochen (Schultz 1986, 1997a). Spuren einer schwachen Schrumpfung sind auch beim vorliegenden Knochenmaterial beobachtet worden (Abb. 9.1.21), vor allem beim Gräberfeld von Šitbořice, bei den Fragmenten der Verbrennungsstufe III(-IV). Als weitere Beispiele sind folgende Abbildungen zu nennen: Si-14 - 2 fem – 3 und Si-14 - 2 fem – 3a, Si 17 - 1 tib – 3 und Si 17 - 1 tib – 3a, H-K gr 4 - tibfem – 5 und H-K gr 4 - tibfem – 5a, oder Oc 1a-53 - 1 femhum – 1 und Oc 1a-53 - 1 femhum – 1a.

Ein ähnlicher Befund ist bei den mit einer niedrigen Temperatur verbrannten, flachen Schädelfragmenten beobachtet worden. Die Knochen des Schädeldaches reagieren auf die Hitze mit einer starken Deformation und Schrumpfung (Dokládál 1970, 1999). Allerdings sind bei niedrigen Temperaturen nur schwache Veränderungen nachgewiesen worden. So weist z.B. ein mit der Stufe IV beschriebenes, also mit einer noch höheren Temperatur verbranntes Fragment des Schädeldaches aus dem Grab Očkov 7/55 im mikroskopischen Bild nur schwache hitzebedingte Veränderungen und wenige Risse auf (Abb. 9.1.22, weitere Abbildungen Oc 7-55 - B pariet – 1 und Oc 7-55 - B pariet – 1a). Ähnliches ist auch bei einem Fragment des Schädeldaches aus dem Grab 2? aus Haiger-Kalteiche zu beobachten, das als Stufe III-IV interpretiert wurde (Abb. 9.1.23), wogegen die andere Seite desselben Fragmen-

tes wesentlich stärker beeinflusst ist (Abb. 9.1.24). Dies ist so zu erklären, dass flache Knochen erst bei hohen Temperaturen mit Schrumpfung reagieren. Niedrige Temperaturen verursachen bei den Diploëbälkchen offenbar keine wesentlichen Deformationen und der Knochen behält zunächst seine Form.

In der früheren Phase der Verbrennung wird der Knochen durch den Ruß verfärbt, der bei der Verbrennung von Weichgewebe entsteht. Herrmann (1972b) unterscheidet zwei Haupttypen der Verfärbung. Es handelt sich einmal um die Verfärbung, deren Hauptkonzentration in der Compactamitte zu finden ist und bei der die oberflächennahen Bereiche frei von Ruß sind, was auf eine unvollständige Verbrennung bei einer Temperatur zwischen 350° und 600°C hindeutet. Die zweite Variante ist umgekehrt durch die Verfärbung der oberflächennahen Bereiche gekennzeichnet, die Compactamitte ist hingegen weitgehend frei von Rußpartikeln. Dieser Befund wird mit einer eher geringen Verbrennungstemperatur in Zusammenhang gebracht, die unter 400°C liegen soll (Herrmann 1972b).

In dieser Arbeit zeigten die oberflächennahen Bereiche der Knochen häufig keine Spuren eingelagerten Rußes, auch wenn die Compactamitte eine sehr starke „Verkohlung“ aufwies (Abb. 9.1.25, weitere Abbildungen H-K gr 6 - 1 tibhum – 3 und H-K gr 6 - 1 tibhum – 3a, Ko 161 - 2 fem-hum – 3 und Ko 161 - 2 fem-hum – 4 und Ko 161 - 2 fem-hum – 5, Oc 3-55 - 2 fem – 1 und Oc 3-55 - 2 fem – 2, Si-13 - tibhum – 1 und Si-13 - tibhum – 1a). Dies ist vermutlich durch ein späteres Wegbrennen des Rußes zu erklären (Schultz 1986). Der Knochen ist wahrscheinlich ursprünglich vollständig durch die Rußpartikel aus den organischen Bestandteilen des Knochens gesättigt worden, das Gewebe war also vollständig schwarz. Hohe Temperaturen in weiteren Phasen der Verbrennung führten jedoch zur Umwandlung des oberflächennah eingelagerten Rußes in CO<sub>2</sub>.

Eine andere Variante der Verfärbung durch eingelagerten Ruß beschrieb Schultz (Schultz 1986): die vollständige Verfärbung eines ganzen Knochenfragments kann auch in Folge einer Verbrennung mit eher niedriger Temperatur, aber sehr langer Verbrennungsdauer entstehen. Im eigenen Untersuchungsmaterial ist dieses Phänomen häufig beobachtet worden (Abb. 9.1.17, grüne Pfeile, weiter z.B. H-K gr 3 - tibhum – 5 und H-K gr 3 - tibhum – 5a, Ko 6-3 Ind 2 – 1 und Ko 6-3 Ind 2 – 1a, Oc 2-53 - 3 tib – 1 und Oc 2-53 - 3 tib – 1a).

Das Kollagen ist in den Fragmenten mit niedriger Verbrennung prinzipiell gut erhalten. Bei Betrachtung im polarisierten Licht mit einem Hilfsobjekt Rot 1. Ordnung (Quarz) stellt sich bei niedrigerer Temperatur verändertes Kollagen orange-gelb dar (vgl. Schultz 1986, 1997a, 2001, Teschler-Nicola – Schultz 1984). Das Kollagen ist denaturiert, die Denaturierung erfolgt bereits bei einer Temperatur unter 100°C. In Fragmenten mit wenig eingela-

gertem Ruß ist das Kollagen gut sichtbar und zum großen Teil erhalten (Kategorie „gut erhalten“ im Text, z.B. 9.1.26, weiter z.B. Si 20 - 1 fem - 1a, Si-14 - frag - 7a, Oc 7-55 - A pariet - 2a). Die Fragmente mit intensiver Verfärbung durch Ruß wirken optisch wenig aktiv, weil die Verfärbung die optische Aktivität des Kollagens überlagert (Abb. 9.1.27, weitere Abbildungen Si 21 - fem - 3a, Si 17 - 1 tib - 6a und Si 17 - 1 tib - 6b, Oc 40-55 - 2 tier - 2a, Oc 30-55 - 2 rad - 2a, H-K (gr 2) - 2 tib - 3a). Das Kollagen wird in diesen Fällen als fragmentarisch oder kaum sichtbar bewertet, auch wenn anzunehmen ist, dass es eher besser erhalten ist.

### 9.1.1.2. Hoher Temperaturbereich

Bei höheren Temperaturen über 650°C, ab Stufe IV nach Dokládál (1999), vor allem aber über 750°-800°C (Herrmann 1977a, Schultz 1986), erhöht sich die Spannung im Knochengewebe und es entstehen die typischen hitzebedingten Risse. Die makroskopisch sichtbaren Risse haben überwiegend einen ovalen, bzw. parabolischen Verlauf (Dokládál 1999, Abb. 9.1.28, weitere Beispiele Hg-Kalt Gr 1 fig9, Oer II-11-3-2, Oer III-15-3-1, Oer III-15-3-2). Dies ist das typische Rissmuster eines frischen Knochens, also auch ein Unterscheidungsmerkmal, ob der Knochen (bzw. das Individuum) brandbestattet wurde oder ob die Knochenfragmente erst postmortal in mazeriertem Zustand ins Feuer gelangten (vgl. Teschler-Nicola - Schultz 1984). Im mikroskopischen Bild stellen sich die hitzebedingten Risse auch in typischer Anordnung dar. Die Risse sind üblicherweise unregelmäßig, führen von Osteon zu Osteon und die Ränder schließen praktisch nie dicht aneinander, sondern sind auseinander gezogen. In der Regel sind längere und näher an der Oberfläche lokalisierte Risse breiter als kürzere Risse ohne Kontakt mit der Oberfläche (Abb. 9.1.29 und 9.1.38, weitere Beispiele Oc 2-53 - 6 tib - 2 und Oc 2-53 - 6 tib - 2a, Oc 20-55 - 1 Langkn - 3 und Oc 20-55 - 1 Langkn - 3a, Oc A-55 - 1 fem - 4 und Oc A-55 - 1 fem - 4a). Dieser Sachverhalt ist auf die Spannung im Gewebe zurückzuführen und fungiert als wichtigstes Unterscheidungsmerkmal zwischen hitzebedingten und bodenlagerungsbedingten Rissen, die keine solche Deformation aufweisen. Die ersten Risse innerhalb des Compactaknochens betreffen die Osteone. Im Zustand, wenn das Weichgewebe zu großem Teil ausgebrannt worden ist, zieht heiße Luft in die Havers'schen Kanäle hinein, wodurch sich die Temperatur der inneren Speziallamellen der Osteone erhöht und diese ihr Volumen vergrößern. Die tieferen Schichten der Speziallamellen sind von der Hitzeeinwirkung zunächst weniger betroffen und die entstandene Spannung lockert sich durch einen Riss im Osteon. Diese Risse führen im Regelfall ausgehend von den Havers'schen Kanälen in entgegengesetzte Richtungen (Abb. 9.1.30, weitere Beispiele H-K gr 4 - tibfem - 6 und H-K gr 4 - tibfem - 6a, Oc 1b-53 - 1 fem - 2 und Oc 1b-53 - 1 fem - 2a). Die

Risse verlaufen üblicherweise senkrecht zur Oberfläche des Fragmentes, also in Richtung äußere Generallamelle (GL) – innere GL. Die zerrissenen Osteone bieten weitere Möglichkeiten für einen Luftdurchzug durch das Gewebe und somit für eine erhöhte Temperatur und Spannungen zwischen den Schichten, die direkt an die Hohlräume grenzen, und den tieferen Lagen im Knochen (Schultz, mündl. Mitt.). Dies führt zu einer progressiven Vergrößerung der Risse (das Gewebe bricht an diesen Rissen weiter auseinander), die sich nach und nach verbinden (Abb. 9.1.31, weitere Beispiele Oc 2-53 - 6 tib – 2 und Oc 2-53 - 6 tib – 2a, H-K gr 6 - 1 tibhum – 4 und H-K gr 6 - 1 tibhum – 4a), bis sie die Oberfläche erreichen (Abb. 9.1.32, weitere Beispiele Oc 3-55 - 2 fem – 1 und Oc 3-55 - 2 fem – 1a). Dies kann bis zum Zerfall des Fragmentes führen. In eher seltenen Fällen verlaufen die Risse auch parallel zur Oberfläche des Fragmentes (Abb. 9.1.33, weitere Beispiele Oc 36-55 - 4 langkn – 1 und 1a, Oc 33-55 - 2 fem – 2 und 2a, Oc 16-55 - 2 tib – 3, Oc 9a-53 - 1 fem – 4, Oc 9a-53 - 1 fem – 5 und H-K gr 3 - tibhum – 4 und H-K gr 3 - tibhum – 4a), was als Folge der unterschiedlichen Temperaturbedingungen in verschiedenen Tiefen des Knochengewebes zu erklären ist. Diese Unterschiede bewirken erhöhte Spannungen zwischen verschiedenen Schichten, die zu einem Riss führen können. Die Auswirkungen der Hitze sind variabel und können schon innerhalb eines kleinen Abschnittes wesentliche Unterschiede aufweisen. So herrschen unterschiedliche Bedingungen außerhalb des Knochens und an der Knochenoberfläche, in der aufgebrochenen Knochenmarkröhre sowie innerhalb der Compacta (hohe Temperatur in den Havers'schen Kanäle, niedrigere Temperatur in der Knochenmatrix). Dadurch entsteht auch die sog. „Hitze-stauung“ (Schultz 1986). Unter dieser ist eine unregelmäßige Hitzeeinwirkung an Stellen zu verstehen, die von mehreren Seiten eine Heißluftzufuhr erfahren (z.B. aus beiden Richtungen durch einen Havers'schen Kanal und zusätzlich durch einen hitzebedingten Riss). Auch an Stellen, aus denen die erhitzte Luft nicht effektiv ausweichen konnte (z.B. durch die Canaliculi hinzugeführte Hitze in den Osteozytenlakunen), entsteht Hitzestauung. Die Folgen können in unterschiedlichen Formen ausgeprägt sein und werden im weiteren Textverlauf beschrieben.

Die hohe Hitzeeinwirkung führt zu Deformationen der Osteone, die sich als durch die Osteone führende Risse manifestieren. In einigen Fällen wurden auch deformierte Osteone im Sinne einer spiral- oder S-förmigen Verdrehung der Osteone beobachtet (Abb. 9.1.34, weitere Beispiele Oc 17-55 - 2 fem – 2 und Oc 17-55 - 2 fem – 2a, Oc 20-55 - 2 femtib – 1 und Oc 20-55 - 2 femtib – 1a, Oc 37-55 - 1 fem – 3 und Oc 37-55 - 1 fem - 3). Dies ist durch die Spannung im Gewebe und die einhergehende Schrumpfung zu erklären.

Die hitzebedingten Risse sind in der Regel häufiger in der Nähe der äußeren Oberfläche der Fragmente zu beobachten. Die Wirkung der Hitze ist üblicherweise auf der Außenseite des Knochens stärker und die Spannung im Gewebe ist durch die konvexe Oberfläche höher als auf der konkaven Innenfläche der Markröhre. In seltenen Fällen sind jedoch auch auf der inneren Oberfläche vermehrt Risse zu finden (z.B. Abb. 9.1.35). Als ursächlich kann in solchen Fällen eine stärkere Hitzeeinwirkung auf die innere Oberfläche des Knochens angenommen werden, wie sie auftreten kann, wenn das betroffene Fragment schon vor der intensiven Verbrennungsphase zersplittert war und die Innenfläche des Knochens dem Feuer stärker als normal ausgesetzt wurde. Dies kann auf die Zersplitterung des Knochens in einer frühen Verbrennungsphase, z.B. durch Gasexpansion (vgl. Dokládál 1970, 1999) oder auf eine intravitale oder postmortale Fraktur (Splitterfraktur) vor der Brandbestattung (Schultz, mündl. Mitt.) zurückgeführt werden.

Eine nicht zu klärende Frage ist der Einfluss dieser häufig auftretenden Risse auf die Zuverlässigkeit der histomorphometrischen Altersbestimmungsmethoden. Es kann vermutet werden, dass eine Vielzahl von Rissen eine Auflockerung des Gewebes verursacht und dadurch weniger Strukturen pro Sichtfeld gezählt werden können. Auf der anderen Seite ist die steigende Anzahl von Rissen verbunden mit einer stärkeren Schrumpfung, wobei diese zwei Merkmale sich gegenseitig ausgleichen könnten. Diese Vermutung wird durch die Ergebnisse der histomorphometrischen Untersuchung experimentell verbrannter Knochen unterstützt, da nach diesen die histomorphometrische Auswertung verbrannter Knochen vergleichbar zuverlässig sein soll wie die unverbrannter Knochen (Wolf 1999, vgl. Kap. 9.2. *Histologische Altersbestimmungen*).

Die Verfärbung durch eingelagerten Ruß nimmt mit steigender Temperatur (bzw. langer Verbrennungsdauer) ab. In niedrigen Temperaturbereichen, bzw. bei einer nur kurzfristig erreichten hohen Temperatur (Großkopf 2009), bleibt die Compactamitte im Regelfall noch schwarz verfärbt, häufig sind aber sowohl die äußeren als auch die inneren oberflächennahen Bereiche frei von Rußverfärbung. Es ist zu vermuten, dass Kohlenstoffverbindungen zunächst im gesamten Fragment eingelagert und durch steigende Temperatur sekundär wieder ausgebrannt wurden (Schultz 1986). Dies ist an den häufig vorliegenden Grenzen zwischen Zonen mit unterschiedlicher Intensität der Rußverfärbung zu dokumentieren. In manchen Fällen ist nicht nur eine Schicht ohne Ruß an der Oberfläche nachgewiesen worden (Abb. 9.1.25 und 9.1.38, weitere Beispiele H-K gr 6 - 1 tibhum - 3 und H-K gr 6 - 1 tibhum - 3a, Oc 1-55 - 3 raduln - 4 und Oc 1-55 - 3 raduln - 4a), sondern gleich mehrere Zonen mit unterschiedlichem Rußanteil, die sich als mehrere Schichten unterschiedlich dunklen Knochengewebes darstel-

len (Abb. 9.1.7, 9.1.8, 9.1.19, weitere Beispiele, Oc 3-55 - 1 fem – 4, Oc 3-55 - 2 fem – 1 und Oc 3-55 - 2 fem – 2, Oc 16-55 - 1 Tier – 3 bis Oc 16-55 - 1 Tier – 5, oder Oc 1-55 - 3 raduln – 10). Dies ist auf Unterschiede in der Hitzeintensität in verschiedenen Tiefen des Knochengewebes zurückzuführen. Zusätzlich dürften auch die variierenden Materialeigenschaften in unterschiedlichen Bereichen des Knochens, v.a. in Bezug auf ihre Dichte und den Mineralisierungsgrad (z.B. deutlicher Anstieg der hitzebedingten Veränderungen bei osteoporotischen Knochen, Christensen 2002) eine wesentliche Rolle spielen (DeHaan 2008). Unerwartet sind die scharfen Grenzen zwischen den Zonen, da anzunehmen ist, dass die Materialeigenschaften des Knochengewebes in verschiedenen Schichten desselben Knochens sich nicht abrupt ändern. Auch die Hitzeeinwirkung dürfte von der Oberfläche ausgehend bis in die Tiefe des Knochens eher kontinuierlich abnehmen, bzw. zur Knochenmarkhöhle hin wieder zunehmen. Deswegen wären eher fließende, langsame Übergänge zu erwarten, was allerdings nur in manchen Fällen zu beobachten war (Abb. 9.1.36, weitere Beispiele s. H-K (gr 2) - 2 tib – 2 und H-K (gr 2) - 2 tib – 2a, ähnliche Fälle z.B. Oc 2-53 - 6 tib – 2 und Oc 2-53 - 6 tib – 2a, Oc 36-55 - 2 fem – 1 und Oc 36-55 - 2 fem – 1a, Si-14 - 1 femhumtib – 1 und Si-14 - 1 femhumtib – 1a). Dieses Phänomen der scharf abgegrenzten Bereiche der Verfärbung ist ohne eine experimentelle Untersuchung nicht zu erklären. Die anthropologischen Untersuchungen der Verfärbungen der Brandknochen schenken dieser Frage entweder keine Beachtung (zusammenfassend z.B. Dokládál 1999, Devlin - Herrmann 2008, Großkopf 2009), oder sie wird als "Sandwich" (McKinley 2008) bzw. als "Border" beschrieben (Symes et al. 1999, s. Symes et al. 2008). Demnach ist das "Sandwich" eine schichtenweise aufgebaute Verfärbung durch Unterschiede in der Oxidation. "Border" dagegen beschreibt einen Bereich des Knochens, der vor einem direkten Kontakt mit dem Rauch geschützt war, aber trotzdem hitzebedingte Veränderungen wie Risse aufweist. Wie anhand der mikroskopischen Untersuchung zu sehen ist, kann die Lokalisation der Verfärbung durch Rußpartikel nicht immer in durch eine "Border-Linie" getrennte Bereiche "mit Verfärbung" und "ohne Verfärbung" unterteilt werden. Als Arbeitshypothese wird vermutet, dass zwischen der Dauer und Intensität der Verbrennung sowie der Dichte und anderen Materialeigenschaften des Knochengewebes ein Zusammenhang besteht. Aufgelockerte, osteoporotische Knochen unterliegen schneller und bereits bei niedrigeren Temperaturen den Hitzeveränderungen als gesunde Knochenstrukturen (Christensen 2002). In Fällen mit klarer "Border-Linie" ist folglich eher an eine kurz dauernde, intensive Verbrennung zu denken, wie z.B. bei Brandunfällen (wie die forensischen Fälle, die von Symes et al. 2008 behandelt werden). Die Hitze hatte keine ausreichende dauerhafte Wirkung, um die Verkohlung innerhalb der Compactamitte zu zerstören. Die oberflächennahen Berei-

che sind jedoch stark beeinflusst. Diese weisen in diesen Fällen häufig auch deutlich mehr Risse auf als die tieferen Compactaschichten (s. Abb. 9.1.37, oder z.B. H-K gr 2 - 4 femhum - 3 und H-K gr 2 - 4 femhum - 3a, Oc 39-55 - 2 tib - 2 und Oc 39-55 - 2 tib - 2a). Die Häufigkeit der Risse ist allerdings nicht zwangsläufig an dieses Phänomen gebunden (s. oben). Das Verteilungsmuster der Rußverfärbung entlang der Risse lässt auch auf deren Ursprung schließen. In manchen Fällen wurde beobachtet, dass sich die Schichten der unterschiedlich intensiven Verfärbung durch Ruß entlang der Risse in die Tiefe des Knochens erstrecken (Abb. 9.1.38, weitere Beispiele H-K gr 6 - 1 tibhum - 3 und H-K gr 6 - 1 tibhum - 3a, Oc 3-55 - 2 fem - 1 und Oc 3-55 - 2 fem - 1a, Oc 3-55 - 1 fem - 4). Dies ist so zu interpretieren, dass der Riss vor der Phase des intensiven Wegbrennens des Rußes entstanden und die Hitze in diesem Riss in tiefere Compactaschichten eingedrungen ist. Weiterhin sind deformierte, hitzebedingte Risse festgestellt worden, die durch alle Schichten einer unterschiedlich intensiven Verkohlung hindurchziehen, ohne diese zu beeinflussen (Abb. 9.1.39, weitere Beispiele Oc 2-53 - 6 tib - 2 und Oc 2-53 - 6 tib - 2a, Oc 16-55 - 2 tib - 3, Oc A-55 - 2 tib - 2 und Oc A-55 - 2 tib - 2a). Hierbei handelt es sich um Risse, die erst nach der intensiven Verbrennung entstanden sind, aber mit Sicherheit noch in erhitztem Zustand des Knochens, z.B. als Folge des Lösens des Scheiterhaufens (vgl. Großkopf 2004, Wahl 1982).

Die hitzebedingten Veränderungen des Schädeldaches und der flachen Knochen sind im Bereich der hohen Verbrennungstemperaturen sehr stark und führen in manchen Fällen zu einer derartigen Zerstörung des Fragmentes, dass dieses makroskopisch falsch zugeordnet wird. Ein Beispiel ist ein Fragment, das zunächst als Teil des Schädeldaches angesprochen wurde (Grab Očkov 25/55), sich anhand seiner mikroskopischen Struktur jedoch als Fragment eines anderen flachen Knochens, wahrscheinlich des Beckens, erwies (Abb. 9.1.40, weitere Beispiele Oc 25-55 - 2 Schädeldach - 2 und Oc 25-55 - 2 Schädeldach - 2a). Die Spongiosa bzw. Diploë wird durch die Schrumpfung deformiert, so dass in manchen Fällen die äußere und die innere Corticalis (bzw. Lamina externa und interna) vollständig getrennt werden (Abb. 9.1.41, weitere Beispiele H-K grhg 4 - 5a Pelvis - 1 und H-K grhg 4 - 5a Pelvis - 1a, Oc 1-55 - 2 Schädel - 3 und Oc 1-55 - 2 Schädel - 3a, Oc 36-55 - 6 Basis - 4 und Oc 36-55 - 6 Basis - 4a). Die Corticalis selbst weist hitzebedingte Spuren in einem ähnlichen Muster auf, wie es bei den Langknochen beobachtet wurde (Abb. 9.1.42, weitere Beispiele Oc 43-55 - 2b pariet - 9 und Oc 43-55 - 2b pariet - 9a, Oc 29a-55 - pariet - 1 und Oc 29a-55 - pariet - 1a, H-K grhg 4 - 5b Pelvis - 1 und H-K grhg 4 - 5b Pelvis - 1a). Die Verkohlung und Erhaltung des Kollagens weist in flachen Knochen Unterschiede zu den Langknochen auf. Flache Knochen mit geringem Anteil an kompaktem Knochengewebe und vielen Hohlräumen innerhalb

der Spongiosa verlieren schnell den eingelagerte Ruß und beinhalten im Regelfall fragmentarische Reste des Kollagens, welches meistens auch bei stark verbrannten Fragmenten vorhanden bleibt (Abb. 9.1.43 und 9.1.44, weitere Beispiele H-K gr 1 - 2 Schädel – 1a, Oc 4b-55 - Schädel – 3a, Oc 7-55 - A pariet – 2a, Oc 15-55 - 3 orb – 2a, Oc 27-55 - 3a front – 3a).

Mit weiter steigender Verbrennungstemperatur bzw. mit längeren Verbrennungszeiten nimmt die Verkohlung des Gewebes auch in tiefen Schichten des Knochens deutlich ab. Der eingelagerte Ruß ist meist nur in Form kleinerer Inseln vorhanden, im Text wird dies als „Reste der Verkohlung“ beschrieben (Abb. 9.1.45, oder z.B. Abb. H-K (gr 2) - 2 tib – 3 und H-K (gr 2) - 2 tib – 3a, Oc 2-53 - 4 uln – 3 und Oc 2-53 - 4 uln – 3a, Oc 9a-53 - 2 tib – 3 und Oc 9a-53 - 2 tib – 3a, Oc 24a-55 - 2 fem – 3 und Oc 24a-55 - 2 fem – 3a). Komplett rußfreie Fragmente sind eher selten und weisen häufig gut sichtbare Reste des Kollagens auf (Abb. 9.1.46 und 9.1.47, weitere Beispiele H-K grhg 2 - langkn – 3 und H-K grhg 2 - langkn – 3a, Oc 24a-55 - 1 tib – 1, Oc 24a-55 - 1 tib – 1a). Die Verkohlung wird oft in sekundären Einlagerungen in einer sehr dünnen Schicht direkt unter der Oberfläche beobachtet (Abb. 9.1.48, weitere Beispiele H-K gr 6 - 1 tibhum – 3 und H-K gr 6 - 1 tibhum – 3a, Oc 1-55 - 3 raduln – 10, Oc 8-53 - 2 fem – 2 und Oc 8-53 - 2 fem – 2a, Oc 39-55 - 2 tib – 2 und Oc 39-55 - 2 tib – 2a, Si 21 - fem – 1 und Si 21 - fem – 1a). Der Ruß in tieferen Schichten ist weggebrannt, die Oberflächen sollten deswegen eindeutig verfärbungsfrei sein. Dies lässt sich mit einer zweiten Phase der Rußeinlagerung erklären, welche in späten Phasen der Verbrennung stattfindet, wenn der Scheiterhaufen nur noch glüht und die deswegen schwächere Luftströmung die wiederholte Verfärbung ermöglicht. Diese „neue“ Rußverfärbung kann als Nachweis eines bis zum natürlichen Erlöschen des Scheiterhaufens durchgeführten Verbrennens interpretiert werden. Ein häufig beobachtetes Merkmal sind die rußfreien Osteone, die mit verkohlter Knochenmatrix der Schaltlamellen, die von der Havers'schen Kanäle weiter entfernt lagen, umgeben sind (Abb. 9.1.49, weitere Beispiele Si 21 - fem – 3 und Si 21 - fem – 3a, Si-26 - 2 tib – 3 und Si-26 - 2 tib – 3a, Oc A-55 - 2 tib – 4 und Oc A-55 - 2 tib – 4a). Durch die Havers'schen Systeme zieht die heiße Luft mit einer hohen Intensität, die außer der Entstehung der Risse auch das Wegbrennen des Rußes und die Zerstörung des Kollagens in den inneren Lamellen der Osteone verursacht (Schultz, mündl. Mitt., Abb. 9.1.50, weitere Beispiele Oc 1a-53 - 1 femhum – 2a und Oc 1a-53 - 1 femhum – 2b). Das Kollagen bleibt trotzdem oft in der Zementlinie auf dem äußeren Rand des jeweiligen Osteons sowie in der Knochenmatrix zwischen den Osteonen erhalten (Abb. 9.1.50, grüne Pfeile, weitere Beispiele Oc 19-55 - 2 humtib - 4a, Oc 41-55 - 1 humfem - 2a). In seltenen Fällen sind Reste der Verkohlung in den inneren Lamellen der Osteone nachgewiesen worden und die Knochenmatrix ist weitgehend

rußfrei (Abb. 9.1.51, weitere Beispiele Si-11 - 2 tib - 2 und Si-11 - 2 tib - 2a, Oc 7b-53 - 1 fem - 2 und Oc 7b-53 - 1 fem - 2a, Oc 21-55 - 1 ulntib - 4 und Oc 21-55 - 1 ulntib - 4a), was wahrscheinlich als Folge der Hitzestauung zu verstehen ist. Es ist ohne experimentelle Untersuchungen nicht möglich, einen genauen Zusammenhang zwischen dem Erhaltungszustand des Kollagens und den Resten der Verkohlung sowie den Rissen zu erkennen, weil auch in Fragmenten mit hohem oder sehr hohem Anteil an Rissen Kollagen manchmal fragmentarisch bzw. in größeren Mengen vorhanden sein kann (Abb. 9.1.52, weitere Beispiele Oc 24a-55 - 2 fem - 3a, Oc 17-55 - 3 humtib - 1a, Oc 15-55 - 3 orb - 2a, H-K gr 6 - 1 tibhum - 4a), sowie Reste des eingelagerten Rußes in solchen Präparate beobachtet wurden (Abb. 9.1.53, weitere Beispiele Oc 9a-53 - 1 fem - 4, Oc 9a-53 - 2 tib - 2). Die Verkohlung kann aber auch bei Fragmenten mit einer relativ niedrigerer Anzahl Risse praktisch vollständig zerstört sein (Abb. 9.1.54, weitere Beispiele Oc 1-55 - 1 femhum - 1, H-K grhg 4 - 2 fib - 1, Oc 24a-55 - 1 tib - 1). Die Verkohlung bildet häufig einen „Kern“ in der Tiefe des Compactknochens aus (Abb. 9.1.55, weitere Beispiele Oc 1c-53 - fem - 2, Oc 35-55 - 2 tierfem - 3, Oc 37-55 - 1 fem - 4, Oc 40-55 - 3 femhum - 6 und Oc 40-55 - 3 femhum - 6a, Si-26 - 2 tib - 3), der wohl als nicht bis in die Tiefe eingedrungene Hitze zu erklären ist (vgl. Großkopf 2009). In manchen Fällen ist das Zentrum des Fragmentes jedoch rußfrei und von einer schwarz verfärbten Zone ummantelt (Abb. 9.1.56, weitere Beispiele Oc A-55 - 1 fem - 3 und Oc A-55 - 1 fem - 3a, Oc A-55 - 1 fem - 4 und Oc A-55 - 1 fem - 4a). Dieses Phänomen kann mit zwei unterschiedlichen Vorgängen in Zusammenhang stehen. Erstens könnte es sich evtl. um ein Fragment handeln, bei dem die Rußverfärbung nicht in die Mitte des Fragmentes eingedrungen ist. Dies ist aber kaum zu erwarten, wenn sich das Fragment in einem stark verbrannten Zustand (Stufe V) befindet und die für eine vollständige „Verkohlung“ ausreichende Temperatur bzw. Verbrennungsdauer als Voraussetzung zu sehen sind. Die andere Überlegung ist die Wirkung der Hitzestauung (Schultz, mündl. Mitt., Beschreibung s. oben). Die Hitze dringt von allen Seiten in das Fragment ein und zieht auch durch die Havers'schen Kanäle. Die Wirkung kumuliert in den Bereichen, in denen die einzelnen Wärmeströmungen aufeinander stießen, also in diesem Fall in den zentralen „Kernen“ der Fragmente. Dort wirkt sie mit erhöhter Intensität. Dadurch ist in diesen Bereichen die Verkohlung häufig vollständig zerstört worden (Abb. 9.1.57). Ein zusätzlicher Hinweis, der diese Annahme der kumulativen Wirkung der Hitzestauung stützt, ist die Erhaltung des Kollagens. In vermutlich von Hitzestauung betroffenen Bereichen des Knochens ist Kollagen in der Regel gar nicht oder nur in geringem Maß erhalten, auch wenn in Schichten näher an der Oberfläche oder sogar direkt auf der Oberfläche Kollagen eine wesentlich bessere Erhaltung aufweist (Abb. 9.1.58, weitere Beispiele Oc A-55

- 1 fem – 3a, Oc 40-55 - 3 femhum – 3a). Die Kollagenerhaltung scheint von Hitze einwirkung weniger abhängig zu sein als aufgrund der aus der Literatur (Herrmann 1972a, 1976) bekannten Interpretation allgemein angenommen wird. Kollagen soll ab 750°-800°C nicht mehr vorhanden sein (Herrmann 1972a, 1976). Auch eine spektrometrische Untersuchung kann kein intaktes Kollagen mehr in einem bei einer Temperatur von über 600°C verbrannten Knochen nachweisen (Walker et al. 2008). Offenbar muss jedoch auch nicht mehr intaktes, denaturiertes Kollagen in Betracht gezogen werden, welches einer Verbrennung deutlich länger standhält und das in der mikroskopischen Untersuchung mit polarisiertem Licht immer noch sichtbare optische Aktivität liefert. In der durchgeführten Untersuchung sind solche Spuren denaturierten Kollagens fast bei allen untersuchten Fragmenten beobachtet worden, inklusive der Fragmente mit extrem starker Hitzebeschädigung, was für eine hohe Verbrennungstemperatur spricht (Abb. 9.1.59, anderer Fall Oc 24a-55 - 2 fem – 3a). Spuren des Kollagens sind sogar bei einem Fragment aus dem Grab Očkov 40/55 identifiziert worden, das auf der Oberfläche Veränderungen im Sinne einer starken Hitzeerosion aufweist, d.h. kurzfristig Temperaturen von über 1000°C (Herrmann 1977b, Wahl 1981, Schultz 1986, Abb. 9.1.60) ausgesetzt war. Diese Veränderungen können aber laut neueren Untersuchungen auch bei deutlich niedrigeren Temperaturen vereinzelt auftreten (ab 700°C, Thompson 2004), eine zuverlässige Auswertung ist deshalb äußerst schwierig. Die Knochenschmelze, die bei Temperaturen zwischen 1600 und 1700°C eintritt (Herrmann 1976b, Holden et al. 1995a, Hummel - Schutkowski 1986; mit Katalysatoren bereits bei 1100-1200°C möglich, s. Hummel – Schutkowski 1986), ist im eigenen Untersuchungsmaterial nicht beobachtet worden. Auf prähistorischen Scheiterhaufen wurde die hierzu nötige Temperatur nur in Ausnahmefällen erreicht (Großkopf 2004). Auch Clinker (Schutkowski et al. 1987) konnten am untersuchten Leichenbrandmaterial nicht nachgewiesen werden.

Die histologische Untersuchung bietet keine Aussagemöglichkeiten zur exakten Bestimmung der Schrumpfungquote eines Knochenfragmentes (vgl. Shipman et al. 1984). Die Schrumpfungquote bei stark verbrannten (ab 750°-800°C) Knochen wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich angesetzt (12% nach Wahl 1982, 10-12% nach Herrmann 1977a, 18% an Epiphysen und 12% an Diaphysen nach Rösing 1977, durchschnittlich 27% in der Breite bzw. 4,7-17,6% in der Länge nach Hummel – Schutkowski 1986). Die mikroskopische Untersuchung kann für die Einschätzung der Hitze einwirkung nur im Sinne einer präzisen Bestimmung des Verbrennungsgrades beitragen. Durch Hitze stark beschädigte Knochenfragmente mit anzunehmender hoher Schrumpfungquote können nicht für die histomorphometrische Altersbestimmung verwendet werden.

Ein besonders auffälliges Merkmal von Brandknochen stellen die vergrößerten Osteozytenlakunen dar. Die Abstände zwischen den Lakunen sind bei den Brandknochen durch Schrumpfungsprozesse verkleinert (Abb. 9.1.21, weitere Beispiele H-K (gr 2) - 2 tib - 3, Oc 1-55 - 1 femhum - 1), was auch zur Identifizierung der Verbrennungsspuren bei Fragmenten eingesetzt werden kann. Die eigentlichen Osteozytenlakunen sind bei Leichenbränden häufig vergrößert (Abb. 9.1.62, weitere Beispiele Oc 1b-53 - 2 fem - 2, Oc 8b-53 - 1 femtib - 3, Si-7 - fem - 2). Die Hitze staut sich in den Lakunen der weggebrannten Osteozyten (heiße Luft wird durch die Canaliculi der Osteozyten geführt, ähnlich wie durch die Havers'schen Kanäle) und verursacht eine erhöhte hitzebedingte Erosion der Oberflächen der Lakunen, die dadurch vergrößert werden. In einigen Fällen, die Schultz (1986) als Auswirkung von Temperaturen über 800°C interpretiert, entstehen durch diesen Prozess an den Stellen der Osteozytenlakunen große Lochdefekte, die vereinfacht „Blasen“ genannt werden (Abb. 9.1.63, weitere Beispiele H-K gr 5 - 2 femtib - 2, Si-39 - 1 femtib - 1, Si-9 - tibhum - 3, Oc 15-55 - 3 orb - 3, Oc 6-55 - 1 fem - 3). Großkopf (2004) hält die Temperatur als Grund für die Entstehung der Blasen für unwahrscheinlich, weil die „Blasen“ manchmal nur in einem bestimmten kleinen Areal innerhalb eines Fragmentes, oder z.B. nur um die Osteone herum zu finden sind (Abb. 9.1.64, weitere Beispiele Oc 17-55 - 4 tib - 4, Oc 27-55 - 2 tib - 1, Oc A-55 - 2 tib - 4, Si 27 - tibfem - 1). Großkopf (2004) sieht in diesen Strukturen keine hitzebedingten Phänomene, sondern die Auswirkung bislang unbekannter Prozesse. Bekannt sind einige pathologische Zustände, deren Merkmalen auch vergrößerte Osteozytenlakunen umfassen (z.B. sog. brauner Tumor bei primärem Hyperparathyreoidismus, Adler 1998). Diese Krankheitsprozesse sind aber systemisch und können daher unmöglich nur einen kleinen Bereich eines einzigen Knochens betroffen haben. Dagegen sind Auswirkungen der sog. Hitzestauung (Schultz, mündl. Mitt., vgl. Schultz 1986) beobachtet worden, die in einem Abstand von Millimetern eine komplett andere Erhaltung des Knochengewebes hervorgerufen haben (z.B. Abb. 9.1.65).

### **9.1.2. Postmortale Veränderungen nach der Verbrennung**

In diese Gruppe der Veränderungen gehören die Prozesse im Anschluss an die Verbrennung bis hin zur Herstellung eines mikroskopischen Präparates. Die diagenetischen Prozesse, die im mikroskopischen Bild eine Rolle spielen, sind von Schultz (Schultz 1986, 1997a,b, 2001, 2003 u.a.) beschrieben worden.

### 9.1.2.1. Bodenlagerungsbedingte Veränderungen

Leichenbrände sind direkt nach der Verbrennung in noch heißem Zustand fragil und brüchig (Dokládál 1999), unterliegen also bei der Manipulation häufig Beschädigungen. Das intentionale Zerschlagen der Knochenüberreste vor der Deponierung in einer Urne oder im Grab (vgl. Dokládál 1999, Großkopf 2004, Wahl 1988) ist allenfalls aufgrund des archäologischen oder makroskopischen Befunds, jedoch nicht im mikroskopischen Bild von den durch unvorsichtige Behandlung oder durch Bodenlagerung entstehenden Rissen zu unterscheiden. Deshalb werden solchen Veränderungen im Text als „bodenlagerungsbedingte Risse“ beschrieben. Häufig sind diese Risse für die erst nach der Verbrennung abgebrochenen Ränder der Knochenfragmente verantwortlich. Diese Ränder, die genauso erodiert und patiniert sein können wie der Rest des Fragments, weisen keine Veränderungen auf, die durch Hitze auf der Oberfläche des Knochens entstehen (vor allem Schichten der Verfärbung durch Ruß und oberflächliche Risse, z.B. Abb. 9.1.66 und 9.1.95, weitere Beispiele Ko 161 - 2 fem-hum – 6, Oc 12-55 - 1 tib – 3, Oc A-55 - 3 tib – 3 und Oc A-55 - 3 tib – 3a). Es ist nicht möglich, mikroskopisch Risse zu unterscheiden, die kurz vor bzw. kurz nach dem Ende der Verbrennung oder vielleicht einige Jahre nach der Bestattung entstanden sind. Solche können manchmal makroskopisch aufgrund des Verlaufs der Risse oder Patina unterschieden werden.

Die nach der Verbrennung entstandenen Risse unterscheiden sich von den hitzebedingten Rissen durch ihren nicht deformierten Verlauf. Die hitzebedingten Risse entstehen durch eine Spannung im Gewebe und werden dadurch auseinander gezogen, womit eine mehr oder weniger breite Spalte zwischen den ursprünglich zusammenhängenden Seiten entsteht (s. oben). Die bodenlagerungsbedingten Risse besitzen im Regelfall keine solche Spalte, sie entstanden durch einen Druck von außen bedingt und das Gewebe zieht nicht auseinander. Die Risse sind in einigen Fällen leicht verschoben (z.B. Abb. 9.1.67), meistens aber ohne Spuren von Deformationen (z.B. 9.1.68, weitere Beispiele Ko 161 - 3 humtib – 1 und Ko 161 - 3 humtib – 1a, Mo 1 - 1 kind – 2 und Mo 1 - 1 kind – 2a, Oc 16-55 - 2 tib – 2 und Oc 16-55 - 2 tib – 2a, Oc 39-55 - 1 fem – 1 und Oc 39-55 - 1 fem – 1a, Si-14 - 2 fem – 3 und Si-14 - 2 fem – 3a). Beide Arten von Rissen sind meistens klar voneinander zu unterscheiden (z.B. Abb. 9.1.69).

Bislang liegen keine publizierten Fälle von Leichenbränden vor, die durch Tierfraß verursachte diagenetische Veränderungen aufwiesen. Mikrobiell bedingte Beschädigungen durch Bakterien, Algen oder Pilze stellen sich im mikroskopischen Bild als schwarze Linien oder Punkte dar (vgl. Hanson – Buikstra 1987, Schultz 1986, 2001). Die mikroskopischen

Veränderungen entstehen durch das Wachstum dieser Mikroorganismen, die das Knochengewebe zersetzen, in diesem Fall auf der Suche nach Nahrung in Form von Kollagen und organischen Stoffen (vgl. Herrmann et al. 1990, Turner-Walker 2007). Da bei Leichenbränden die organischen Stoffe überwiegend verbrannt sind (vgl. Dokládál 1999, Herrmann et al. 1990) und Kollagen lediglich in denaturierter Form vorhanden ist, werden Brandknochen von Bakterien und anderen Mikroorganismen im Unterschied zu nicht verbranntem Skeletmaterial, nur selten angegriffen (vgl. Herrmann et al. 2007, Schultz 1986, 1988, 1997b, 2001, Stout 1978). Auch in dieser Untersuchung wurden Spuren mikrobiellen Befalls überwiegend bei nicht verbrannten Knochenfragmenten festgestellt (Abb. 9.1.70 und 9.1.71, weitere Beispiele Si-X – 3 und Si-X – 3a, Ko-394 - 3 Fragm – 1, 2, 2a, 3, 3a, 4 und 4a), wobei es sich zumeist um Pilzbefall handelte. Die von Schultz (Schultz 1986) beschriebenen Brandknochen aus Vergina (Griechenland) mit Spuren von Streptomyces werden König Philipp II. von Makedonien zugeschrieben. Seine Knochenüberreste sollen laut Überlieferung im Anschluss an die Verbrennung in Wein gewaschen und dann in einem Seidentuch eingewickelt bestattet worden sein. Auch im archäologischen Befund fanden sich Spuren eines solchen Seidentuches. Der Wein würde die Anwesenheit dieser Bakterien erklären, da es ansonsten für sie in verbrannten Knochen keinen Nährboden gibt (Schultz 1986). Bei den untersuchten Leichenbränden sind solche Spuren nicht beobachtet worden.

Spuren einer postmortalen, bodenlagerungsbedingten Beschädigung des Knochengewebes fanden sich bei einigen Präparaten aus Zeytinli – Bahçe (Abb. 9.1.72, anderes Beispiel ZB D5(10) K40 Ib Femur B – 5). Einige dieser Knochen sind laut archäologischem Befund erst sekundär, nach längerer Zeit der Bodenlagerung und wohl durch Zufall verbrannt worden (Knochen aus wahrscheinlich bronzezeitlichen gestörten Körperbestattungen sind zusammen mit Tierknochen verbrannt in byzantinischen Abfallgruben gefunden worden, Balossi mündl. Mitt. 2004). Dieser Vermutung entsprechen die fehlenden Befunde hitzebedingter Risse und zerplatzter Osteone, so wie sie bei der Verbrennung von lebensfrischem Gewebe entstehen (vgl. Baby 1954, Dokládál 1970, 1999, Herrmann 1972a, Hummel - Schutkowski 1986). Somit wurde das Knochengewebe während der Bodenlagerung durch das Wachstum von Bakterien und Pilzen beschädigt, bevor es zu einer Verbrennung kam. In den anderen Präparaten aus diesem Fundort, die die Merkmale echter Brandbestattungen aufweisen, fehlt diese postmortale biogene Beschädigung. Es ist anzunehmen, dass bereits relativ niedrige Temperaturen, die zur Denaturierung des Kollagens ausreichen, das Bakterienwachstums verhindern (vgl. Herrmann et al. 1990, Mayne Correia 1997, Turner-Walker 2007).

Während der Bodenlagerung können sich auf den Oberflächen der Knochen sowie in den Öffnungen (Havers'sche Kanäle, Osteozytenlakunen sowie bei Brandknochen in den Rissen) Sandkristalle und andere feine Erdpartikel einlagern (Herrmann et al. 1990, 2007). Diese können im Laufe der Zeit eine feste Versinterung bilden, welche die erste Stufe des Prozesses einer „Fossilisierung“ des Knochengewebes darstellen. Auch im mikroskopischen Bild sind solche eingelagerten Kristalle zu erkennen (Abb. 9.1.73, oder Oc 33-55 - 1 tib - 2). Eine deutlich bessere Sichtbarkeit ist durch Anwendung polarisierten Lichtes mit dem Hilfsobjekt Rot 1. Ordnung zu erzielen (Abb. 9.1.74, 9.1.75 und 9.1.76, weitere Beispiele Oc 31-55 - kind - 1a, Oc 33-55 - 1 tib - 2). In einigen Fällen wurden die eingelagerten Kristalle auch innerhalb des Gewebes beobachtet (Abb. 9.1.77, 9.1.78 und 9.1.79, oder Oc 25-55 - 2 Schädeldach - 4, 4a und 4b). Die Kristalle im Gewebe sind als Folge des Austausches des durch Hitze beschädigten Gewebes zu erklären. Durch die Verbrennung und die damit verbundene Abnahme der Knochenfestigkeit bei weichen, kreidig verbrannten Knochen (Stufe II-IV nach Dokládál 1999) vollzieht sich dieser Prozess schneller als bei unverbrannten Knochen (vgl. Schultz 2006). Die mit einer höheren Temperatur verbrannten Knochen der Stufe V sind durch die Beschaffenheit des Gewebes (sehr harte, „keramische“ Verbrennung) für die Wassererosion weniger empfindlich. Der Abrieb der Knochen resultiert aus der Schleifwirkung der mit dem Wasser bewegten Sandkörner. Im mikroskopischen Bild stellt sich diese Form der Erosion als eine postmortal fehlende Oberfläche dar (Abb. 9.1.80, weitere Beispiele Si-14 - 2 fem - 2 und 2a, Si 35 - 1 tib - 1 und 1a). Da die Erosion die Oberfläche des Knochens beschädigt, beeinflusst sie folglich die Präsenz der äußeren Generallamelle. Die originale Oberfläche ist aber nur selten vollständig erodiert, bei der mikroskopischen Untersuchung lassen sich meistens Reste der äußeren GL feststellen (Abb. 9.1.81, oder Si-14 - 3 hum - 1 und 1a). Die histomorphometrische Untersuchung (Auswertung des prozentuellen Anteils der vorhandenen GL) kann bei derart erodierten Oberflächen nicht mehr durchgeführt werden. Die Möglichkeit einer histomorphologischen Untersuchung (Auswertung der Präsenz der GL) ist dagegen weniger stark beeinträchtigt. Am stärksten durch die Beschädigung der Oberfläche beeinträchtigt sind die Auswertungsmöglichkeiten der pathologischen Veränderungen. Die Oberfläche spielt eine entscheidende Rolle in der primären makroskopischen Bestimmung eines pathologischen Prozesses, die Erosion der Oberfläche verhindert somit oftmals überhaupt das Erkennen eines pathologisch veränderten Fragmentes.

### 9.1.2.2. Veränderungen während und nach der Bergung

Die Risse, die während oder nach der Bergung durch unvorsichtige Behandlung entstehen, sind makroskopisch i.d.R. daran zu erkennen, dass sie nicht durch Erdanhaftungen verschmutzt sind und nicht oder wenig patinierte Oberflächen aufweisen. Im mikroskopischen Bild sind solche Risse nicht von anderen lagerungsbedingten Rissen zu unterscheiden.

Auf der Oberfläche der Brandknochen sind oft Spuren der Reinigung und Präparation zu erkennen. Eine unvorsichtige Behandlung bei der Reinigung vor der anthropologischen Untersuchung führt besonders bei den weichen, kreidig verbrannten Knochen der Verbrennungsstufen III und IV zur Beschädigung der Knochen. Das Waschen der Leichenbrände sollte vermieden werden, da fließendes Wasser zur Zerstörung der originalen Oberflächen führt (s. Wassererosion, Kap. 9.1.2.1). Diese Situation wurde häufig bei den Knochen des Gräberfeldes Šitbořice beobachtet. Auch eine trockene Reinigung mit harten Bürsten verursacht eine Beschädigung der Oberflächen. Diese Spuren sind makroskopisch meistens nicht sichtbar, bei einer genaueren Untersuchung z.B. mit einem Rasterelektronenmikroskop (vgl. Kap. 8, Präparat P9158, Abb. 8.40 - 8.43) beeinflussen sie jedoch die Interpretation der Befunde am Knochen. Im lichtmikroskopischen Bild sind solche Spuren nicht von der bodenlagerungsbedingten Erosion zu unterscheiden, weil sie sich nur durch die fehlende Patina der Oberfläche auszeichnen, die mikroskopisch nicht festzustellen ist.

Während der anthropologischen Auswertung werden die Knochen manchmal rekonstruiert, z.B. mit Hilfe von Holzleim. Der Klebstoff ist auch im mikroskopischen Bild klar erkennbar, als ein dünner Streifen amorpher Masse in einem Riss (Abb. 9.1.82, weitere Beispiele Si 17 - 1 tib - 5 und ZB D5(15) K40 fem a - 5).

Häufig beobachtet werden auch die Auswirkungen einer unvollständigen Plastination des Fragmentes. Eine absolute Plastination jedes einzelnen Fragmentes ist nicht möglich, da das Vakuum nicht stark genug ist, um auch die kleinsten, diffus verstreuten Luftblasen durch Kunststoff zu ersetzen (vgl. Schultz 1988a). Ein stärkeres Vakuum würde zu einer zu starken mechanischen Belastung und Beschädigung des Knochengewebes führen. Die häufigsten Merkmale eines unvollständigen Vakuumierens sind durch Luft verfüllte Osteozytenlakunen. Diese sind bei Brandknochen oft vergrößert und in den meisten Fällen vollständig mit dem Kunststoff verfüllt. In diesen Fällen sind die Lakunen im mikroskopischen Bild unauffällig, farblich gleichen sie dem umliegenden Gewebe (Abb. 9.1.83, weitere Beispiele Oc 6b-55 - 2 femhum - 1, Oc 30-55 - 1 femhum - 2). Luftgefüllte Lakunen wirken durch die Totalreflexion der Luft im Durchlicht wie schwarze Punkte (Abb. 9.1.83, rote Pfeile, oder Oc 1b-53 - 2 fem - 2, Oc 7b-53 - 1 fem - 3, Oc 12-55 - 2 femtib - 1), die manchmal durch ihre hitzebeding-

te Deformation und verkleinerte Abstände sogar einen Befall durch Bakterien oder Pilze, bzw. die hitzebedingte Verfärbung durch Ruß vortäuschen können (Abb. 9.1.84). In seltenen Fällen sind außer den Osteozytenlakunen auch die Canaliculi luftgefüllt (Abb. 9.1.83, grüne Pfeile, oder ZB D5(10) K40 Ib Femur B – 5).

In wenigen Fällen wurde ein optisches Phänomen beobachtet, das eine Wirkung auf die Auswertungsmöglichkeiten des Präparates mit sich führt, nämlich eine „Vernebelung“ des Gewebes im mikroskopischen Bild, sowohl im einfachen Durchlicht als auch im polarisierten Licht. Im Gewebe sind durch die Hitze Mikrorisse entstanden, in denen sich auch nach der Plastination die Luft hält. Diese verursacht unter dem Mikroskop durch die Totalreflexion eine schwarze Verfärbung des Gewebes. Scheinbar handelt es sich um Reste der Verkohlung (Abb. 9.1.85). Tatsächlich könnte es sich aber auch um diffus verteilte Luftblasen handeln. Da diese Blasen eine unterschiedliche Stärke aufweisen (manche durchdringen ganze Risse, andere auch nur einige Schichten), ist die Totalreflexion unregelmäßig und verursacht eine Unschärfe des Bildes (Abb. 9.1.86). Diese Unschärfe und die Überdeckung der Knochenstrukturen durch diffuse dunkle Flecken verursacht eine verminderte Bildqualität und führt somit zur unvollständigen und unzuverlässigen Auswertungsmöglichkeit des Präparates. Diese Auswirkung ist jedoch selten (Oer II/1+6-1 und Si 36-1) und betrifft in keinem Fall das ganze Fragment.

Auch während der Herstellung der mikroskopischen Dünnschliffe (vgl. Schultz – Drommer 1983, Schultz 1988a) entstehen manchmal Artefakte, die einen negativen Einfluss auf die Auswertung haben können. Dazu zählen z.B. Kratzer, die trotz des Polierens der eingebetteten Blöcke manchmal auf der Oberfläche bleiben und auch im mikroskopischen Bild erkennbar sind (Abb. 9.1.87). Diese Kratzer können einem unerfahrenen Beobachter z.B. pathologische Veränderungen vortäuschen. Eine sichere Methode, wie die Kratzer von echten Knochenstrukturen zu unterscheiden sind, ist die Änderung der Ebene der Fokussierung, da die Kratzer sich oberhalb oder unterhalb des Präparates befinden. Um der Entstehung von Rissen vorzubeugen, darf das einzubettende Präparat ausschließlich über einen längeren Zeitraum einem schwachen Vakuum ausgesetzt werden. Durch diese schonende Methode der Plastination entsteht ein homogener Kunststoffblock, der auch beim Schleifen oder Polieren des Dünnschliffs formstabil ist und keine Beschädigung des Präparats zulässt.

Klar erkennbar sind Luftblasen, die sich unter dem Dünnschliff auf dem Objektträger oder auf dem Dünnschliff unter dem Deckglas niedergeschlagen haben. Sie sind durch die Reflexion der Luft als runde Objekte mit schwarzem Rand zu erkennen (Abb. 9.1.88). Sie können die Auswertung der Dünnschliffe in so fern beeinflussen, als dass sie eine Knochen-

struktur überdecken oder verdunkeln. Durch leichte Änderungen der Fokusebene sind solche Präparate jedoch meistens auswertbar.

## **9.2. Histologische Altersbestimmung**

Die Ergebnisse der histologischen Altersbestimmung werden im Vergleich zum makroskopisch bestimmten Alter ausgewertet. Die makroskopische Altersbestimmung gehört zum Standard der anthropologischen Auswertungen von Brandknochen; aus diesem Grund wurde sie auch für diese Untersuchung als Vergleichsbasis gewählt. Die Ergebnisse der Altersbestimmung werden bei den größeren Gräberfeldern demographisch ausgewertet; die Ergebnisse der paläodemographischen Auswertung dienen als ein Vergleich der Methoden. Eine vergleichende Auswertung wurde aufgrund der Größe der Populationen nur im Fall der Gräberfelder Očkov und Šitbořice durchgeführt; die anderen Gräberfelder sind mit weniger als 20 vorhandenen Individuen für eine demographische Auswertung nicht geeignet. Die zusammenfassende Auswertung und die Vorschläge zur Untersuchungen von Leichenbrand finden in der Diskussion statt.

### **9.2.1. Histomorphometrische Altersbestimmungsmethoden (HMM)**

#### **9.2.1.1. Material und Methode der Überprüfung der histomorphometrischen Methode für Brandknochen (Wolf 1999)**

Den Test, ob die Methode nach Kerley (1965) sowie Kerley und Ubelaker (1978) für Brandknochen anwendbar ist, hat Wolf im Rahmen seiner Doktorarbeit an experimentell verbrannten Knochen von sechs rezenten Individuen (drei weiblich, Alter 62, 65 und 68 Jahre und drei männlich, Alter 42, 49 und 70 Jahre, Dokládál 1969, 1970, Wolf 1999) sowie an Knochenüberresten aus dem Brandgräberfeld Rheinzabern (Rheinland-Pfalz) durchgeführt (Wolf 1999).

Für diese Untersuchung sind die Ergebnisse der Untersuchung an rezenten Knochenüberresten und deren Vergleich mit den bekannten Werten des tatsächlichen Sterbealters der untersuchten Individuen relevant. In folgender Tabelle 6. sind die Ergebnisse der histomorphometrischen Altersbestimmung an den verbrannten sowie den nicht verbrannten Oberschenkelknochen und der histomorphologischen qualitativen Altersbestimmung nach Schultz (mündl. Mitt., vgl. Schultz 1997a) mit bekanntem Sterbealter der untersuchten Individuen verglichen worden (mod. nach Wolf 1999, 49, Tab. 7. und 8.).

Tabelle 6. Zusammenfassung der Ergebnisse nach Wolf (1999)

Nr.	Alter	Kerley 1965 unverbrannt - Durch- schnitt	Kerley 1965 verbrannt - Durchschnitt	Schultz verbrannt
1♀	68	59,5	58,6	50-60(65)
2♂	49	53,1	50,0	55-75
3♂	70	57,0	58,7	55-65(69)
4♀	65	49,5	48,8	45-60(65)
5♂	42	50,7	51,3	40-55
6♀	62		(60)	60-75

Trotz der geringen Anzahl für die Untersuchung berücksichtigter Individuen bestätigen die Ergebnisse doch, dass es tendenziell keinen Unterschied zwischen histomorphometrischer Altersbestimmung von unverbrannten und verbrannten Knochenproben gibt (Wolf 1999), vorausgesetzt, dass die Ergebnisse nach der originalen Methode ausgewertet werden (alle Merkmale in allen vier Segmente der Knochen, Kerley 1965; Kerley – Ubelaker 1978). Es scheint sich außerdem eine Abweichung der Altersbestimmung (Unterschätzung des Alters) zu bestätigen, die bei älteren Individuen (vgl. Stout - Gehlert 1982) beobachtet wurde, und zwar bis um die Hälfte des tatsächlichen Alters (Wolf 1999). Diese Tatsache wird im Kap. 10. *Diskussion* dieser Arbeit besprochen. Die Untersuchung offenbart die Möglichkeit, auch verbrannte Knochen mit Hilfe histomorphometrischer Methoden zu untersuchen, wie auch Ergebnisse anderer Autoren bestätigen (Bradtmiller – Buikstra 1984).

### 9.2.1.2. Ergebnisse der histomorphometrischen Untersuchungen

Die histomorphometrischen Untersuchungen (HMM) erfolgten nach der Methode von Kerley (Kerley 1965, Kerley – Ubelaker 1978). Bei der Auswertung wird die Anzahl intakter Osteone, fragmentierter Osteone und Nicht-Havers'scher Systeme ausgezählt und der prozentuelle Anteil der äußeren Generallamelle an vier Bereichen des Knochens in einem definierten Sichtfeld des Mikroskops bestimmt. Diese Ergebnisse werden in eine Regressionsgleichung eingesetzt, der arithmetische Durchschnitt ergibt das Alter des Individuums (Kerley 1965, Kerley – Ubelaker 1978).

## Anzahl der Osteone

$$\text{Femur} \quad y = 2,278 + 0,187x + 0,00226x^2$$

$$\text{Tibia} \quad y = -13,4218 + 0,66x$$

$$\text{Fibula} \quad y = -23,59 + 0,74511x$$

## Anzahl der fragmentierten Osteone

$$\text{Femur} \quad y = 5,241 + 0,509x + 0,017x^2 - 0,00015x^3$$

$$\text{Tibia} \quad y = -26,997 + 2,501x - 0,014x^2$$

$$\text{Fibula} \quad y = -9,89 + 1,064x$$

## Anzahl der Nicht-Havers'schen Systeme

$$\text{Femur} \quad y = 58,39 - 3,184x + 0,0628x^2 - 0,00036x^3$$

$$\text{Tibia} \quad y = 67,872 - 9,07x + 0,44x^2 - 0,0062x^3$$

$$\text{Fibula} \quad y = 62,33 - 9,776x + 0,5502x^2 - 0,00704x^3$$

## Prozentueller Anteil der äußeren Generallamelle

$$\text{Femur} \quad y = 75,017 - 1,79x + 0,0114x^2$$

$$\text{Tibia} \quad y = 80,934 - 2,281x + 0,019x^2$$

$$\text{Fibula} \quad y = 124,09 - 10,92x + 0,3723x^2 - 0,00412x^3$$

Das biologische Alter ergibt sich aus dem Mittelwert der für die Ergebnisse (x) errechneten einzelnen Werte (y). Aus den Gleichungen für die Anzahl der Osteone und der fragmentierten Osteone der Tibia und der Fibula geht hervor, dass bei einer niedrigen Strukturanzahl diese Teilergebnisse in Negativzahlen ausfallen können. Dies ist methodologisch im Aufbau der Regressionsgleichungen von Kerley (1965) und Kerley - Ubelaker (1978) begründet und führt bei einer Berechnung des arithmetischen Durchschnitts aller vier Ergebnisse zu einer niedrigen Altersbestimmung. Für die korrekte Auswertung der Regressionsgleichungen nach Kerley und Ubelaker (1978), die mit einer Objektfeldgröße ( $\pi \cdot r^2$ ) von 2,06 mm<sup>2</sup> arbeiteten, müssen die Ergebnisse mit einem Korrekturfaktor multipliziert werden, der für jedes einzelne Mikroskop zu berechnen ist (s. Kap. 5.3.2.1.).

Die Methode wurde von mehreren Autoren erfolgreich getestet und als wohl zuverlässigste HMM-Altersbestimmung allgemein akzeptiert (vgl. Bouvier – Ubelaker 1977, Stout 1989a, 1989b, Stout – Stanley 1991, Stout – Gehlert 1980, Stout – Gehlert 1982). Bei zahlrei-

chen Untersuchungen wurde diese Methode mit Erfolg für die Altersbestimmung verschiedener moderner sowie historischer menschlicher Populationen genutzt (vgl. Iwamoto – Konishi 1993, Maat et al. 2006a, Martin – Armelagos 1979, Peske – Tappen 1970, Trinkaus – Thompson 1987, Watanabe et al. 1998). Wolf (1999) hat diese Methode für Leichenbrände überprüft. Die HMM-Methoden zur Altersbestimmung sind auch in den Fällen zuverlässig, wenn anstelle histologischer Dünnschliffe mikroradiografische Aufnahmen verwendet werden (vgl. Yoshino et al. 1994).

Die Ergebnisse der Untersuchung wurden im Vergleich mit der makroskopischen und histomorphologischen Auswertung kritisch verglichen und bei den jeweiligen Gräberfeldern sowie der Diskussion ausführlich besprochen.

### **9.2.2. Histomorphologische Altersbestimmung**

Die histomorphologische Altersbestimmung (HML) wird anhand der Ausbildung der äußeren und inneren Generallamelle (Langknochen) bzw. der kortikalen Tafeln (z.B. Corticalis der platten und kurzen Knochen), der Größe der Havers'schen Systeme und der Größe der Havers'schen Kanäle sowie dem Auftreten und der Verteilung von Tangentiallamellen und Osteoporose durchgeführt. Die Methode der Altersschätzung wurde von Schultz entwickelt und in zusammenfassender Form publiziert (vgl. Schultz 1997a und 1997b). In diesem Text wird sie mit Erlaubnis des Autors in breitem Maße vorgestellt (Schultz, mündl. Mitt.). Es handelt sich um die Bewertung einzelner Merkmale und setzt beim Bearbeiter eine vertiefte Kenntnis der mikroskopischen Anatomie des Compactknochens voraus. Die einzelnen Merkmale werden aus diesem Grund im Katalog der mikroskopischen Befunde besprochen und ausführlich fotografisch dokumentiert, damit sich der Leser einen Überblick verschaffen kann, um die markanten Merkmale selbständig auswerten zu können. Die Abbildungen vermitteln die jeweiligen Ausprägungsstufen der betrachteten Strukturen, anhand deren Ausprägung beziehungsweise Vorhandensein oder Fehlen das Alter festgestellt wird. Diese Merkmale werden im folgenden Text zusammengefasst und auf die relevanten Bilder hingewiesen (an Beispielen des Gräberfeldes Očkov, weitere Bilder sind im Katalog der mikroskopischen Merkmale aufgeführt).

#### **9.2.2.1. Der Kinderknochen**

Die Kinderknochen (Infans I und II) sind im mikroskopischen Bild klar zu identifizieren. In Folge des Wachstums des Knochens besitzt das Knochengewebe die lamelläre Struktur

des primären Gewebes (Abb. 9.2.1 und 9.2.2), in dem in großer Anzahl ummauerte Nicht-Havers'sche Systeme zu finden sind. Das primäre Knochengewebe ist in Schichten aufgebaut.

**Das primäre Knochengewebe:** Abb. Mo 1 - 1 kind - 3, Abb. Mo 1 - 1 kind - 3a, Abb. Oc 41-55 - 2 kind - 1, Abb. Oc 41-55 - 2 kind - 1a

Die Kinderknochen sind weiterhin durch eine massive, starke Generallamelle und durch das häufige Auftreten primärer Osteone (Abb. 9.2.3 und 9.2.4) gekennzeichnet. Die primären Osteone sind die ersten Havers'schen Systeme, die in das primäre lamelläre Knochengewebe eingebaut wird. Sie sind im mikroskopischen Bild meistens klar zu erkennen, zum einen, weil sie in der Regel durch parallele Knochenlamellen und nicht mit umgebauten Resten älterer Osteone umgeben sind, zum anderen, weil die primären Osteone über keine sogenannte Zementlinie auf der Oberfläche des Havers'schen Systems verfügen. Die Zementlinie ist eine hypermineralisierte Schicht (im mikroskopischen Bild eine dichte, dunkle Linie), die die Abgrenzung des sekundären Osteons vom umliegenden Gewebe markiert. Die primären Osteone sind im Regelfall groß oder sehr groß, mit einem großen Havers'schen Kanal. Häufig zu finden sind Unterschiede im mikroskopischen Aufbau der verschiedenen Bereiche innerhalb desselben Knochenfragmentes. Ein typisches wachstumsbedingtes Merkmal ist, dass an einer Stelle das Gewebe regelmäßig sekundär organisiert an den Knochen eines Erwachsenen erinnert, jedoch in unmittelbarer Nachbarschaft eine primäre Knochenstruktur oder wenige sehr große primäre Osteone beobachtet werden können.

**Primäre Osteone des jungen Knochens:** Abb. Oc 2-55 - uln - 3, Abb. Oc 2-55 - uln - 3a, , Abb. Oc 4-55 - humtib - 2a, Abb. Oc 7b-53 - 1 fem - 2, Abb. Oc 7b-53 - 1 fem - 2a, Abb. Oc 20-55 - 1 Langkn - 2, Abb. Oc 20-55 - 1 Langkn - 2a, Abb. Oc 21-55 - 1 ulntib - 4, Abb. Oc 21-55 - 1 ulntib - 4a, Abb. Oc 31-55 - kind - 3, Abb. Oc 31-55 - kind - 3a, Abb. Oc 37-55 - 3 kind - 7, Abb. Oc 37-55 - 3 kind - 7a, Abb. Oc 41-55 - 1 humfem - 2, Abb. Oc 41-55 - 1 humfem - 2a, Abb. Oc 41-55 - 3 kind - 1, Abb. Oc 41-55 - 3 kind - 1a

Ein weiteres Merkmal von Knochen junger Individuen (Infans, Juvenis, Adultus I) ist die häufige Präsenz regelmäßiger runder oder ovaler Resorptionshöhlen mit flachen Howship'schen Lakunen (Abb. 9.2.5 und 9.2.6), ein Merkmal intensiven Umbaus des Knochengewebes. In diesen Öffnungen werden die neuen Osteone gebildet. Die Umbaurate des Knochengewebes wird mit steigendem Alter langsamer, wachstumsbedingte Resorptionshöhlen sind somit seltener zu finden. Sie müssen von pathologisch bedingten Resorptionshöhlen unterschieden werden (s. Kap. 9.4 *Paläopathologische Untersuchung*).

**Resorptionshöhlen und Spuren des Umbaus am jungen Knochen:** Abb. Ko 6-1 Ind 1 - 2, Abb. Ko6-1 Ind 1 - 2a, Abb. Bi 1 - 1 tib - 2, Abb. Bi 1 - 1 tib - 2a, Abb. Ko 6-2 Ind 1 - 2,

Abb. Ko 6-2 Ind 1 – 2a, Abb. Mo 1 - 1 kind – 2, Abb. Mo 1 - 1 kind – 2a, Abb. Mo 2 - 1 kind – 3, Abb. Mo 2 - 1 kind – 3a, Abb. Mo 2 - 1 kind – 4, Abb. Mo 2 - 1 kind – 4a, Abb. Oc 1-55 - 1 femhum – 2, Abb. Oc 1-55 - 1 femhum – 2a, Abb. Oc 1-55 - 3 raduln – 4, Abb. Oc 1-55 - 3 raduln – 4a, Abb. Oc 37-55 - 4 fib – 3, Abb. Oc 37-55 - 4 fib – 3a, Abb. Oc 39-55 - 3 tib – 2, Abb. Oc 39-55 - 3 tib – 2a, Abb. Oc 41-55 - 1 humfem – 3, Abb. Oc 41-55 - 1 humfem – 3a, Abb. Oc 41-55 - 2 kind – 3, Abb. Oc 41-55 - 2 kind – 3a, Abb. Oc 41-55 - 3 kind – 3, Abb. Oc 41-55 - 3 kind – 3a

Die juvenile Spongiosa bedeckt im jüngeren Alter die gesamte endostale Oberfläche des Langknochens. Sie besteht aus regelmäßigen, massiven Spongiosabälkchen, die häufig mit der inneren Generallamelle verbunden sind (Abb. 9.2.7 und 9.2.8). Mikroskopisch ist sie schwierig von der metaphysären Spongiosa der erwachsenen Individuen zu unterscheiden, weil beide dieselben morphologischen Merkmale aufweisen. Man muss sich eher an der makroskopischen Auswertung der Probenentnahmestelle orientieren. Von altersbedingter Spongiosa lässt sie sich anhand ihrer Stärke und des Aufbaus der Bälkchen unterscheiden (s. altersbedingte Spongiosa).

**Juvenile Spongiosa:** Abb. Oc A-55 - 3 tib – 3, Abb. Oc A-55 - 3 tib – 3a, Abb. Oc 8-53 - 1 tib – 1, Abb. Oc 8-53 - 1 tib – 1a

Eine zuverlässige Unterscheidung zwischen älteren juvenilen (Juvenis im Alter von etwa 18-20 Jahre) und jungen Erwachsenen (Adultus I bis etwa 25-30 Jahre) Individuen ist anhand der mikroskopischen Knochenstruktur nicht mit Sicherheit möglich. Der Umbau ("turnover") des Knochengewebes ist in beiden Fälle noch sehr ausgeprägt, häufig werden wachstumsbedingte Resorptionshöhlen beobachtet. Die Osteone sind meistens groß, die Generallamellen weisen keinen signifikanten Unterschied in ihrer Stärke auf. Somit ist nicht zu entscheiden, ob es sich um ein Individuum handelt, das gerade noch in die Altersgruppe Juvenis zuzuordnen ist, oder eher als Frühadult eingestuft werden sollte. Die makroskopische Altersbestimmung anhand offener Wachstumsfugen, wenn vorhanden, ist in diesem Fall der Histomorphologie überlegen (vgl. Großkopf 2004, Scheelen 2010).

### 9.2.2.2. Die Generallamellen

Die Generallamellen (im weiteren Text und in Katalogen als GL abgekürzt) sind dünne Schichten lamellären Knochengewebes auf der Oberfläche des Knochens (unter dem Periost, äußere GL) und auf der inneren Oberfläche an der Knochenmarkröhre (unter dem Endost, innere GL), die im Rahmen des Knochenwachstums und Knochenumbaus entstehen. Sie sind

typischerweise an einem ununterbrochenen, regelmäßigen Verlauf gleich starker, paralleler Lamellen ohne Osteone zu erkennen.

Die innere GL ist eine dünne, höchstens in einer Stärke bis zu 10 Lamellen zu beobachtende Schicht auf der endostalen Oberfläche des Knochens. Die innere GL ist kontinuierlich auf der gesamten inneren Knochenoberfläche bis etwa zu einem Alter von 25 Jahren zu erwarten. Eine ununterbrochene GL (Abb. 9.2.9 und 9.2.10) über eine Verlaufsänge von mindestens 10% der endostalen Oberfläche lässt den Schluss zu, dass das Individuum wahrscheinlich nicht älter als 25 Jahre war, mit Sicherheit aber das 30. Lebensjahr nicht überschritten hatte. Die innere GL verschwindet meistens bis zum 35 Lebensjahr völlig, ein Knochen mit auch nur winzigen Resten der inneren GL deutet zuverlässig auf ein Individualalter jünger als 40 Jahre hin.

**Gut erhaltene innere Generallamelle:** Abb. Ko 161 - 3 humtib – 2, Abb. Ko 161 - 3 humtib – 2a, Abb. Mo 2 - 1 kind – 2, Abb. Mo 2 - 1 kind – 2a, Abb. Oc 1-55 - 3 raduln – 2, Abb. Oc 1-55 - 3 raduln – 2a, Abb. Oc 2-55 - uln – 2, Abb. Oc 2-55 - uln – 2a, Abb. Oc 8-53 - 2 fem – 1, Abb. Oc 8-53 - 2 fem – 1a, Abb. Oc 31-55 - kind – 2, Abb. Oc 31-55 - kind – 2a

Die innere GL lässt sich häufig mit anderen Merkmalen verwechseln. Spongiosa, die sich im metaphysären Bereich des Knochens befindet, juvenile Spongiosierung des gesamten Langknochens sowie auch die dystrophische Spongiosa osteoporotisch veränderter Knochen wirken oft wie eine Schicht des lamellären Knochengewebes auf der endostalen Oberfläche der Knochenmarkhöhle. Auf diese Weise täuschen sie das Vorhandensein der GL vor. Diese Lamellen lassen sich in höherer Vergrößerung an ihrem Verlauf identifizieren, sie verfolgen nicht den endostalen Umfang des Compactaknochens, sondern die rundlichen oder ovalen Spongiosaräume. Diese Biegungen der Lamellen sind erkennbar und schließen eine Interpretation als GL aus. Die Tangentiallamellen, die in den tiefen Schichten des Compactaknochens an die Knochenmarkhöhle grenzen, erscheinen in niedriger Vergrößerung wie eine GL. Sie lassen sich jedoch am eher unregelmäßigen Verlauf der Lamellen identifizieren. Die Lamellen besitzen in ihrem Verlauf eine unregelmäßige Stärke und sind nicht parallel in ihrem Gesamtverlauf (Abb. 9.2.11 und 9.2.12). Durch postmortale Beschädigung sind besonders bei Brandknochen, in denen Knochenbälkchen oft abgebrochen und erodiert sind, andere lamelläre Knochenstrukturen in vielen Fällen mit der inneren GL zu verwechseln.

**Falsche innere Generallamelle:** Ko 6-5 Ind 1 – 1, Abb. Ko 6-5 Ind 1 – 1a, Abb. Ko-394 - 2 fem – 1, Abb. Ko-394 - 2 fem – 1a, Abb. Oc 1c-53 - fem – 1, Abb. Oc 1c-53 - fem – 1a, Abb. Oc 7a-53 - 1 fem – 1, Abb. Oc 7a-53 - 1 fem – 1a, Abb. Oc 29a-55 - 1 tibfem – 2, Abb. Oc 29a-55 - 1 tibfem – 2a, Abb. Oc 30-55 - 1 femhum – 2, Abb. Oc 30-55 - 1 femhum – 2a, Abb.

Oc 36-55 - 3 langkn – 1, Abb. Oc 36-55 - 3 langkn – 1a, Abb. Oc 39-55 - 2 tib – 1, Abb. Oc 39-55 - 2 tib – 1a

Die äußere GL besitzt einen massiveren Aufbau als die innere. Bei subadulten Individuen kann sie im Rahmen des Knochenwachstums die Mehrheit des Knochengewebes ausmachen, in den tieferen Schichten des Knochens wird das primäre lamelläre Knochengewebe zuerst mit primären Osteonen sekundär umgebaut. Das Vorhandensein einer massiven äußeren GL (Abb. 9.2.13 und 9.2.14) ist in etwa mit der Anwesenheit der inneren GL zu vergleichen, eine starke äußere GL ist bei subadulten und jungen erwachsenen Individuen (etwa bis 30 Jahre) zu erwarten.

**Gut erhaltene äußere Generallamelle:** Abb. Ko-394 - 4 humtib – 1, Abb. Ko-394 - 4 humtib – 1a, Abb. Mo 2 - 1 kind – 1, Abb. Mo 2 - 1 kind – 1a, Abb. Oc 1-55 - 3 raduln – 1, Abb. Oc 1-55 - 3 raduln – 1a, Abb. Oc 2-55 - uln – 1, Abb. Oc 2-55 - uln – 1a, Abb. Oc 21-55 - 1 ulntib – 1, Abb. Oc 21-55 - 1 ulntib – 1a

Die äußere GL wird mit dem Ende des Wachstums nach und nach abgebaut, so, wie sie durch den Umbau mit sekundärem Knochengewebe ersetzt wird. Mit einer nahezu geschlossenen äußeren Generallamelle ist ab einem Alter mehr als 35 Jahre nicht mehr zu rechnen. Die äußere GL verschwindet in der vierten Lebensdekade, ein fragmenarischer Erhaltungszustand (Abb. 9.2.15 und 9.2.16) deutet auf ein Alter von wahrscheinlich unter 45 Jahren, mit Sicherheit aber unter 50 Jahre hin. Die Erhaltung der äußeren GL ist besonders bei Brandknochen jedoch häufig durch eine postmortale Beschädigung gemindert (s. auch die Kap. 10. *Diskussion* der Methoden für die Altersbestimmung). Aufgrund der Oberflächenerosion ist häufig nicht zu unterscheiden, ob die GL bereits intravital oder erst bedingt durch die postmortale Beschädigung fehlt (s. Kap. 9.1). Deswegen werden die Fälle mit einer nur partiell vorhandenen GL meistens als (25-45) Jahre ausgewertet, die weitere Präzisierung der Altersbestimmung erfolgt anhand anderer Merkmale (die Anwesenheit der inneren GL, Größe der Osteone usw.).

**Wenig erhaltene äußere Generallamelle:** Abb. Ko 6-2 Ind 1 – 1, Abb. Ko 6-2 Ind 1 – 1a, Abb. Ko 6-5 Ind 1 – 2, Abb. Ko 6-5 Ind 1 – 2a, Abb. Oc A-55 - 3 tib – 1, Abb. Oc A-55 - 3 tib – 4a, Abb. Oc 6-55 - 1 fem – 1, Abb. Oc 6-55 – 1 fem – 1a, Abb. Oc 29a-55 - 1 tibfem – 1, Abb. Oc 29a-55 - 1 tibfem – 1a, Abb. Oc 31-55 - kind – 1, Abb. Oc 31-55 - kind – 1a

In eher seltenen Fällen ist auf der Oberfläche des Knochens eine lamelläre Schicht beobachtet worden, die zwar an eine äußere GL erinnert, bei der es sich aber um keine echte GL handelt (Abb. 9.2.17 und 9.2.18). Es könnte sich um eine Schicht Tangentiallamellen handeln, welche direkt unterhalb der Oberfläche einen Teil des Knochens bedeckt. Dies ist schwierig

zu unterscheiden, da Tangentiallamellen, wie auch die GL, einen recht regelmäßigen, parallelen Verlauf aufweisen. Als ein Hinweis kann der allgemeine Anteil der Tangentiallamellen im Knochengewebe betrachtet werden. Sollten die lamellären Strukturen auf der Oberfläche die einzigen Tangentiallamellen im Knochengewebe sein, ist in der Tat eher an die GL zu denken. Zuverlässiger ist aber die Betrachtung des Verlaufes der lamellären Schicht auf der Oberfläche. Die echte GL wird nur selten durch Osteone unterbrochen; sie beinhaltet in der Regel nur wenige Nicht-Havers'sche Systeme und/oder primäre Osteone, da sie nach und nach von innen vom sekundäre Knochengewebe umgebaut wird. Die Tangentiallamellen dagegen, als tertiär entstandene Füllung innerhalb des ursprünglich sekundären Knochengewebes, werden häufig durch sekundäre Osteone unterbrochen. Das sekundäre Knochengewebe kann dann oft mindestens in einigen Abschnitten oberhalb der lamellären Schicht (d.h. weiter peripher von der Mitte des Knochens gelegen) beobachtet werden, wenn die Tangentiallamellen tiefer ins Gewebe ausufern. Andere Fälle einer nur scheinbar ausgebildeten äußeren GL lassen sich einfacher identifizieren als die Schichten der Tangentiallamellen, welche oft der echten GL äußerst ähnlich sind. Es kann sich um organisierte, gut integrierte alte Auflagerungen handeln, die jedoch krankheitsspezifische Merkmale aufweisen (s. Kap. 9.4 *Paläopathologische Untersuchung*) und sich somit recht sicher identifizieren lassen. Gelegentlich können an Stellen eines kräftigen Muskelansatzes auch Strukturen beobachtet werden, die an eine äußere GL erinnern. Diese sehen in einer niedrigen Vergrößerung wie eine flache lamelläre Schicht aus, schon die mittlere Vergrößerung (100x) identifiziert sie aber zweifelfrei als Lamellen, die in Richtung des Muskelzuges orientiert sind, d.h. rechtwinklig oder schräg zur Oberfläche des Knochens, je nach Zugrichtung der ursprünglich verbundenen Sehnen- und Muskelfibrillen. Sie unterscheiden sich somit von den parallel verlaufenden Lamellen der GL, sowie auch von den Tangentiallamellen. Die Fälle mit einer "falschen" äußeren GL sind im Vergleich zu einer "falschen" inneren GL selten und nur bei wenigen Knochenfragmenten beobachtet worden.

**Falsche äußere Generallamelle:** Abb. Oc 7a-53 - 2 tibfem – 2, Abb. Oc 7a-53 - 2 tibfem – 2a, Abb. Oc 7a-53 - 2 tibfem – 2b, Abb. Oc 12-55 - 2 femtib – 3, Abb. Oc 12-55 - 2 femtib – 4, Abb. Oc 12-55 – 2 femtib – 3a, Abb. Oc 12-55 - 2 femtib – 4a, Abb. Oc 24b-55 - 2 tier – 1, Abb. Oc 24b-55 - 2 tier – 1a

### 9.2.2.3. Die Havers'schen Systeme

Die Osteone im Knochen eines Individuums verändern sich im Lauf des Lebens. Große Osteone mit eher kleinerem Lumen (d.h. Havers'schen Kanälen) deuten auf ein jüngeres Individualalter hin. Mit steigendem Alter tendieren die Osteone zu einer kleineren Größe (vgl.

Großkopf 2004, Hummel - Schutkowski 1993), wobei sich die Lumina der Havers'schen Kanäle vor allem relativ, aber auch absolut vergrößern. Im senilen Alter können allerdings – bedingt durch die Altersosteoporose – wieder große Osteone mit großen Lumina auftreten (s.u.). Eine Quantifizierung der Veränderungen der Havers'schen Systeme ist nicht möglich. Die Osteone treten im menschlichen Knochengewebe, unabhängig vom Alter des Individuums, immer in unterschiedlichen Größen auf. So sind auch im Knochen eines jungen Individuums kleine Osteone zu finden, a vice versa. Beurteilt werden können lediglich die Tendenzen; es wird ausgewertet, welche Osteone insgesamt am häufigsten vertreten sind. In dieser Untersuchung ist eine einfache Methode verwendet worden, eine Strichliste, auf der die Größen von je 100 Osteonen im gesamten Knochenfragment vermerkt wurden. Beachtet wurden die Größen (größter Durchmesser) der Havers'schen Kanäle sowie der Lamellen der Osteone (größte Stärke). Für diese wurden pro Präparat Mittelwerte berechnet, da ihre Größe nicht nur vom Alter des Individuums, sondern auch vom Alter des jeweiligen Osteons abhängig ist. Anhand der unter einzelnen Kategorien im Anhang dieser Arbeit aufgeführten Abbildungen unterschiedlicher Strukturen des sekundären Knochengewebes konnte sich in Form einer mikromorphologischen Reihe ein Überblick über die Osteonengröße verschafft werden. Die Größe der Osteone variiert in Abhängigkeit zum Schrumpfungsgrad des Knochens (vgl. Großkopf 2004). Es muss auf Merkmale von Hitzeveränderungen geachtet werden und die Ergebnisse dürfen in keinem Fall pauschalisiert werden. Die Größen der Havers'schen Kanäle werden separat anhand einer eigenen mikromorphologischen Reihe ausgewertet. Unproportional vergrößerte Lumina der Osteone deuten auf die Anwesenheit von Fettgewebe im Havers'schen Kanal hin, welches häufig ein Hinweis für eine beginnenden Osteoporose ist. Auch Osteone mit deutlich vergrößertem Lumen, die von den tiefen Schichten des Knochengewebes ausgehend im ganzen Knochenfragment zu finden sind, deuten auf eine Osteoporose hin.

**Große bis sehr große Osteone, Lumen klein oder mittelgroß, Alter Juvenis – Adultus I (Abb. 9.2.19 und 9.2.20):** Abb. Oc 24a-55 - 1 tib – 1, Abb. Oc 24a-55 - 1 tib – 1a, Abb. Oc 16-55 – 2 tib –2, Abb. Oc 16-55 – 2 tib –2a

**Große oder sehr große Osteone, Lumen klein, Alter Juvenis – Adultus I (Abb. 9.2.21 und 9.2.22):** Abb. Oc A-55 - 1 fem – 1, Abb. Oc A-55 - 1 fem – 1a, Abb. Oc 1-55 - 3 raduln – 3, Abb. Oc 1-55 - 3 raduln – 3a

**Große Osteone, Lumen mittelgroß oder groß, Alter Adultus (Abb. 9.2.23 und 9.2.24):** Abb. Oc 4-55 - humtib – 3, Abb. Oc 4-55 - humtib – 3a, Abb. Oc 7-55 - 3 tib – 2, Abb. Oc 7-55 - 3 tib – 2a, Abb. Oc 16-55 - 1 Tier – 2, Abb. Oc 16-55 - 1 Tier – 2a, Abb. Oc 20-55 - 2

femtib – 1, Abb. Oc 20-55 - 2 femtib – 1a, Abb. Oc 29a-55 - 2 fem – 3, Abb. Oc 29a-55 - 2 fem – 3a

**Mittlere oder große Osteone, Lumen klein oder mittelgroß, Alter Adultus (Abb. 9.2.25 und 9.2.26):** Ko 6-1 Ind 1 – 1, Abb. Ko 6-1 Ind 1 – 1a, Abb. Oc 1b-53 - 2 fem – 2, Abb. Oc 1b-53 - 2 fem – 2a, Abb. Oc 7-55 - 2 fem – 3, Abb. Oc 7-55 - 2 fem – 3a, Abb. Oc 1b-53 - 1 fem – 2, Abb. Oc 1b-53 - 1 fem – 2a, Abb. Oc 39-55 - 1 fem – 3, Abb. Oc 39-55 - 1 fem – 3a

**Mittlere Osteone, Lumen klein bis mittelgroß, Alter Adultus – Maturus (Abb. 9.2.27 und 9.2.28):** Abb. Oc 1-55 - 1 femhum – 1, Abb. Oc 1-55 - 1 femhum – 1a

**Kleine oder mittlere Osteone, Lumen überwiegend klein, Alter Maturus (Abb. 9.2.29 und 9.2.30):** Abb. Oc 2-53 - 6 tib – 1, Abb. Oc 2-53 - 6 tib – 1a, Abb. Oc 12-55 - 1 tib – 2, Abb. Oc 12-55 - 1 tib – 2a, Abb. Oc 30-55 - 2 rad – 2, Abb. Oc 30-55 - 2 rad – 2a

**Kleine oder mittlere Osteone, Lumen überwiegend klein, oft vergrößert durch die Osteoporose, Alter Maturus II – Senilis (Abb. 9.2.31 und 9.2.32):** Abb. Oc 12-55 - 2 femtib – 1, Abb. Oc 12-55 - 2 femtib – 1a, Abb. Oc 17-55 - 2 fem – 1, Abb. Oc 17-55 - 2 fem – 1a, Abb. Oc 17-55 - 3 humtib – 2, Abb. Oc 17-55 - 3 humtib – 2a, Abb. Oc 19-55 - 1 fem – 2, Abb. Oc 19-55 - 1 fem – 2a, Abb. Oc 27-55 - 1 femtib – 1, Abb. Oc 27-55 - 1 femtib – 1a

Die Osteone und damit auch ihre Größen werden durch die Belastung des Knochens beeinflusst. Eine erhöhte Belastung des Knochens führt zu einem schnelleren Umbau, und die Osteone besitzen häufig unregelmäßige, unterschiedliche Größen. Solche Zustände werden manchmal in Knochen junger Individuen (Juvenis) mit intensivem Wachstum beobachtet, beide Prozesse können vom Gesichtspunkt ihres Einflusses auf das Knochengewebe aus verglichen werden. Es muss auf weitere Merkmale (vor allem die GL) geachtet werden, damit eine Verwechslung des Einflusses der Belastung mit einem Wachstumsmerkmal vermieden wird.

**Unregelmäßige, sehr kleine bis große Osteone, Lumen sehr klein bis zu groß (Abb. 9.2.33 und 9.2.34)**

#### 9.2.2.4. Der Knochen eines alten Individuums

Die Knochen eines Individuums werden im höheren Alter (ca. ab 55 Jahre) durch Prozesse der Osteoporose verändert und abgebaut. Es kommt sowohl zu einem Abbau des Compactknochens („Verdünnung“ der Compacta und Vergrößerung der Knochenmarkhöhle), als auch zu einer Rarefizierung der Spongiosa (vgl. Großkopf 2004, Hummel - Schutkowski 1993, Scheelen 2010). Auch die auf den ersten Blick durch Osteoporose unveränderten Ge-

biote des Knochens weisen eine verminderte Anzahl an Osteonen und fragmentierten Osteonen auf, welches bei der Anwendung histomorphometrischer Methoden zu einer zu geringen Einschätzung des Individualalters führt (vgl. Kap. 9.3.6.). Die histomorphologische Altersbestimmung liefert zuverlässigere Ergebnisse, allerdings unter der Voraussetzung, dass die altersbedingte Osteoporose von anderen Prozessen unterschieden wird, die auch zu einer Rarefizierung bzw. einem Abbau des Gewebes führen können. Dazu gehören einige pathologische (vgl. Kap. 9.4. *Paläopathologische Untersuchung*, z.B. Inaktivitätsatrophie, Knochenmarkentzündung o. ä.), aber auch physiologische Prozesse (z.B. Umbau eines ursprünglich stark belasteten und somit sehr dichten und dicken Gewebe in ein "normal" belastetes, d.h. ohne Merkmale einer Inaktivitätsatrophie).

Der Abbau des Knochengewebes beginnt schon in relativ jungem Alter mit dem Abbau der Spongiosa in den metaphysären Bereichen des Knochens. Auf dieser Tatsache basieren viele Methoden makroskopischer und röntgenologischer Altersbestimmung (vgl. Nemeskéri et al. 1960, Acsádi – Nemeskéri 1970, Szilvássy – Kritscher 1990 u. a.). Ab ca. dem 50. Lebensjahr (vgl. Hansen 1954, Walker – Lovejoy 1985 u. a.) erfolgt ein Abbau des kompakten Knochengewebes. Der Bereich, den die ursprüngliche Compacta eingenommen hat, kann durch dünne, dystrophische Bälkchen der „altersbedingten Spongiosa“ ersetzt werden, die zum Teil den ursprünglichen Grenzen der Compacta folgen. Diese „Spongiosa“ ist von der juvenilen Spongiosa meistens klar zu unterscheiden, die Bälkchen sind dünn (dystrophisch, unfähig die volle ursprüngliche Belastung zu tragen) und greifen häufig (besonders in Bereiche des ursprünglich sehr massiven Knochens, z.B. Margo anterior tibiae oder Linea aspera) tief in die ehemalige Compacta. Der Befund einer altersbedingten "Spongiosa" lässt eine Altersbestimmung von mehr als 50(55) Jahre zu.

**Altersbedingte „Spongiosa“ (Abb. 9.2.35 und 9.2.36):** Abb. Oc 2-53 - 4 uln – 2, Abb. Oc 2-53 - 4 uln – 2a, Abb. Oc 2-53 - 5 tibfem – 1, Abb. Oc 2-53 - 5 tibfem – 1a

Die Rarefizierung des Knochengewebes erfolgt durch eine Vergrößerung der Havers'schen Kanäle bis hin zu deren Umwandlung in große, mit Fettgewebe verfüllte Lakunenosteone (s. Schultz 1986). Diese Lakunenosteone sind kaum von Spongiosazellen zu unterscheiden, sie bestehen aus rundlichen oder ovalen Öffnungen mit lamellärer Knochenstruktur auf der Oberfläche, bei welchen es sich um die eigentlichen sekundären Knochenlamellen des Osteons handelt. Sie verbreitern sich zuerst in den tiefsten, bei der endostalen Oberfläche liegenden Knochenschichten. Nach und nach dehnen sie sich in radialer Richtung in das umliegende Knochengewebe aus. In vorgeschrittenem Stadium ist der Knochen manchmal bis zur Oberfläche mit großen Lakunenosteonen durchsetzt, in einigen Fällen bleibt eine dünne

Schicht des Compactaknochens erhalten und das tiefer liegende Gewebe wird vollständig abgebaut. Die Altersbestimmung lässt sich anhand einer altersbedingten Osteoporose als (55)60 und mehr Jahre bestimmen. Bei Brandknochen, bei denen keine vollständigen Querschnitte des gesamten Knochens zu erreichen sind, sollte diese Aussage als Limit, als nicht weiter präzisierbare Grenze angesehen werden. Bei vollständigen Knochen (in dieser Untersuchung das rezente Material) ist eine schwache Osteoporose (nur wenige Lakunenosteone, das Knochengewebe zu größtem Teil kompakt, nur die innersten Schichten porös) als Hinweis auf ein Individualalter zwischen (55) 60 und 65 (70) Jahren interpretiert worden. Stark poröse, abgebaute Knochen werden als Hinweis für ein Alter über (70) 75 Jahre interpretiert.

**Osteoporose (Abb. 9.2.37 und 9.2.38):** Abb. Oc 2-53 - 1 tib – 1, Abb. Oc 2-53 - 1 tib – 1a, Abb. Oc 2-53 - 2 tibfem – 1, Abb. Oc 2-53 - 2 tibfem – 1a, Abb. Oc 2-53 - 3 tib – 1, Abb. Oc 2-53 - 3 tib – 1a, Abb. Oc 2-53 - 4 uln – 1, Abb. Oc 2-53 - 4 uln – 1a, Abb. Oc 2-53 - 5 tibfem – 2, Abb. Oc 2-53 - 5 tibfem – 2a, Abb. Oc 12-55 - 2 femtib – 2, Abb. Oc 12-55 - 2 femtib – 2a, Abb. Oc 17-55 - 2 fem – 2, Abb. Oc 17-55 - 2 fem – 2a, Abb. Oc 17-55 - 5 tib – 1, Abb. Oc 17-55 - 5 tib – 1a, Abb. Oc 19-55 - 1 fem – 1, Abb. Oc 19-55 - 1 fem – 1a, Abb. Oc 22-55 - 1 femhum – 2, Abb. Oc 22-55 - 1 femhum – 2a, Abb. Oc 43-55 - 1 hum – 1, Abb. Oc 43-55 - 1 hum – 1a

Wenige der untersuchten Fälle mit bekanntem Sterbealter sind aufgrund einer gering ausgeprägten Osteoporose unterschätzt worden. Die meisten wurden richtig als zur Altersklasse Senilis gehörend gedeutet (vgl. Kap. 9.3.6.). Der Knochen eines Individuum (männlich, Alter 89 Jahre, Gö 1661) wies kaum Spuren einer Osteoporose auf. Einer der Dünnschliffe war sogar Osteoporosefrei, der andere wies schwache Spuren einer Rarefizierung auf, weshalb das Alter des Individuums als spätmatur bis senil bestimmt wurde. Es ist zu vermuten, dass diese relativ kompakte Knochenstruktur im Zusammenhang (die Einzelheiten aus der Diagnose und des Hintergrundes dieses Mannes sind nicht bekannt) mit den massiven Muskelansätzen und somit einer hohen körperlichen Aktivität des Individuums zu sehen ist. Die Altersbestimmung dieses Individuums wurde in der HMM-Methode unterschätzt ( $54,2 \pm 6$  Jahre); das biologische Alter des Knochens entsprach also tatsächlich dem dichten, massiven Knochenaufbau eines maturen Individuums. Somit bestätigt sich die Nützlichkeit der Verwendung verschiedener Methoden für die Altersbestimmung. Es ist nicht zu empfehlen, sich lediglich auf eine Methode der Altersbestimmung zu verlassen.

Häufig wurden an den untersuchten Knochen Merkmale festgestellt, die an eine altersbedingte Osteoporose erinnern. In der Tat handelt es sich aber nicht um eine echte Osteoporose. Am häufigsten wurden vergrößerte Lakunen im Knochengewebe beobachtet. Sie entstehen

als physiologische Folge des Abbaus massiven und funktionell überflüssigen Knochengewebes in Bereichen, wo eine solche Knochenstärke aus statischen Gründen nicht mehr benötigt wird. Als typisches Beispiel sind hier der Margo anterior tibiae zu nennen, der Margo interosseus ulnae et radii, oder die Linea aspera femoris. Diese vergrößerten Lakunen sind ähnlich wie die osteoporotischen aufgebaut, aber kein systemisches Merkmal, welches den gesamten Knochen betrifft, sondern nur in begrenzten Bereichen zu finden. Das Gewebe außerhalb ist nicht betroffen. Dies kann ein Problem bei kleinen Fragmenten von Brandknochen darstellen. In solchen Fällen orientiert man sich anhand von weiteren Merkmalen (die GL, die Osteone). Wenn diese die Diagnose eines höheren Alters nicht unterstützen, sollte die Auswertung anhand eines weiteren Präparats desselben Individuums (bzw. desselben Knochens, wenn möglich) überprüft werden. Auch nicht alle vergrößerten Lakunen, die eher zufällig im Knochengewebe verstreut sind, sind als Folgen einer Osteoporose auszuwerten. In der Compacta gibt es vereinzelte Lakunen, die als Ausbuchtungen aus dem Knochenmark entstehen. Auch diese stellen aber eher Einzelfälle dar und sind mit einer Osteoporose allenfalls in einem schlecht erhaltenen Präparat zu verwechseln. Letztlich kann noch die durch Hitze deformierte Spongiosa in einigen Fällen einen porösen Compactaknochen vortäuschen. Die geschrumpften Bälkchen liegen dicht aneinander, verlieren die typischen Muster der Spongiosa und lassen sich erst in höheren Vergrößerungen durch Spuren der Schrumpfung und der Deformation (Mikrorisse, Beschädigungen der Kollagenfibrillen) identifizieren. Daher muss jeder Fall einer vermuteten Osteoporose gründlich überprüft werden.

**"Falsche" Osteoporose (Abb. 9.2.39 und 9.2.40):** Abb. Ko 161 - 1 fem - 3, Abb. Ko 161 - 1 fem - 3a, Abb. Oc A-55 - 2 tib - 3, Abb. Oc A-55 - 2 tib - 3a, Abb. Oc 6-55 - 1 fem - 2, Abb. Oc 6-55 - 1 fem - 2a, Abb. Oc 6-55 - 2 tib - 1, Abb. Oc 6-55 - 2 tib - 1a, Abb. Oc 6b-55 - 1 tib - 1, Abb. Oc 6b-55 - 1 tib - 1a, Abb. Oc 9b-55 - 1 fem - 1, Abb. Oc 9b-55 - 1 fem - 1a, Abb. Oc 24b-55 - 1 tibfem - 2, Abb. Oc 24b-55 - 1 tibfem - 2a, Abb. Oc 33-55 - 1 tib - 3, Abb. Oc 33-55 - 1 tib - 3a, Abb. Oc 34-55 - 1 tib - 3, Abb. Oc 34-55 - 1 tib - 3a, Abb. Oc 35-55 - 2 tierfem - 3, Abb. Oc 35-55 - 2 tierfem - 3a, Abb. Oc 36-55 - 3 langkn - 2, Abb. Oc 36-55 - 3 langkn - 2a, Abb. Oc 40-55 - 1 tib - 1, Abb. Oc 40-55 - 1 tib - 1a

### **9.3. Auswertung der Gräberfelder und der rezenten Vergleichspopulation**

#### **9.3.1. Gräberfeld Očkov**

##### **9.3.1.1. Makroskopische Altersbestimmung**

Die makroskopische Altersbestimmung wurde bei 49 von insgesamt 51 Individuen durchgeführt (s. Katalog Kap. 1.1.). In zwei Gräbern (Očkov 19/55 und Očkov 34/55) ist makroskopisch zunächst kein zweites Individuum festgestellt worden. Die Identifizierung des zweiten Individuums in diesen Gräbern erfolgte anhand der mikroskopischen Auswertung. Es ist anzunehmen, dass es sich in beiden Fällen um eine Beimengung weniger Knochen eines anderen Individuums im Grab handelte. Die makroskopische Auswertung ordnete vier Individuen (8,2%) der Kategorie Infans, drei Individuen (6,1%) der Kategorie Juvenis, 16,9 Individuen (34,5%) der Kategorie Adultus, 20,6 Individuen (42,0%) der Kategorie Maturus und 4,5 Individuen (9,2%) der Kategorie Senilis zu. Zum Teil kann eine Altersbestimmung nur klassenübergreifend erfolgen, die Individuen wurden deshalb zum Zwecke einer möglichst genauen statistischen Erfassung proportional in die entsprechenden Altersklassen verteilt (vgl. Großkopf 2004, Stloukal et al. 1999). Somit wird z.B. ein Kind (bestimmbar als Infans) je mit einem Wert von 0,5 der Gruppe Infans I und 0,5 der Gruppe Infans II zugerechnet. Ein als Adultus+ bestimmtes Individuum (adult-senil) wird gleichmäßig auf alle in Frage kommenden Altersklassen verteilt, also 0,33 in der Gruppe Adultus, 0,33 in der Gruppe Maturus und 0,33 in der Gruppe Senilis. Im Endergebnis kommt es deshalb auch zu Dezimalzahlen.

##### **9.3.1.2. Histomorphometrische Altersbestimmung**

Die histomorphometrische Altersbestimmung konnte bei 46 von 51 Individuen an insgesamt 90 histologischen Präparaten durchgeführt werden (s. Bd. 2, Tabelle Očkov 1). Bei den Individuen Očkov 2/55, 31/55, 34/55 Individuum 2 und 43/55 konnte die HMM nicht durchgeführt werden, weil die untersuchten Knochen (Ulna, Radius, Humerus und ein nicht identifizierbarer Kinderknochen) für die Auswertung nicht geeignet waren. In einem Fall (Očkov 29b/55) war das Knochengewebe so stark beschädigt, dass keine geeignete Stelle (vollständige Überdeckung des Sichtfeldes des Mikroskops mit dem Knochengewebe) gefunden werden konnte. Die Untersuchung ergab 2,6 Individuen (5,7%) der Kategorie Infans, 5,1 Individuen (11,1%) der Kategorie Juvenis, 31,7 Individuen (68,8%) der Kategorie Adultus, 6,2 Individuen (13,5%) der Kategorie Maturus und 0,4 Individuen (0,9%) der Kategorie Senilis.

Bei zwölf Individuen von den insgesamt 46 untersuchten (26%) unterscheidet sich das Ergebnis der HMM-Altersbestimmung von den anderen verwendeten Methoden. In sechs von

diesen Fällen (Očkov 2/53, 12/55, 17/55, 19/55 Individuum 1, 22/55 und 44/55) wurden im untersuchten Knochen Spuren einer altersbedingten Osteoporose gefunden, die zu einer Unterschätzung der HMM-Altersbestimmung führte (vgl. Kap. 9.3.6.). Alle diese sechs Individuen sind histomorphologisch als über (55) 60 Jahre, mit der HMM-Methode als zwischen 30 und 55 Jahre bestimmt worden, ein Ergebnis, welches sich in der Untersuchung der Individuen mit bekanntem Sterbealter widerspiegelt (vgl. Kap. 9.3.6.). Weitere drei der unterschiedlich bestimmten Individuen (Očkov 11/55, 21/55 und 30/55) sind makroskopisch und/oder HML als nicht erwachsene Individuen (Infans oder Juvenis) identifiziert worden. Die HMM-Auswertung interpretierte diese drei Individuen als juvenil bis frühadult. Bei den subadulten Individuen kann eine erhöhte Umbaurate des Knochengewebes zu einer Abweichung der Anzahl der ausgewerteten Strukturen führen, auch bei jungen Individuen kann also das Ergebnis der HMM-Auswertung unzuverlässig werden. Bei den letzten drei Fällen mit abweichender Bestimmung (Očkov 1a/53, 6/53 und 6/55) basiert diese auf anderen Auswirkungen, die in der Diskussion besprochen werden.

### 9.3.1.3. Histomorphologische Altersbestimmung

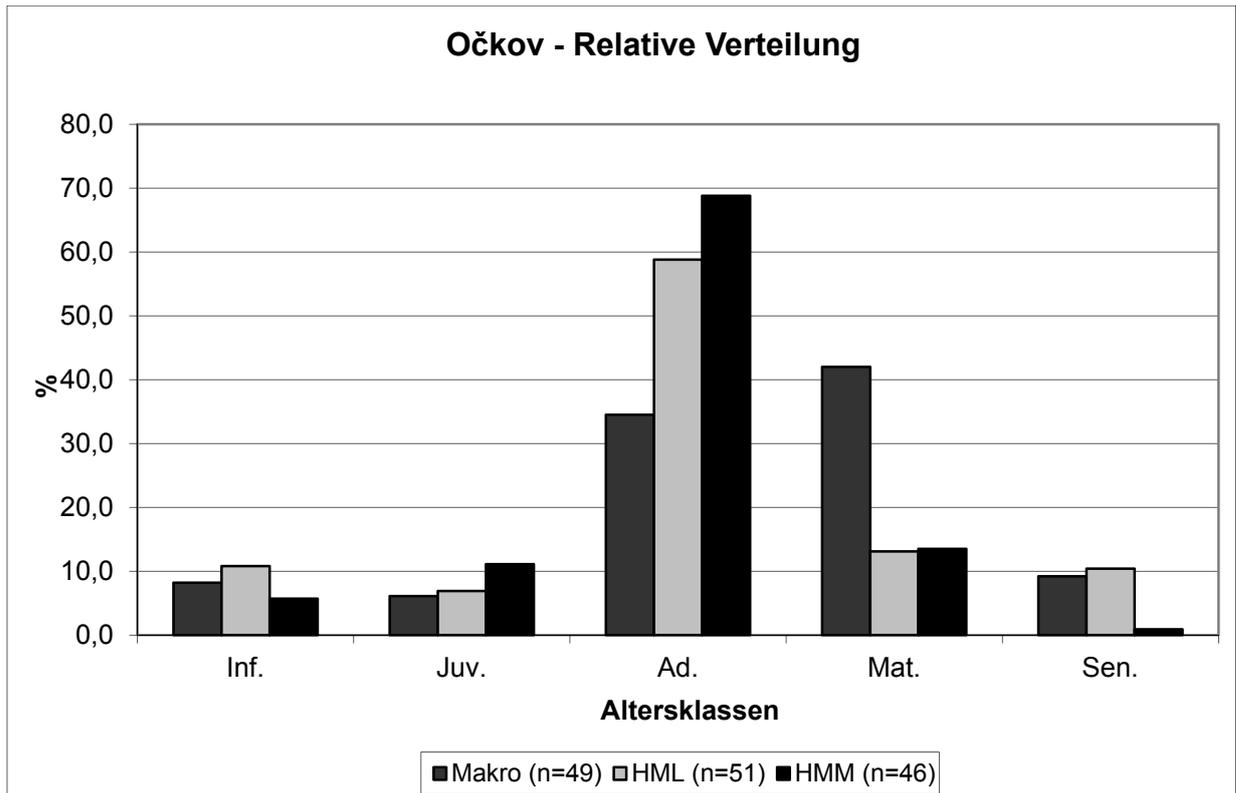
Von den 51 Individuen aus Očkov wurden 101 Dünnschliffe für die Altersbestimmung an Langknochen hergestellt (s. Katalog Kap. 2.1.). Ein Präparat (Očkov 21/55-2) erwies sich im mikroskopischen Bild als Tierknochen, so dass letztendlich nur 100 Schliffe genutzt wurden. Die HML-Auswertung ordnete 5,5 Individuen (10,8%) der Kategorie Infans, 3,5 Individuen (6,9%) der Kategorie Juvenis, 30 Individuen (58,8%) der Kategorie Adultus, 6,7 Individuen (13,1%) der Kategorie Maturus und 5,3 Individuen (10,4%) der Kategorie Senilis zu.

Bei fünf Individuen von insgesamt 51 untersuchten (9,8%) unterscheiden sich die Ergebnisse der HML-Untersuchung von denen der makroskopischen Untersuchung, die als eine Vergleichsbasis angenommen wird. Bei zwei dieser Individuen (Očkov 11/55 und 30/55) ist das Alter histomorphologisch als frühadult bestimmt worden, obwohl die makroskopische Altersbestimmung eine zweifelfreie Zuordnung zur subadulten Gruppe lieferte. Dies ist ein Beispiel dafür, dass es schwierig sein kann, bei der ersten mikroskopischen Inspektion zwischen der juvenilen und der frühadulten Altersstufe zu unterscheiden (so wie sie im Kap. 9.3.6. besprochen). Dagegen wurde bei einem Individuum (Očkov 2/55) das Alter makroskopisch aufgrund des schlechten Erhaltungszustandes als mindestens Adultus bestimmt, die HML-Methode identifizierte aber einen Knochen eines nicht erwachsenen Individuums. Bei zwei unterschiedlich bestimmten Individuen (Očkov 1a/53 und 6/55) lieferte die makroskopi-

sche Auswertung ein zu hoch bewertetes Alter, welches durch die histologische Altersbestimmung korrigiert wurde.

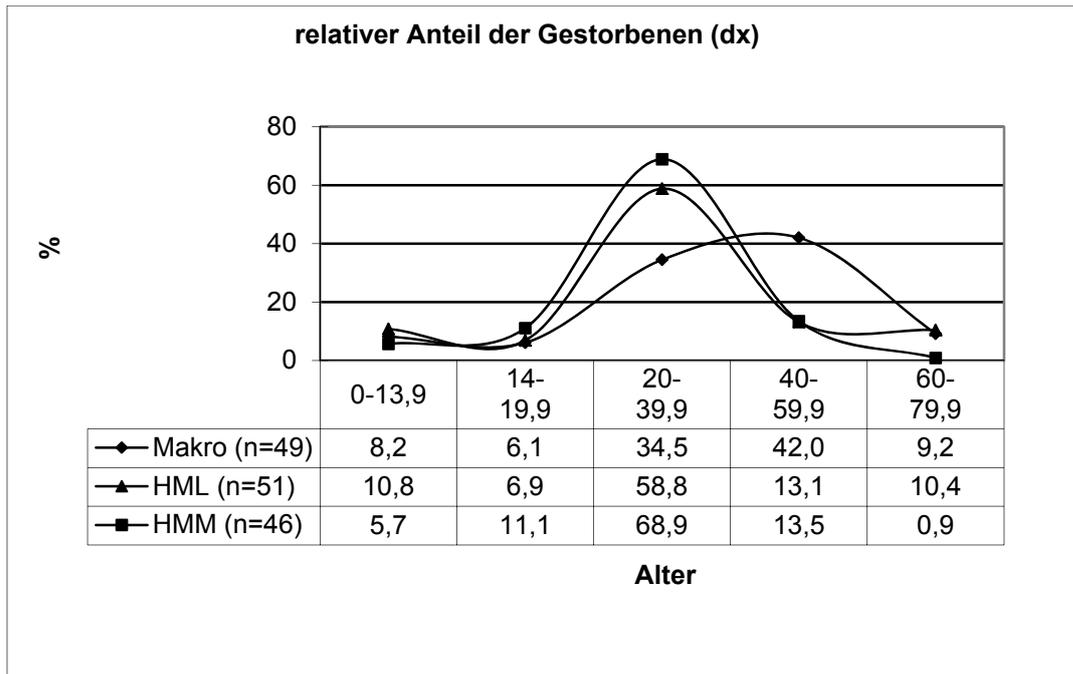
#### **9.3.1.4. Vergleich der Methoden und die demographische Auswertung des Gräberfeldes**

Die drei verwendeten Methoden zur Altersbestimmung lieferten in zwölf von 51 untersuchten Fällen (23%) nicht übereinstimmende Ergebnisse (s. Bd. 2, Tabelle Očkov 2). Die Ergebnisse zeigt die folgende Grafik 1. Die größte Abweichungsquote weist die makroskopische Untersuchung auf. Hier kam es fälschlich zu einem überproportionalen Anteil maturer Individuen. Dieses Ergebnis ist in der Schwierigkeit begründet, makroskopisch adulte von maturen Individuen sicher zu unterscheiden. Diese Abweichung wird durch die histologische Untersuchung korrigiert. Die minimale Vertretung der histomorphometrisch als senil bestimmten Individuen lässt sich durch die steigende Abweichung der Auswertung mit der Entwicklung der Osteoporose (s. Kap. 10. *Diskussion*) erklären. Die durch Osteoporose verminderte Anzahl der Osteone und fragmentierten Osteone lässt das mittels HMM Untersuchung bestimmte Alter als zu niedrig ausfallen, weshalb diese Individuen meist fälschlich der Altersklasse Adultus zugeordnet werden. Diese Fälle machen die etwa 10% "überflüssigen" Individuen aus, die im Vergleich mit der HML Methode als "adult" bestimmt wurden (s. Grafik 1). Diese 10% fehlen wiederum bei der HMM Untersuchung in der Altersgruppe senil (s. Kap. 10. *Diskussion*). Dieser Fehler kann durch die HML-Auswertung korrigiert werden.



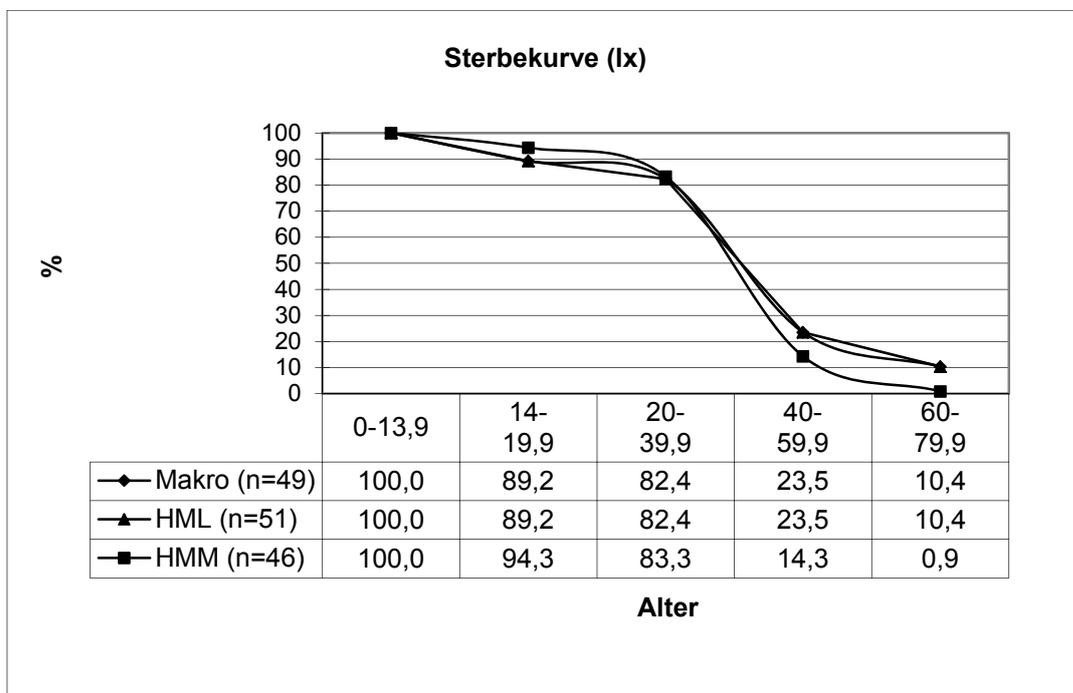
Grafik 1. Gräberfeld Očkov, Verteilung der Altersgruppen, Methodenvergleich.

Die demographische Auswertung der makroskopischen Altersbestimmung ergibt ein durchschnittliches Sterbealter ab der Geburt von 39,4 Jahre und ab Erreichen des Erwachsenenalters (20 Jahre) im Durchschnitt 44,1 Jahren (s. Bd. 2, Tabelle Očkov 3). Die HML bestimmt ein Sterbealter ab der Geburt von 33,4 Jahren und ab Erreichen des 20. Lebensjahrs von 38,2 Jahre; die HMM von 30,3 Jahre ab der Geburt und von 33,7 Jahre ab Erreichen des 20. Lebensjahrs. In der Auswertung des relativen Anteils der Gestorbenen (s. Grafik 2) zeigt sich eine klare Korrelation zwischen den beiden histologischen Methoden, die makroskopische Auswertung weicht dagegen deutlich ab.



Grafik 2. Gräberfeld Očkov, relativer Anteil der Gestorbenen, Methodenvergleich.

Der Verlauf der Sterbekurven (Grafik 3) zeigt eine gute Übereinstimmung der verwendeten mikroskopischen Methoden.



Grafik 3. Gräberfeld Očkov, Sterbekurve, Methodenvergleich.

Die gesamte Auswertung des Gräberfeldes in Očkov ergab 51 Individuen, davon zehn (19,6%) eher männlich, zwölf (23,5%) eher weiblich und 29 (56,9%) mit unbestimmbarem

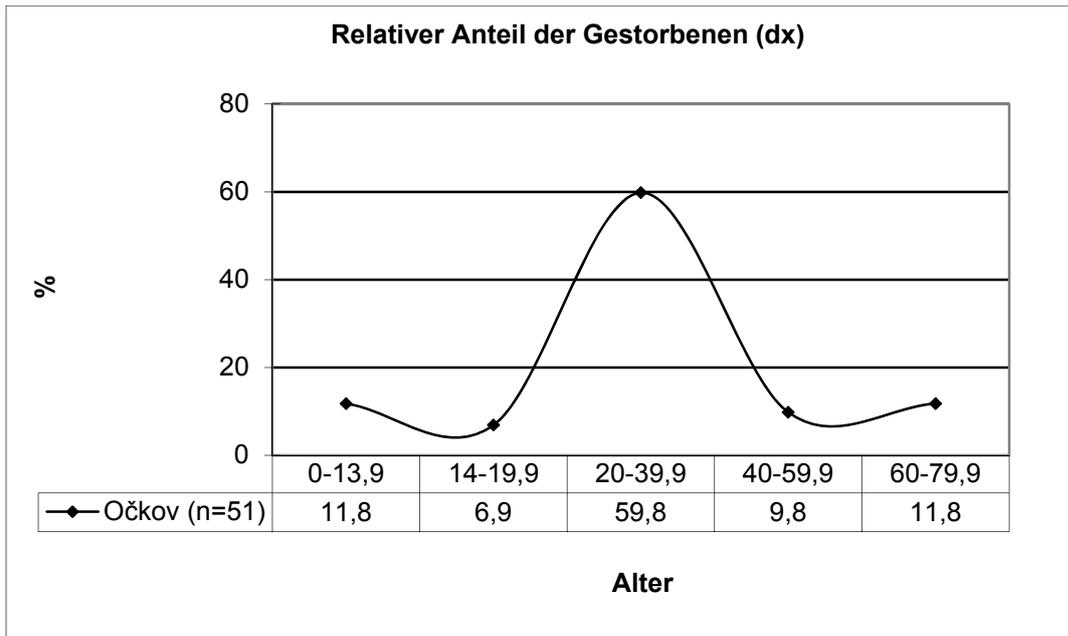
Geschlecht. Die Altersverteilung ergab sechs Individuen (11,8%) der Kategorie Infans, 3,5 Individuen (6,9%) der Kategorie Juvenis, 30,5 Individuen (59,8%) der Kategorie Adultus, fünf Individuen (9,8%) der Kategorie Maturus und sechs Individuen (11,8%) der Kategorie Senilis. Einen Überblick der Gesamtergebnisse bietet die folgende Tabelle 7.

Tabelle 7. Gräberfeld Očkov, Gesamtergebnisse.

Grab Nr.	Indiv. Anzahl	Alter	Geschlecht
A/55	1	20-30	♂ > ♀
1a/53	1	20-30	♀ > ♂
1b/53	1	20-30	♂ = ♀
1c/53	1	20-30	♂ = ♀
1/55	1	20-30	♀ > ♂
2/53	1	55+	♀ > ♂
2/55	1	0-14	♀ > ♂
3/55	1	20-30	♂ = ♀
4/55	1	14-30	♀ > ♂
5/53	1	20-35	♂ > ♀
6/53	1	20-30	♂ > ♀
6/55	1	30-45(50)	♀ > ♂
6b/55	1	20-40	♂ > ♀
7/55	1	30-45	♂ > ♀
7a/53	1	30-45(50)	♂ = ♀
7b/53	1	14-30	♂ = ♀
8/53	1	20-35	♂ = ♀
8b/53	1	20-35	♂ = ♀
9a/53	1	20-30	♂ = ♀
9b/55	1	25-35	♂ = ♀
11/55	1	14-25	♂ = ♀
12/55	1	60+	♂ = ♀
13/55	1	30-40	♂ > ♀
15/55	1	30-45	♂ > ♀
16/55	1	20-30	♂ = ♀
17/55	1	55+	♀ > ♂
19/55	2	Ind. 1: 60+ Ind. 2: 30-45	♂ = ♀ ♂ = ♀
20/55	1	(14)20-30	♂ = ♀
21/55	1	0-7	♂ = ♀
22/55	1	55+	♂ = ♀
24a/55	1	20-40	♂ = ♀
24b/55	1	(14)20-30	♂ = ♀
25/55	1	25-35(40)	♀ > ♂
27/55	1	50-70	♂ = ♀
29a/55	1	25-45	♂ > ♀
29b/55	1	20-45	♀ > ♂
30/55	1	7-20	♂ = ♀
31/55	1	0-14	♂ = ♀

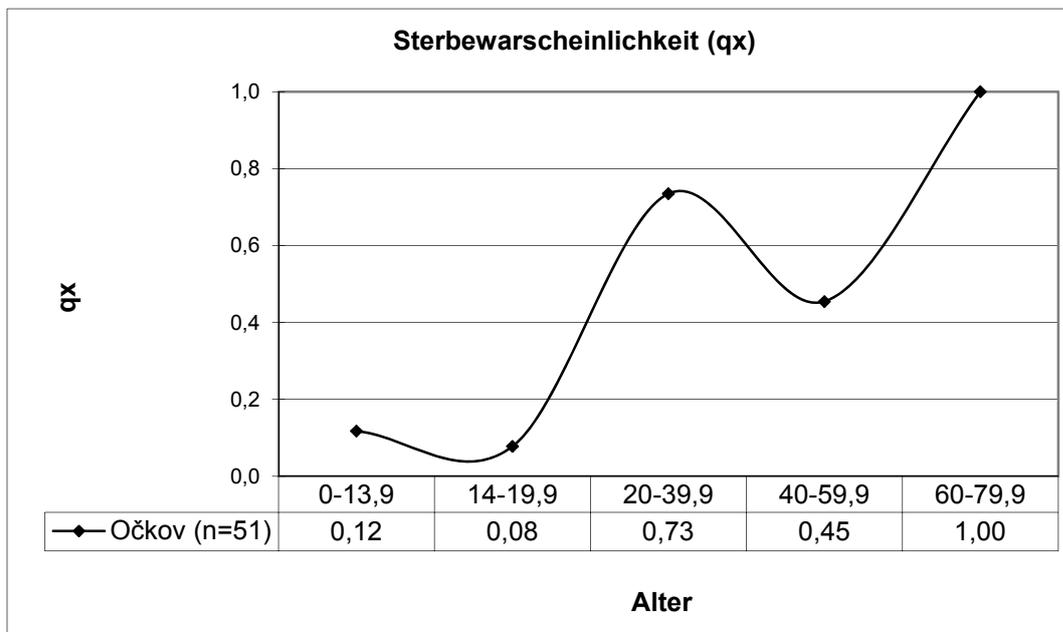
Grab Nr.	Indiv. Anzahl	Alter	Geschlecht
33/55	1	(20)25-35(40)	♀ ≥ ♂
34/55	2	Ind. 1: (25)30-40(45) Ind. 2: 7-20	♀ > ♂ ♂ = ♀
35/55	1	25-35(40)	♂ > ♀
36/55	1	30-50	♂ ≥ ♀
37/55	2	Ind. 1: 0-14 Ind. 2: 20-35	♂ = ♀ ♂ = ♀
39/55	1	20-30(35)	♀ ≥ ♂
40/55	1	20-30	♂ = ♀
41/55	1	0-14	♂ = ♀
43/55	1	55+	♂ = ♀
44/55	1	55+	♂ = ♀

Die demographische Auswertung der Gesamtergebnisse ergibt ein durchschnittliches Sterbealter ab der Geburt von 33,1 Jahren. Das durchschnittliche Sterbealter der Erwachsenenpopulation beträgt 38,2 Jahre. Der relative Anteil der Gestorbenen (Grafik 4) korreliert mit den histologischen Untersuchungen, weil die abschließenden Altersbestimmungen im Regelfall den Ergebnissen der meistens präziseren mikroskopischen Auswertungen folgen. Auffällig niedrig ist der Anteil subadulter Individuen. Dies ist aber wahrscheinlich auf die Erhaltungsbedingungen zurückzuführen, da Kinderknochen oft schon durch die Verbrennung (Herrmann 1971), aber besonders in verbranntem Zustand häufig durch Bodenlagerung zerstört werden (Großkopf 2004, Scheelen 2010). Die kleinen, schlecht erhaltenen Kinderknochenfragmente können auch während der Ausgrabung leicht übersehen werden. Ihre seltene Überlieferung ist folglich eher nicht auf eine beabsichtigte unterschiedliche Bestattungspraxis zurückzuführen. Ein niedriger Anteil juveniler Individuen ist eher als Regelfall zu betrachten, der den bei (prä-)historischen Populationen beobachteten Mustern entspricht (vgl. Stloukal et al. 1999). Die Mehrheit der Verstorbenen befindet sich in der Altersklasse Adultus, und die Kategorien Maturus und Senilis sind nur wenig vertreten.

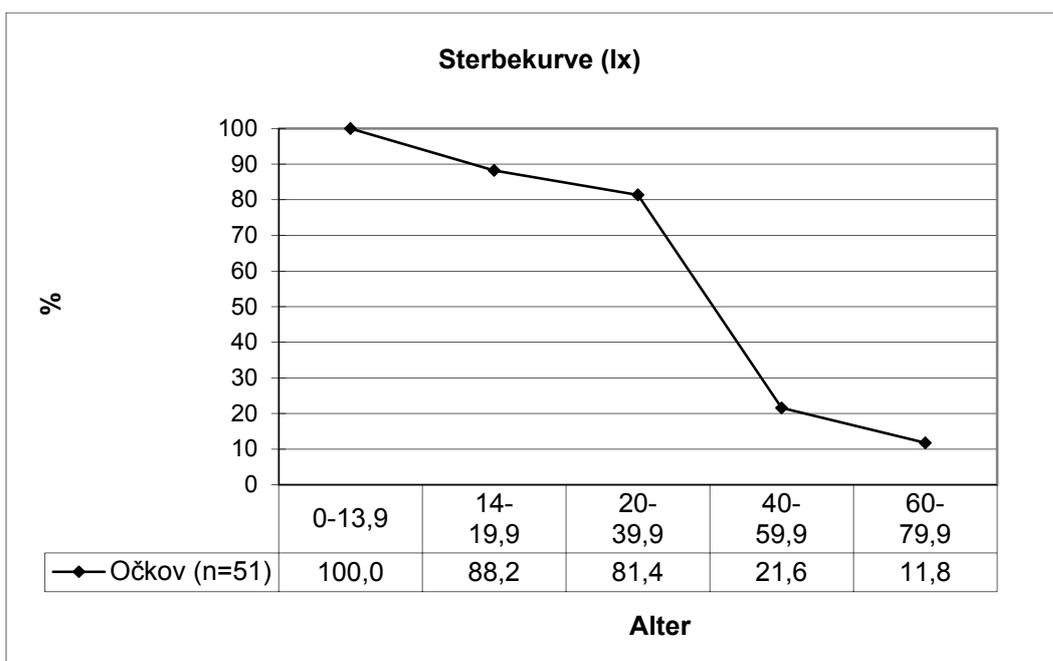


Grafik 4. Gräberfeld Očkov, relativer Anteil der Gestorbenen, Gesamtergebnisse.

Der Verlauf der Sterbewahrscheinlichkeitskurve (Grafik 5) und die Sterbekurve (Grafik 6) bezeugen als die Altersklasse mit dem höchsten Risiko (natürlich außer der Kategorie Senilis) die Kategorie Adultus, so wie es auch der Anteil der Gestorbenen anzeigt. Die Kategorie Infans ist durch ihre Unterrepräsentanz innerhalb der Population nur wenig vertreten.



Grafik 5. Gräberfeld Očkov, Sterbewahrscheinlichkeit, Gesamtergebnisse.



Grafik 6. Gräberfeld Očkov, Sterbekurve, Gesamtergebnisse.

### 9.3.2. Gräberfeld Šitbořice

#### 9.3.2.1. Makroskopische Altersbestimmung

Die makroskopische Altersbestimmung ist bei 26 von insgesamt 29 identifizierten Individuen durchgeführt worden (s. Katalog Kap. 1.1.). In drei Gräbern (Šitbořice 14, 26 und 28) sind durch die histologische Untersuchung zusätzliche Individuen identifiziert worden, die bei der makroskopischen Auswertung nicht festzustellen waren. Die Auswertung ergibt ein Individuum (3,8%) in der Kategorie Infans, 0,5 Individuen (1,9%) in der Kategorie Juvenis, 8,5 Individuen (32,8%) in der Kategorie Adultus, elf Individuen (42,3%) in der Kategorie Maturus und fünf Individuen (19,2%) in der Kategorie Senilis.

#### 9.3.2.2. Histomorphometrische Altersbestimmung

Die HMM-Auswertung befasste sich mit insgesamt 27 von 29 Individuen mit Hilfe von 40 histologischen Präparaten der Langknochen (s. Bd. 2, Tabelle Šitbořice 1). Zwei histologische Präparate (Ši 14-3 und 32-1) konnten histomorphometrisch nicht ausgewertet werden, weil es sich in einem Fall um ein Humerusfragment und in dem anderen um ein nicht identifizierbares Fragment eines Langknochens handelte. Die Ergebnisse ordneten ein Individuum (3,7%) der Kategorie Infans, zwei Individuen (7,4%) der Kategorie Juvenis, 13,4 Individuen (49,6%) der Kategorie Adultus, 9,4 Individuen (34,9%) der Kategorie Maturus und 1,2 Individuen (4,4%) der Kategorie Senilis zu.

Von den insgesamt 27 untersuchten Individuen weicht die HMM-Auswertung in zehn Fällen (etwa 37%) von denen der makroskopischen oder HML Auswertung in ihrem Ergebnis ab. Sechs dieser abweichenden Bestimmungen (Ši Y Ind. 2, Ši 14 Ind. 1, Ši 16, 17, 26 Ind. 2 und Ši 27) betreffen die Knochen, bei denen Nachweise einer altersbedingten Osteoporose erbracht wurden, womit die Auswertung sich als unzuverlässig erweist. Gelegentlich kann durch die mikroskopischen Untersuchungsmethoden die makroskopische Bestimmung korrigiert werden. In einem Fall (Ši 28) erwies sich die makroskopisch beobachtete Osteoporose bei mikroskopischer Betrachtung als postmortale Beschädigung. In einem Fall (Ši Y Ind. 1) ist die HMM-Altersbestimmung durch postmortale, hitzebedingte Beschädigung nachweislich falsch. Der untersuchte Knochen aus dem Grab Ši 39 ist pathologisch verändert, weshalb die HMM ein falsches Ergebnis lieferte (vgl. Kap. 10. *Diskussion*). Im letzten fraglichen Fall (Ši 9) ist der Unterschied der verwendeten mikroskopischen Methoden nicht zu erklären. Es kann nicht entschieden werden, welche der Methoden bzw. ob beide eine falsche Bestimmung lieferten und warum (vgl. Kap. 10. *Diskussion*). Somit handelt es sich um den einzigen Fall einer unbefriedigenden mikroskopischen Altersbestimmung.

### 9.3.2.3. Histomorphologische Altersbestimmung

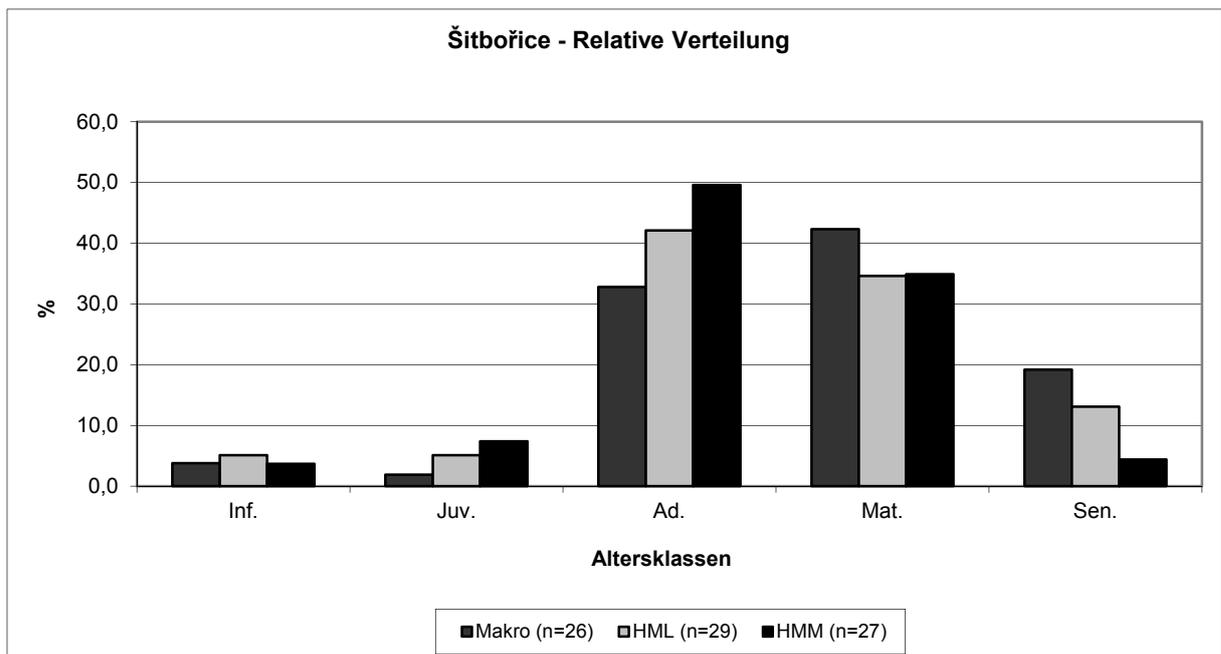
Die HML-Altersbestimmung ist bei allen 29 Individuen mit Hilfe von 40 histologischen Präparaten durchgeführt worden (s. Katalog Kap. 2.1.). Die Ergebnisse ordneten 1,5 Individuen (5,1%) der Kategorie Infans, 1,5 Individuen (5,1%) der Kategorie Juvenis, 12,2 Individuen (42,1%) der Kategorie Adultus, zehn Individuen (34,6%) der Kategorie Maturus und 3,8 Individuen (13,1%) der Kategorie Senilis zu.

Die HML-Untersuchung bestimmte in einem Fall von den insgesamt 29 untersuchten (3,4%) ein abweichendes Alter zur als Vergleichsbasis durchgeführten makroskopischen Auswertung. Bei Grab Ši 28, Individuum 1 ist das Alter makroskopisch als Maturus – Senilis bestimmt worden, die HML-Untersuchung ergab jedoch ein deutlich niedrigeres Alter von 20-30 Jahren. Die HML-Untersuchung ist hier als zuverlässiger zu sehen (vgl. Kap. 10. *Diskussion*).

### 9.3.2.4. Vergleich der Methoden und die demographische Auswertung des Gräberfeldes

Die Untersuchungen lieferten bei zehn von insgesamt 29 untersuchten Gräbern ein nicht übereinstimmendes Ergebnis (34,5%, s. Bd. 2, Tabelle Šitbořice 2). Die makroskopische Untersuchung weist einen überproportionalen Anteil den Altersgruppen Maturus und Senilis zu, da aufgrund des z.T. extrem schlecht erhaltenen Knochenmaterials eine Altersbestimmung

als „mindestens Adultus“ (d.h. Ad.+) häufig die einzige mögliche Aussage ist. Die HMM-Auswertung unterschätzt den Anteil der Altersklasse Senilis, wobei sich der Anteil "fehlender" Individuen fälschlich in der Altersklasse Adultus niederschlägt, was zu erwarten war (vgl. ähnlich ausfallende Ergebnisse beim Gräberfeld Očkov, Kap. 9.3.1.4, und Kap.10. *Diskussion*). Bis auf diesen Unterschied weisen die HMM- und die HML-Methode eine gute Übereinstimmung auf. Die gesamten Ergebnisse sind in der folgenden Grafik 7 zusammengefasst.



Grafik 7. Gräberfeld Šitbořice, Verteilung der Altersgruppen, Methodenvergleich.

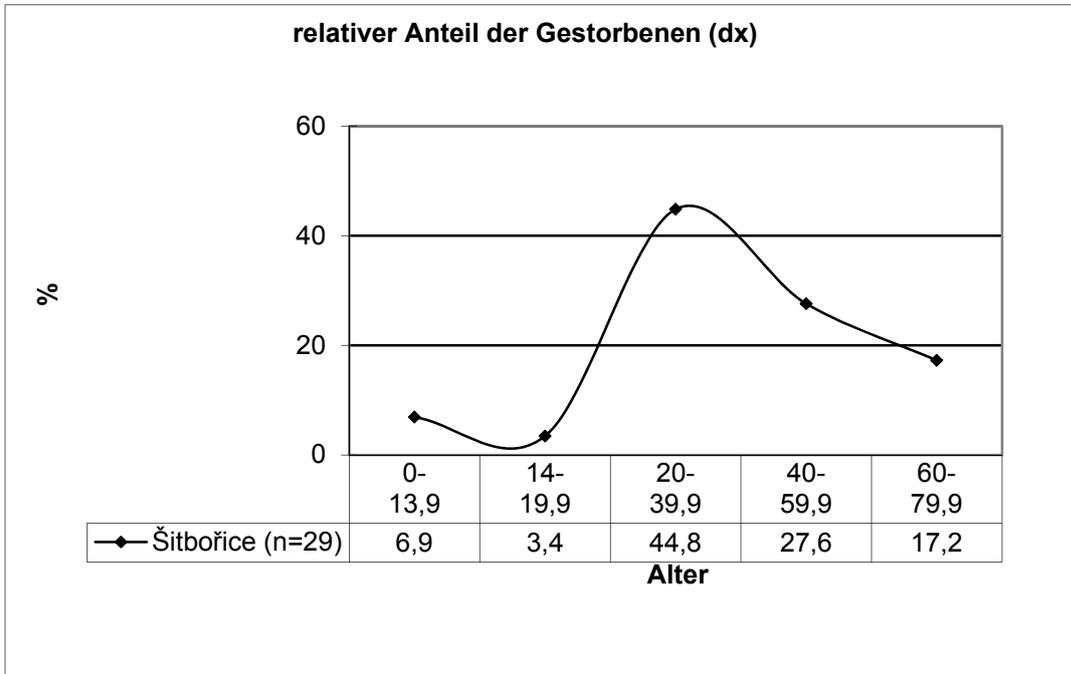
Die Gesamtergebnisse der Auswertungen ergaben 29 Individuen, davon zwei (6,9%) eher männlich, drei (10,3%) eher weiblich und 24 (82,8%) mit unbestimmbarem Geschlecht. Die Untersuchung ordnete zwei Individuen (6,9%) der Altersklasse Infans, ein Individuum (3,5%) der Altersklasse Juvenis, 13 Individuen (44,8%) der Altersklasse Adultus, acht Individuen (27,6%) der Altersklasse Maturus und fünf Individuen (17,2%) der Altersklasse Senilis zu. Es handelt sich um die Zusammenfassung aller verwendeten Methoden mit deren Altersbestimmungen, so, wie sie sich nach der kritischen Auswertung aller Untersuchungen (vgl. 10. *Diskussion*) ergaben. Die Übersicht bietet die folgende Tabelle 8 an.

Tabelle 8. Gräberfeld Šitbořice, Gesamtergebnisse.

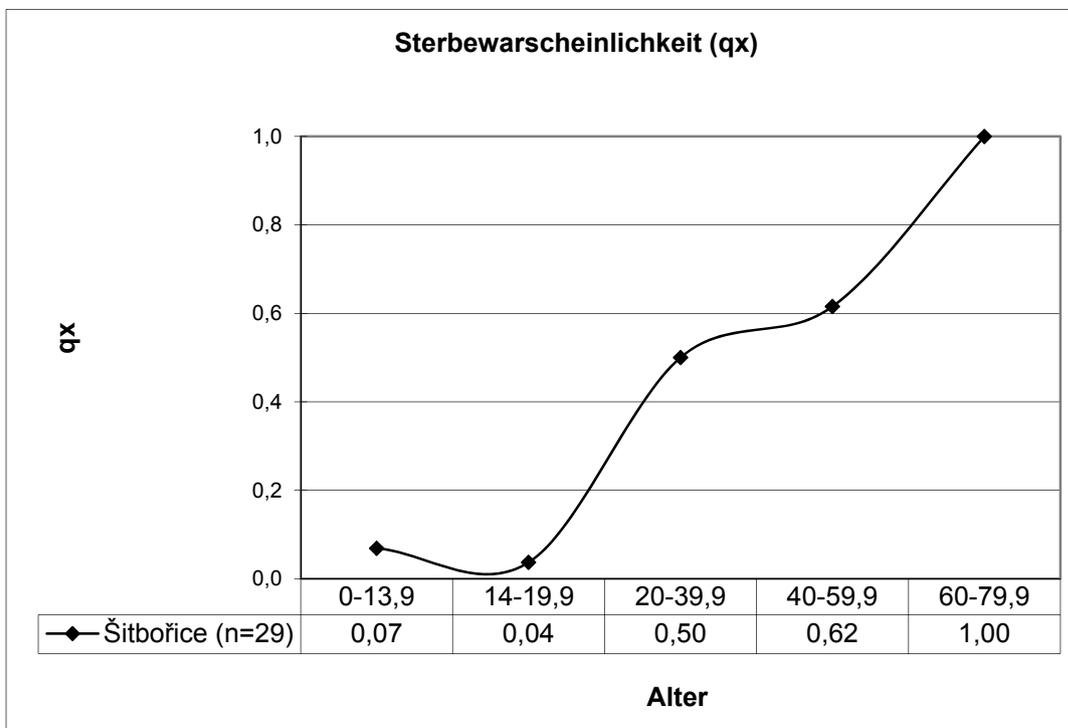
Grab Nr.	Indiv. Anzahl	Alter	Geschlecht
Šitbořice X	0 (Tierknochen)	-	-
Šitbořice Y	2	Ind. 1: (20)25-35 Ind. 2: 50+	♂=♀ ♂=♀
Šitbořice 6	1	40-55	♀>♂
Šitbořice 7	1	40-50(55)	♂=♀
Šitbořice 8	1	50+	♂=♀
Šitbořice 9	1	(30-70)	♂=♀
Šitbořice 10	1	20-35	♂>♀
Šitbořice 11	1	50+	♀>♂
Šitbořice 12	1	40-60	♀>♂
Šitbořice 13	1	20-30(35)	♂=♀
Šitbořice 14	2	Ind. 1: 50-65 Ind. 2: 7-20	♂=♀ ♂=♀
Šitbořice 15	1	30-40(45)	♂=♀
Šitbořice 16	1	55+	♂=♀
Šitbořice 17	1	55+	♂=♀
Šitbořice 19	1	25-40	♂>♀
Šitbořice 20	1	40-50(55)	♂=♀
Šitbořice 21	1	20-35	♂=♀
Šitbořice 22	1	30-40	♂=♀
Šitbořice 26	2	Ind. 1: 20-30(40) Ind. 2: 55+	♂=♀ ♂=♀
Šitbořice 27	1	55+	♂=♀
Šitbořice 28	2	Ind. 1: 20-35 Ind. 2: 7-20	♂=♀ ♂=♀
Šitbořice 32	1	0-14	♂=♀
Šitbořice 35	1	20-30(35)	♂=♀
Šitbořice 36	1	20-30(35)	♂=♀
Šitbořice 37	1	20-30(35)	♂=♀
Šitbořice 39	1	35-50	♂=♀

Bei der demographischen Auswertung eines Gräberfeldes mit insgesamt nur 29 identifizierten Individuen kann nicht immer ein signifikantes Ergebnis erwartet werden. Sicherlich geben diese Werte nur eine Tendenz an. Das durchschnittliche Lebensalter der Individuen der gesamten Population beträgt 40,4 Jahre (vgl. Bd. 2, Tabelle Šitbořice 3). Die Lebenserwartung der erwachsenen Population ist anhand der minimal repräsentierten subadulten Individuen ähnlich, sie beträgt im Durchschnitt 43,8 Jahre. Im Vergleich mit dem Gräberfeld Očkov ergibt sich eine etwas höhere Lebenserwartung, dieser Unterschied wird diskutiert (s. Kap. 10. *Diskussion*). Der relative Anteil der Verstorbenen (Grafik 8), sowohl wie die Verläufe der Kurven der Sterbewahrscheinlichkeit (Grafik 9) und die Sterbekurve (Grafik 10) entsprechen

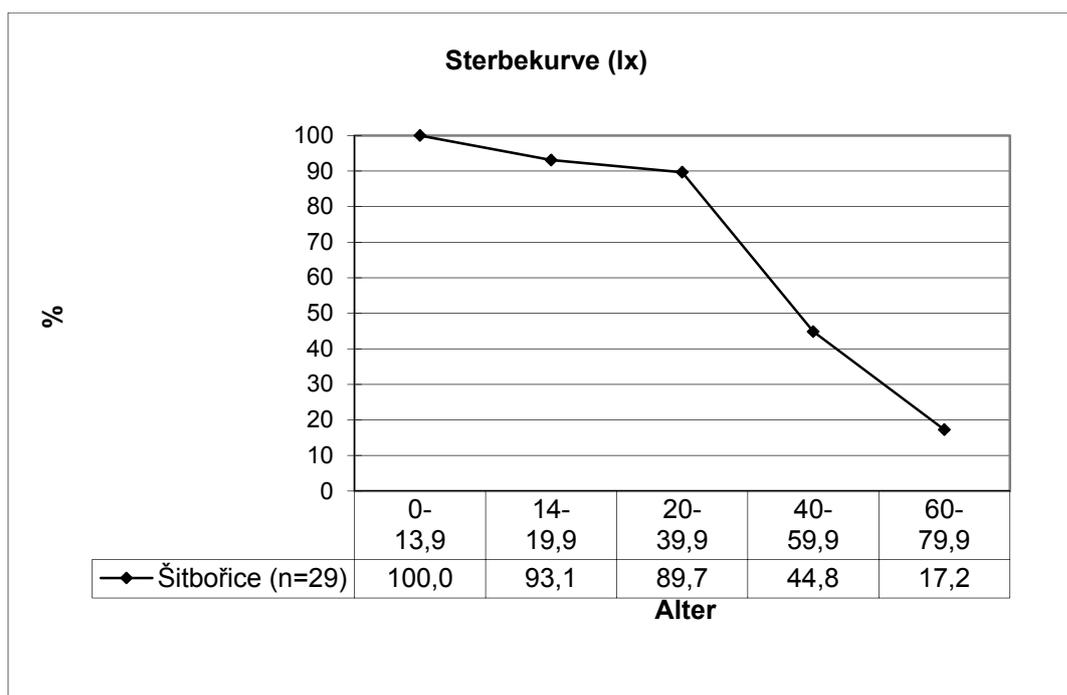
dem höheren Anteil der Individuen im maturaen und senilen Alter als bei dem Gräberfeld Očkov.



Grafik 8. Gräberfeld Šitbořice, relativer Anteil der Gestorbenen, Gesamtergebnisse.



Grafik 9. Gräberfeld Šitbořice, Sterbewarscheinlichkeit, Gesamtergebnisse.



Grafik 10. Gräberfeld Šitbořice, Sterbekurve, Gesamtergebnisse.

### 9.3.3. Die kaiserzeitlichen Gräber aus Bílovice, Kostelec, Morkovice und Náklo

Die untersuchten Gräber aus Bílovice, Kostelec na Hané, Morkovice und Náklo stellen eine kleine Gruppe dar, deren Auswertung nur als „Fallstudie“ anzusehen ist (s. Katalog Kap. 1.1 und 2.1 und Bd. 2, Tabellen Kaiserzeit 1 und Kaiserzeit 2). Die Ergebnisse werden hier zusammengefasst, für weitere Auswertungen werden sie jedoch nicht verwendet.

In zwei Gräbern aus dem Gräberfeld Kostelec na Hané (Gräber Ko 6 und 161) sind histologisch zwei Individuen identifiziert worden. Bei den Auswertungen der sieben Gräber wurden also insgesamt neun Individuen identifiziert. Die Methoden der Altersbestimmung stimmten bei allen untersuchten Gräbern übereinander. Die Ergebnisse werden in folgender Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9. Die kaiserzeitlichen Gräber aus Bílovice, Kostelec, Morkovice und Náklo.

Grab Nr.	Indiv. Anzahl	Alter	Geschlecht
Bílovice 1	1	25-35(40)	♂=♀
Kostelec 6	2	Ind. 1: 20-40 Ind. 2: 20-35	(♀≥♂) (♀≥♂)
Kostelec 161	2	Ind. 1: 20-35(40) Ind. 2: 7-20	♂≥♀ ♂=♀
Kostelec 394	1	(15)20-25	♂=♀
Morkovice 1	1	3-14	♂=♀
Morkovice 2	1	7-20	♂=♀
Náklo 1	1	25-35	♂=♀

### **9.3.4. Gräberfeld Oerlinghausen**

#### **9.3.4.1. Makroskopische Altersbestimmung**

Die makroskopische Altersbestimmung befasste sich mit 15 von insgesamt 18 Gräbern (bzw. Fundstellen mit vorhandenen menschlichen Überresten, s. Katalog Kap. 1.2.). Die Individuen aus den Gräbern Oerlinghausen Hügel II, Fundstelle A1 und Oerlinghausen Hügel II, Fundstelle 5 waren für die makroskopische Auswertung nicht geeignet. Aus dem Grab Oerlinghausen Hügel II, Fundstelle 14 gibt es lediglich von der früheren Auswertung aus den 1980er Jahren ein histologisches Präparat, der Leichenbrand selbst steht aber nicht mehr zur Verfügung. Die Untersuchung ordnete 1,5 Individuen (10%) der Altersklasse Infans, ein Individuum (6,7%) der Altersklasse Juvenis, sechs Individuen (40%) der Altersklasse Adultus, 5,5 Individuen (36,6%) der Altersklasse Maturus und ein Individuum (6,7%) der Altersklasse Senilis zu.

#### **9.3.4.2. Histomorphometrische Altersbestimmung**

Die histomorphometrische Untersuchung befasste sich mit insgesamt 16 Individuen mit Hilfe von 37 histologischen Präparaten (s. Bd. 2, Tabelle Oerlinghausen 1). Die Untersuchung ordnete neun Individuen (56,2%) der Kategorie Adultus und sieben Individuen (43,8%) der Kategorie Maturus zu.

Bei den insgesamt 16 Gräbern lieferte die HMM in drei Fällen (ca. 19%) eine wahrscheinlich falsche Aussage. Zwei Individuen (Oerlinghausen Hügel II, Fundstelle 11 und 12) sind histomorphometrisch wahrscheinlich als zu alt bewertet worden. Es handelt sich in beiden Fällen um subadulte Individuen (Infans und Juvenis), die HMM-Altersbestimmung interpretiert beide dagegen als frühadulte Individuen. Das Alter eines Individuums (Oerlinghausen Hügel III, Fundstelle 1) ist dagegen unterschätzt worden. Das Individuum ist als spätmatur oder eher senil zu bewerten; die altersbedingte Osteoporose ist ein deutlicher Nachweis dieser Altersbestimmung. Die HMM-Untersuchung lieferte aufgrund der verminderten Anzahl auswertbarer Strukturen (vgl. Kap. 9.3.6.) eine niedrigere Altersschätzung in die Kategorie Maturus.

#### **9.3.4.3. Histomorphologische Altersbestimmung**

Mit der HML-Altersbestimmung wurden insgesamt 16 Individuen mit Hilfe von 38 histologischen Präparaten ausgewertet (s. Katalog Kap. 2.2.). Die Untersuchung ordnete 0,5 Individuen (3,1%) der Kategorie Infans, 0,5 Individuen (3,1%) der Kategorie Juvenis, 10,5

Individuen (65,7%) der Kategorie Adultus, vier Individuen (25%) der Kategorie Maturus und 0,5 Individuen (3,1%) der Kategorie Senilis zugehörig.

In einem Fall (Oerlinghausen Hügel II, Fundstelle 12) von insgesamt 16 (3,1%) ist das Alter des Individuums histomorphologisch offenbar nicht korrekt bestimmt worden. Das eindeutig nicht erwachsene Individuum (unverschlossene Epiphysenfugen aller untersuchten Knochen) ist histologisch als Adultus bestimmt worden. Eine zuverlässige Unterscheidung zwischen den juvenilen und den frühadulten Knochen ist mit Hilfe der HML in manchen Fällen nicht möglich. Die makroskopische Untersuchung ist für die Auswertung nicht erwachsener Individuen zuverlässiger (vgl. Großkopf 2004, Scheelen 2010). Dieser Befund bestätigt die Notwendigkeit einer Kombination mehrerer Methoden der Altersbestimmung.

#### 9.3.4.4. Untersuchungen der Rippen

Die Untersuchung der Rippenfragmente (Stout – Paine 1992, Stout – Lueck 1995) erwies sich als für die Auswertung verbrannter Knochen nicht geeignet. Untersucht wurden neun Rippenfragmente aus sieben Gräbern (s. Bd. 2, Tabelle Oerlinghausen 2). Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 10 zusammengefasst:

Tabelle 10. Gräberfeld Oerlinghausen, Altersbestimmung an den Rippen.

Grab	Alter (Jahre)
Oer II 2	36,0 oder 56,9 n.a.
Oer II 9-1	285,0 oder 129,5 n.a.
Oer II 10/10a	217,3
Oer II 11	231,7
Oer II 12-1	100,1 n.a.
Oer II 12-2	89,8 oder 90,7 n.a.
Oer II 19	188,5 oder 248,3 n.a.
Oer III 15-1	142,9 n.a.
Oer III 15-2	96,6 n.a.

Auf den ersten Blick wird klar, dass die Ergebnisse bis auf einen einzigen Wert (Grab Oer II 2, 36-57 Jahre) nicht realistisch sind. Der einzige realistische Wert ist unter diesen Umstände als Zufallstreffer und keine zuverlässige Altersbestimmung zu bewerten. Diese Ergebnisse werden in der Gesamtauswertung des Gräberfeldes nicht berücksichtigt. Die vermuteten Gründe der extremen Abweichungen werden diskutiert (s. Kap. 10. *Diskussion*).

### 9.3.4.5. Untersuchungen der Zahnzementringe

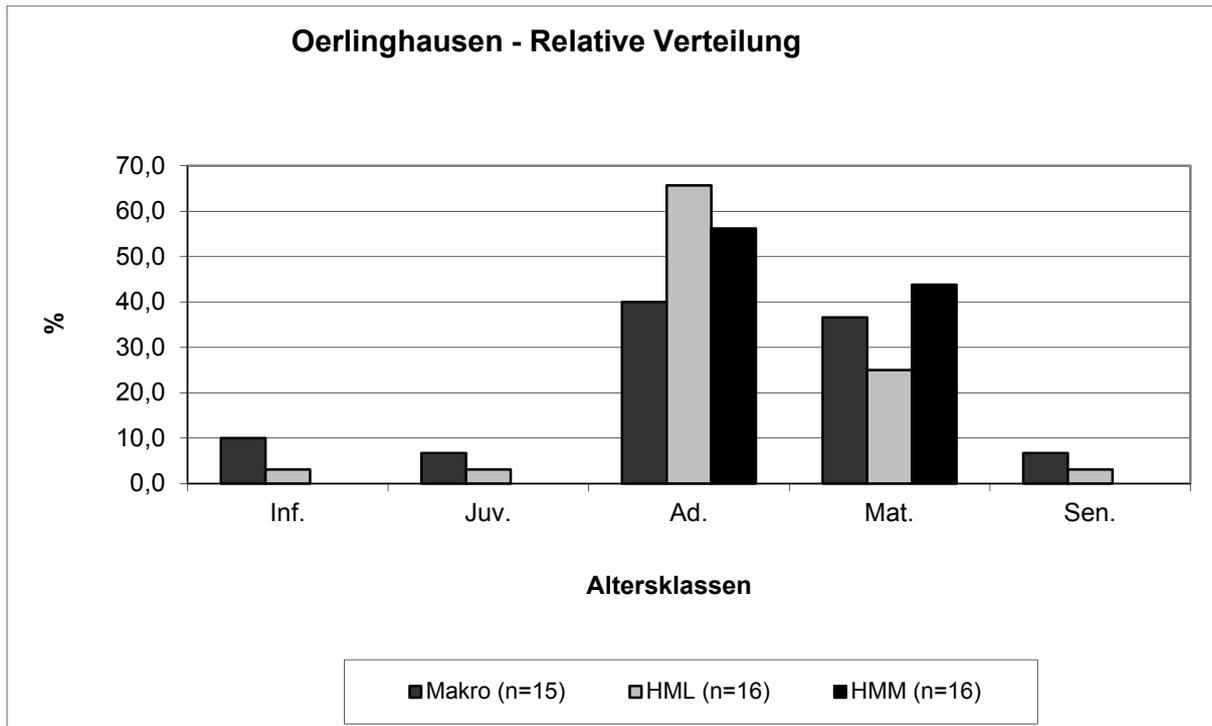
Die Auswertung der histologischen Untersuchung der Zuwachsringe des Zahnzements lieferte kein eindeutiges Ergebnis (s. Bd. 2, Tabelle Oerlinghausen 3). Insgesamt sind von acht Zähnen 14 histologische Präparate angefertigt worden. In keinem der Dünnschliffe ist eine vollständige Schicht des Zahnzements beobachtet worden; lediglich bei drei Zähnen sind in der Schicht mindestens einige Zuwachsringe nachgewiesen worden. Da die nachgewiesene Anzahl der Zahnzementringe bestenfalls einen Teil der insgesamt vorhandenen repräsentiert, ist das berechnete Alter als Mindestalter zu betrachten und für die Gesamtauswertung wird es nicht berücksichtigt. Die Auswertung der Methode findet in der Diskussion statt (s. Kap. 10. *Diskussion*). Die folgende Tabelle 11 präsentiert die berechneten Werte.

Tabelle 11. Gräberfeld Oerlinghausen, Zahnzementringe.

Grab	Zahn	Durchbruch (Ubelaker 1978)	Ringe	Alter
Oer II 10/10a	I1 oder C	7-11	mind. 6	mind. 13-17
Oer II 11	I	7-10	n.a.	n.a.
Oer II 11	M1 oder 2 unten	6-12	n.a.	n.a.
Oer II 13	I, C, oder P	7-12	n.a.	n.a.
Oer II 18	M1 oder 2 unten	6-12	mind. 12	mind. 18-24
Oer II 19	C	10-12	mind. 18	mind. 28-30
Oer III 4	M1 oder 2 oben	6-12	n.a.	n.a.
Oer III 15	C	10-12	n.a.	n.a.

### 9.3.4.6. Vergleich der Methoden und die Auswertung des Gräberfeldes

Die angewendeten Altersbestimmungsmethoden lieferten in drei von insgesamt 16 vergleichbaren Fällen ein nicht übereinstimmendes Ergebnis (18,8%, s. Bd. 2, Tabelle Oerlinghausen 4). Die HMM-Altersbestimmung der senilen sowie der nicht erwachsenen Individuen weicht von den Ergebnissen anderer Methoden ab. Die Verwendung der HMM-Methode für diese Altersgruppen wird folglich nicht empfohlen (vgl. Kap. 10. *Diskussion*). Die makroskopische Altersbestimmung kann in den meisten Fällen zwischen den Gruppen Adultus und Maturus nicht unterscheiden. Die Prozentanteile beider Gruppen sind dementsprechend fast gleichmäßig verteilt, und erst die histologische Untersuchung präzisiert dieses Ergebnis. Die Altersbestimmungen an Rippen und Zahnzementringen sind aufgrund ihrer geringen Aussagekraft (vgl. Abschnitte 9.3.4.4. und 9.3.4.5.) nicht berücksichtigt worden. Der Vergleich der verwendeten Methoden befindet sich in der folgenden Grafik 11.



Grafik 11. Gräberfeld Oerlinghausen, Verteilung der Altersgruppen, Methodenvergleich.

Die Auswertung des Gräberfeldes von Oerlinghausen ergab insgesamt mindestens 19 Individuen, in einem Grab sind zwei Individuen identifiziert worden, in sieben Gräber ist die Bestimmung der Individuenzahl wahrscheinlich jeweils eins (s. Bd. 2, Tabelle Oerlinghausen 5). Durch die Geschlechtsbestimmung wurden zwei Individuen (10,5%) als eher weiblich, ebenso zwei Individuen (10,5%) als eher männlich identifiziert, bei den restlichen 15 Individuen (79%) ließ sich das Geschlecht nicht bestimmen. Die Altersbestimmung konnte bei 18 Individuen durchgeführt worden, da ein Grab (Oer II, 5) mit einer Menge von weniger als 1 Gramm Knochen keine Möglichkeiten für die Untersuchung anbot. In der Altersverteilung sind zwei Individuen (11,1%) der Altersklasse Infans, 1,5 Individuen (8,3%) der Altersklasse Juvenis, zehn Individuen (55,6%) der Altersklasse Adultus, vier Individuen (22,2%) der Altersklasse Maturus und 0,5 Individuum (2,8%) der Altersklasse Senilis zuzuordnen. Eine Übersichtsdarstellung der Ergebnisse bietet die folgende Tabelle 12 an. Eine statistische Auswertung der Population mit insgesamt 19 Individuen, wovon 18 auswertbar sind, ergibt keine vertrauenswürdigen Ergebnisse, daher wird sie nicht durchgeführt. Die durchschnittliche Lebenserwartung der Population beträgt von der Geburt an 31,9 Jahre, aufgrund der kaum vertretenen subadulten Individuen liegt die durchschnittliche Lebenserwartung der Erwachsenen (ab 20. Lebensjahr) nur wenig höher, nämlich bei 36,9 Jahren.

Tabelle 12. Gräberfeld Oerlinghausen, Gesamtergebnisse.

Grab Nr.	Indiv. Anzahl	Alter	Geschlecht
Oer II NO-Quadrant	2	Ind. 1: 35-50 Ind. 2: 0-14	Ind. 1: ♂=♀ Ind. 2: ♂=♀
Oer II A1	(1)	(25)30-40	♂=♀
Oer II 1+6	(1)	35-45	♂=♀
Oer II 2	(1)	0-20	♂=♀
Oer II 3	1	20-35	♀>♂
Oer II 5	(1)	n.a.	♂=♀
Oer II 9	1	20-30(35)	♀>♂
Oer 10/10a	1	(25)30-40	♂=♀
Oer II 11	1	7-14	♂=♀
Oer II 12	1	14-25	♂=♀
Oer II 13	1	20-35(40)	♂=♀
Oer II 14	(1)	25-40(45)	(♂=♀)
Oer II 17	1	25-40	♂=♀
Oer II 18	1	30-45(50)	♂≥♀
Oer II 19	1	35-45	♂=♀
Oer III 1	(1)	50-65	♂=♀
Oer III 4	(1)	35-55	♂=♀
Oer III 15	1	35-50(55)	♂>♀

### 9.3.5. Gräberfeld Haiger-Kalteiche

#### 9.3.5.1. Makroskopische Altersbestimmung

Die makroskopische Altersbestimmung ist bei zehn von den insgesamt elf untersuchten Gräber des Gräberfeldes Haiger-Kalteiche durchgeführt worden (s. Katalog Kap. 1.3.). Bei Grab 3 ermöglichte die minimale Menge der erhaltenen Knochen (8 Gramm) keine zuverlässige Altersbestimmung. Die makroskopische Altersbestimmung ergab folgende Ergebnisse: zwei (20%) Infans, keine (0%) Juvenis, fünf (50%) Adultus, 2,5 (25%) Maturus und 0,5 (5%) Senilis.

#### 9.3.5.2. Histomorphometrische Altersbestimmung

Die HMM Altersbestimmung der Gräber aus Haiger-Kalteiche umfasste insgesamt 17 Präparate (d.h. 34 Querschliffe mit jeweils 50 und 70 µm) aus insgesamt 10 Gräbern (s. Bd. 2, Tabelle Haiger 1). Eins der untersuchten Fragmente der Langknochen (Grhg. 2, unbestimmbarer Kinderknochen) war für die HMM Altersbestimmung nicht geeignet, weil das primäre Knochengewebe keine für die HMM Untersuchung geeigneten Stellen anbot. Die HMM Untersuchungen ergaben ein nicht erwachsenes Individuum (Grhg. 1, 10%), die restlichen neun Individuen waren im Alter von Adultus bis Maturus (20-60 Jahre) verstorben. Bei den erwachsenen Individuen ergab sich folgende Altersverteilung: 35% (n=3,5) Adultus I (20-29,9

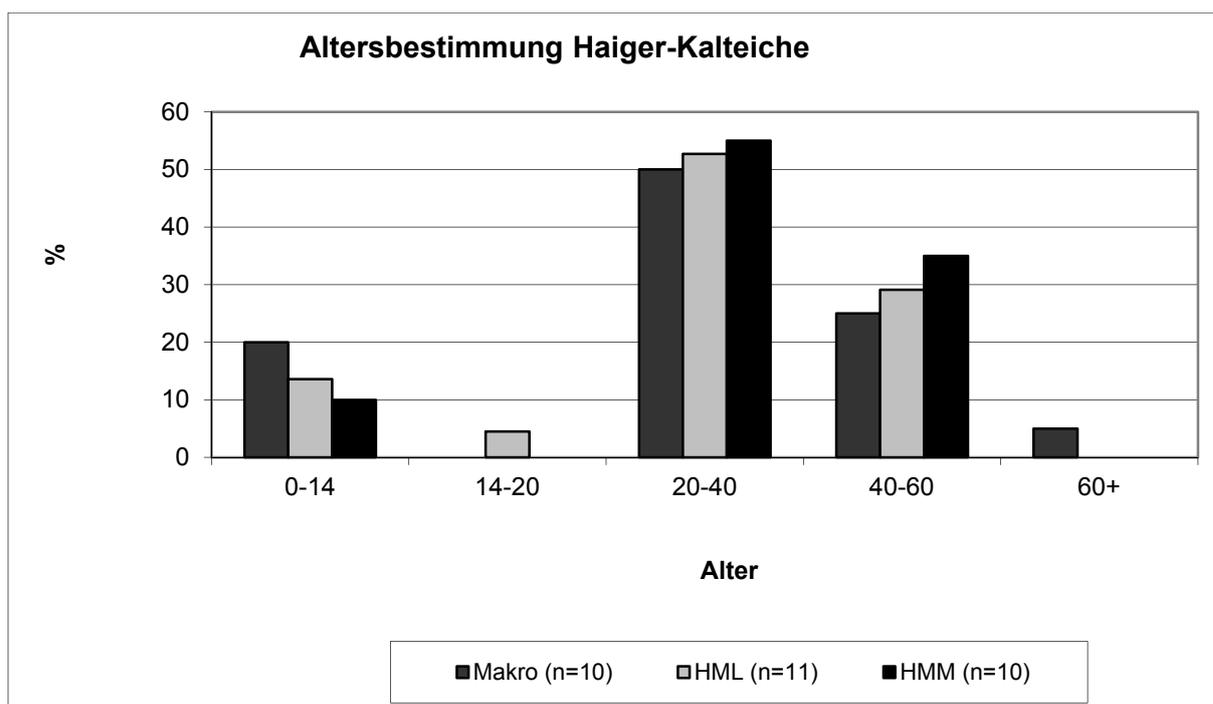
Jahre); 20% (n=2) Adultus II (30-39,9 Jahre), 30% (n=3) Maturus I (40-49,9 Jahre) und 5% (n=0,5) Maturus II (50-59,9 Jahre). Ein Vergleich zwischen den Ergebnissen der makroskopischen und der HMM-Altersbestimmung war in neun Fällen möglich. Alle diese Ergebnisse (100%) stimmen überein.

#### **9.3.5.3. Histomorphologische Altersbestimmung**

Die HML Altersbestimmung umfasste insgesamt 18 Präparate (d.h. 36 Dünnschliffe mit jeweils 50 und 70 µm) aus elf Gräbern (s. Katalog Kap. 2.3.). Alle histologischen Präparate der Langknochen ließen sich HML auswerten. Die Ergebnisse der HML Altersbestimmung interpretieren 1,5 (13,6%) der Individuen als Infans, 0,5 (4,5%) als Juvenis, 5,8 (52,7%) als Adultus, 3,2 (29,1%) als Maturus und kein Individuum als Senilis. Die Ergebnisse stimmen mit der makroskopischen Untersuchung in allen vergleichbaren Fällen überein. Im Vergleich mit den HMM-Untersuchungen ergeben sich zwei unterschiedlich bestimmte Individuen, die Gründe der Unterschiede werden diskutiert (s. Kap. 10. *Diskussion*).

#### **9.3.5.4. Vergleich der Methoden und die Auswertung des Gräberfeldes**

Die Vergleiche der Methoden zur Altersbestimmung bestätigen eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse (s. Bd. 2, Tabelle Haiger 2). Nur in zwei Fällen (Grab 2? und Grabhügel 4) unterschieden sich die Bestimmungen zwischen HML und HMM. Diese beiden Abweichungen lassen sich erklären und für die HML-Auswertung als zuverlässiger entscheiden. Die makroskopische Auswertung lieferte, so wie bei den anderen untersuchten Gräberfeldern auch, eher eine breite Fächerung der Altersbestimmung, welche erst durch die histologische Untersuchung präzisiert werden konnte. Eine Übersicht der Ergebnisse aller Auswertungen bietet folgende Grafik 12 an (vollständige Auswertung s. Nováček et al. 2008).



Grafik 12. Gräberfeld Haiger-Kalteiche, Verteilung der Altersgruppen, Methodenvergleich.

Die Ergebnisse der Untersuchung der Leichenbrände vom Gräberfeld Haiger-Kalteiche weisen von den insgesamt zwölf identifizierten Individuen zwei als eher weibliche, drei als eher männliche und sechs mit unbestimmbarem Geschlecht aus. Bei der Altersbestimmung wurden drei Individuen (25%) der Kategorie Infans, sechs (50%) der Kategorie Adultus und drei (25%) der Kategorie Maturus zugeordnet. Aufgrund der geringen Anzahl der Individuen werden keine demographischen Auswertungen vorgenommen, und die Ergebnisse lediglich in folgender Tabelle 13 präsentiert.

Tabelle 13. Gräberfeld Haiger-Kalteiche, Gesamtergebnisse.

Grab Nr.	Indiv. Anzahl	Alter	Geschlecht
Gr. 1	1	20-30(35)	♀ ≥ ♂
Gr. 2	1	20-35	♂ ≥ ♀
Gr. (2)	1	20-35	♂ > ♀
Gr. 3	wohl 1	(35)40-50	♂ = ♀
Gr. 4	2	Indiv. 1: 25-45 Indiv. 2: 0-14	♂ = ♀ ♂ = ♀
Gr. 5	1	20-35(40)	♂ > ♀
Gr. 6	1	40-60	♂ = ♀
Grhg. 1	wohl 1	3-14	♂ = ♀
Grhg. 2	wohl 1	0-14	♂ = ♀
Grhg. 4	1	30-45(50)	♀ > ♂
Grhg. 5	1	30-40(50)	♂ = ♀

### 9.3.6. Rezentes Knochenmaterial

Das Ziel dieser Untersuchung war der Vergleich der mikroskopischen Altersbestimmungsmethoden an einer Population mit bekanntem Alter, die in fast allen Fällen ein hohes Alter aufwies. An den untersuchten Knochen der Population wurden einige pathologische Merkmale beobachtet. Da jedoch die Diagnosen, Todesursachen sowie die persönlichen Hintergründe der Individuen aus ethischen Gründe nicht zu Verfügung stehen, sind die Krankheitsbefunde nicht der Schwerpunkt der Untersuchung und werden nur in Bezug auf die Biomechanik der Knochen ausgewertet.

Die insgesamt 34 untersuchten Individuen stammen aus dem Institut für Pathologie in Bochum (14 Individuen im Alter zwischen 46 und 93 Jahren, sieben Männer und sieben Frauen) und aus dem Präparierkurs des Zentrum Anatomie in Göttingen (20 Individuen im Alter von 56 bis 101 Jahre, zwölf Männer und acht Frauen). Das durchschnittliche Sterbealter der Individuen beträgt 76,2 Jahre.

#### 9.3.6.1. Histomorphometrische Altersbestimmung

Die HMM-Untersuchung lieferte in 100% der Fälle eine zu niedrige Altersbestimmung, trotzdem bei der Zählungen der Osteone, fragmentierten Osteone, Nicht-Havers'schen Kanäle und der äußeren Generallamelle im Knochengewebe keine offensichtlichen Spuren von Osteoporose beobachtet wurden (keine vergrößerten Lakunen, niedriger Anteil der Tangentiallamellen). Die HMM-Untersuchung ergab ein durchschnittliches Sterbealter von 38,8 Jahre, das heißt eine Abweichung von etwa 35 Jahren (s. Bd. 2, Tabelle Rezent 1). Der Unterschied zwischen dem wirklichen Alter und der HMM-Altersbestimmung liegt bei bis zu 50 Jahren, das 101-jährige Individuum ist als 54,0 Jahre alt bestimmt worden. In einem einzigen Fall von insgesamt 34 (2,9%) erreichte die HMM-Untersuchung einen fast korrekten Wert: das 46-jährige Individuum wurde als 38,2 Jahre alt bestimmt. Dies ergibt mit der Variablen  $\pm 6$  Jahre ein annähernd richtiges Ergebnis. Bei diesem Individuum sind allerdings pathologische Veränderungen beobachtet worden: ein osteolytischer Prozess (vermehrte Resorptionslakunen mit Howship'schen Lakunen, wohl der Nachweis eines metastasierenden tumorösen Prozesses), einhergehend mit den morphologischen Merkmalen einer Inaktivitätsatrophie des Knochengewebes (erhöhte Anteil der Tangentiallamellen). Es ist anzunehmen, dass die Ergebnisse der HMM-Altersbestimmung durch diese Veränderungen beeinflusst und verfälscht worden sind; ein Individuum dieser Altersklasse ohne Spuren eines pathologischen Prozesses wäre vermutlich mit Hilfe der HMM-Methoden korrekt bestimmt worden (vgl. Stout – Gehlert 1980).

Den höchsten Korrelationsfaktor mit dem Alter weist scheinbar, jedoch fälschlicherweise, der prozentuelle Anteil der äußeren Generallamelle (GL) auf. Die Ergebnisse zeigen ein durchschnittliches Alter von 74,6 Jahren auf. Die äußere GL wurde nur bei einem einzigen Individuum nachgewiesen (Alter 46 Jahre), da die äußere GL während der vierten Lebensdekade verschwindet (s. Kap. 9.2.2., vgl. Schultz 1997a). Deswegen sind alle anderen 33 Individuen als  $75,017^2$  Jahre alt bestimmt worden (Kerley – Ubelaker 1978, 546). In Wirklichkeit waren 10 dieser Individuen jünger als 75 Jahre (56 – 69 Jahre).

Die Auswertung der Nicht-Havers'schen Kanäle wies denselben Fehler auf. Das höchste Alter, das sich bei der Abwesenheit Nicht-Havers'scher Systeme ergibt, beträgt 58,390 Jahre (Kerley – Ubelaker 1978, 546). Dadurch ergab sich ein durchschnittliches Alter von 57,2 Jahren, da bei Knochenpräparaten einiger jüngerer Individuen Nicht-Havers'sche Systeme festgestellt wurden. In den meisten Fällen wurden jedoch keine nachgewiesen.

Die fragmentierten Osteone (Schaltlamelle) weisen eine bessere Korrelation mit dem Alter auf als die gesamte HMM-Auswertung. Das durchschnittliche Alter der Population entspricht nach Ergebnis dieser Auswertung 54,4 Jahre. Es ergibt sich folglich eine durchschnittliche Abweichung von etwa 22 Jahren, mit einer Variation von 2,4 (56-jähriges Individuum ist als 53,6 Jahre alt bestimmt worden) bis zu 33,5 Jahren (90-jähriges Individuum bestimmt als 56,5 Jahre alt).

Die Auswertung der Anzahl vollständiger Osteone liefert mit einer durchschnittlichen Bestimmung von 17,2 Jahre das am meisten vom wirklichen Alter abweichende Resultat, die durchschnittliche Abweichung beträgt 58,5 Jahre. Diese Untersuchung liefert eine Abweichung vom tatsächlichen Individualalter von bis zu 86 Jahren (das 101-jährige Individuum ist als 15,3 Jahre alt bewertet worden). Die Altersbestimmung anhand vollständiger Osteone wird am stärksten durch Osteoporose beeinflusst und ist daher für die Altersbestimmung älteren Individuen völlig ungeeignet (vgl. Kap. 10. *Diskussion*).

### 9.3.6.2. Histomorphologische Altersbestimmung

Die HML-Altersbestimmung erlaubt eine Einschätzung des Alters in die Kategorien von 35-45, 45-55, (50) 55-65, 65-(75) und (70) 75+ Jahren (s. Katalog Kap. 2.5., s. Bd. 2, Tabelle Rezent 2). Vollständige, durch Hitze nicht beschädigte Knochen lassen sich mit einer höheren Präzision bestimmen als Brandknochen, bei denen die Spuren von Osteoporose gene-

---

<sup>2</sup> Dieser Wert, sowie alle anderen Werte mit einer zwei- oder dreistelligen Angabe nach dem Komma, entstammen direkt den Originalartikeln als Ergebnis einer Regressionsgleichung und als solche wurden sie in dieser Arbeit übernommen und nicht abgerundet.

rell als (55) 60+ bestimmt wurden, da man keines der Präparate komplett auswerten konnte. Die Untersuchung ist an Knochendünnschliffen mit abgedeckter Beschriftung durchgeführt worden, um eine unbewusste intra-observer „Anpassung“ des Ergebnisses zu vermeiden. Die HML Methode lieferte in 25 von 34 Fällen (73,5%) ein korrektes Ergebnis.

Acht der untersuchten Individuen sind als jünger bestimmt worden. Diese sechs männlichen (drei davon 83 Jahre alt, die weiteren 84, 85 und 89 Jahre alt) und zwei weiblichen Individuen (beide 84 Jahre alt) sind in vier Fällen als 65-75 Jahre, in drei zwischen 55 und 75 Jahre und in einem Fall als (50) 55-65 Jahre alt bestimmt worden. Ein Individuum ist als älter bestimmt worden: ein 67-jähriger Mann wurde als (70)75+ Jahre alt eingestuft. In diesem Fall ist das Ergebnis durch pathologische Veränderungen (Amputation) beeinflusst worden (s. u.). Sollte diese Untersuchung mit den anthropologischen Alterskategorien durchgeführt werden, würden sieben der neun falsch bestimmten Individuen richtigerweise in die Kategorie Senilis eingestuft (bei der Bestimmung 55-75 Jahre jeweils 0,33 Maturus und 0,67 Senilis). Insgesamt sind also 32 von 34 Individuen in die richtige Alterskategorie eingeteilt worden (94% richtige Bestimmung). In allen unterschätzten Fällen waren die Spuren der Osteoporose deutlich schwächer, als in solch fortgeschrittenem Alter zu erwarten ist. Alle diese Individuen wiesen gleichzeitig etwas stärkere Muskelmarken auf als die anderen Individuen. Ein Individuum (Gö 1661, männlich, Alter 89 Jahre) wies sogar im mikroskopischen Bild kaum Spuren von Osteoporose auf, was in der HML-Altersbestimmung zu einer niedrigen Einschätzung von (50)55-65 Jahre führte. Der Knochen wies deutliche Spuren von Belastung auf (keine Spuren von Tangentiallamellen) und die Muskelmarken waren stark ausgeprägt, sogar mit Spuren einer übermäßigen Belastung (Myotendopathia Lineae asperae, wohl einer der Adductorenmuskeln). Es ist anzunehmen, dass die körperliche Belastung der Knochen die Entwicklung der altersbedingten Knochenrarefizierung verlangsamte und dadurch eine zu niedrige HML-Altersbestimmung verursachte.

In Rahmen dieser Untersuchung sind weiterhin zwei Fälle mit amputiertem Bein (Gö 1686 und Gö 1687, beide männlich, 67 und 85 Jahre) und zwei Fälle mit einem künstlichen Hüftgelenkersatz (Gö 1684 und Gö 1704, beide männlich, 75 und 73 Jahre) untersucht worden. Die beiden untersuchten amputierten Stümpfe erwiesen sich als für die Altersbestimmung (weder HMM, noch HML) nicht geeignet. In Folge der Inaktivitätsatrophie sind die Compactaknochen in beiden Fällen stark rarefiziert und durch bindegewebige Strukturen mit hohem Fettgewebeanteil ersetzt worden. Das Knochengewebe wurde auf dünne, dystrophische Lamellen reduziert, die keine auch nur annähernd zuverlässige Altersbestimmung zulassen. Weitere Ergebnisse lieferte die Untersuchung der anderen, nicht amputierten Beine. Bei

einem der untersuchten Individuen (Gö 1687, 85 Jahre) ist in der HML Untersuchung das Alter als zu niedrig eingeschätzt worden (Bestimmung 65-75 Jahre). Der Knochen des nicht amputierten Beines wies eine kompakte, wenig rarefizierte Struktur auf, die bei einem eher jüngeren Individuum zu erwarten wäre. Eine andere Situation ist beim zweiten Fall beobachtet worden. Das nicht amputierte Bein des zweiten Individuums (Gö 1686, 67 Jahre) wies im mikroskopischen Bild deutliche Spuren von Osteoporose auf, die auf ein höheres Alter (70)75+ hinwiesen. Gleichzeitig wurden auch Spuren einer Inaktivitätsatrophie beobachtet, nämlich ein erhöhter Anteil von Tangentiallamellen.

Die beiden Individuen mit der Hüftgelenkprothese verhielten sich in Bezug auf die Altersbestimmung unauffällig. Die HML bestimmte beide Individuen korrekt als 60-70(75) bzw. (65)70+ Jahre alt. Zwischen dem Bein mit der Prothese und dem anderen sind in beiden Fällen in der mikroskopischen Struktur keine Unterschiede bestimmt worden. Der Einfluss der Hüftgelenkprothesen auf die Knochenmechanik ist also in beiden Fällen minimal.

Die Gesamtergebnisse der Untersuchung stellt die folgende Tabelle 14 vor. Gelb markiert sind die Individuen, deren Alter HML als zu niedrig eingeschätzt wurde, rot das Individuum, das durch HML-Altersbestimmung als älter bewertet wurde.

Tabelle 14. Individuen mit bekanntem Sterbealter, Gesamtergebnisse.

Indiv. Nr.	Knochen	Alter: HMM Durchschnitt	Alter: HML	Alter: Chronologisch
Bo 2	Femur dx.	38,2	(35-45)	46
Bo 4	Femur dx.	45,7	45-55	53
Bo 5	Femur dx.	45,4	(45)50-60(65)	56
Bo 6	Femur dx.	47,8	(50)55-65	58
Bo 8	Femur dx.	47,8	(50)55-65	61
Bo 9	Femur dx.	45,9	(50)55-65	63
Bo 10	Femur dx.	47,8	55-65(70)	67
Bo 11	Femur dx.	49,2	(50)55-65	69
Bo 13	Femur dx.	50,9	(70)75+	76
Bo 14	Femur dx.	45,9	(70)75+	78
Bo 16	Femur dx.	46,0	(70)75+	82
Bo 17	Femur dx.	54,2	65-(75)	84
Bo 18	Femur dx.	52,5	(70)75+	88
Bo 20	Femur dx.	57,7	(70)75+	93
Gö 1661	Femur dx.	54,2	(50)55-65	89

Indiv. Nr.	Knochen	Alter: HMM Durchschnitt	Alter: HML	Alter: Chronologisch
Gö 1666	Femur dx.	50,3	(70)75+	90
Gö 1667	Femur sin.	54,3	(70)75+	88
Gö 1668	Femur dx.	52,7	55-65(70)	83
Gö 1669	Femur dx.	52,9	(55)65-75	83
Gö 1671	Femur dx.	54,3	(55)65(-75)	75
Gö 1673	Femur sin.	55,1	65-75	84
Gö 1674	Femur sin.	54,2	(70)75+	85
Gö 1676	Femur sin.	48,8	(55-65)	56
Gö 1677	Femur sin.	53,2	65-75	84
Gö 1678	Femur sin.	53,7	(70)75+	89
Gö 1680	Femur sin.	51,1	(70)75+	87
	Femur dx.			
Gö 1681	Femur dx.	50,2	55-65	65
	Femur sin.			
Gö 1682	Femur dx.	50,6	(55-65(70+))	74
	Femur sin.			
Gö 1684	Femur sin.	50,8	60-70(75)	75
	Femur dx.			
Gö 1685	Femur sin.	55,7	(55)60-70(75)	83
Gö 1686	Femur dx.	48,6	(70)75+	67
	Femur sin.			
Gö 1687	Femur sin.	52,3	65-75(75+)	85
Gö 1697	Femur sin.	54,0	(70) 75+	101
Gö 1704	Femur dx.	55,1	(65) 70+	73
	Femur sin.			

### 9.3.7. Zeytinli-Bahçe

Die vier vorliegenden Gräber aus der Bronzezeit (Uruk-zeitlich) sind primär untersucht worden, um eine mögliche Verbrennung überhaupt nachzuweisen, beziehungsweise um den Verbrennungsgrad der Knochen zu ermitteln (s. Katalog Kap. 1.4., 2.4, Bd. 2, Tabellen Zeytinli-Bahce 1 und Zeytinli-Bahce 2). Somit ist die histologische Altersbestimmung lediglich als Fallstudie dieser Gräber zu betrachten, die Ergebnisse lassen sich nicht weiter auswerten. Da die Bedingungen vor Ort eine ausreichend begründete Entnahme von Knochen für die Herstellung histologischer Präparate nicht ermöglichten, sind die vorhandenen Präparate lediglich als eine unvollständige Stichprobe zu betrachten. Die Entnahme der Proben war zum Zwecke der Untersuchung des Verbrennungsgrades möglich, nicht aber für die Altersbestim-

mung. Aus genannten Gründen sind von den insgesamt wahrscheinlich sechs Individuen nur vier histologisch untersucht worden.

In einem der Fälle (ZB D5(14) 1aS) lieferten die HMM- und die HML-Untersuchungen unterschiedliche Ergebnisse. Diese Abweichung wird in der Diskussion behandelt (s. Kap. 10. *Diskussion*).

Tabelle 15. Gräberfeld Zeytinli-Bahçe, Gesamtergebnisse.

Grab Nr.	Indiv. Anzahl	Alter	Geschlecht
ZB D5(10) K40 Ib	wohl 1	30-40(45)	♂
ZB D5(14) 1aS	wohl 3	25-35	♂ > ♀
ZB D5(15) K40	1	(20)25-35(40)	♂ = ♀
ZB D5(15) 3b	1	25-35	♂ = ♀

#### 9.4. Paläopathologische Untersuchung

Die Untersuchung der an den Leichenbränden beobachteten pathologischen Veränderungen erfolgte mit Hilfe makroskopischer, endoskopischer, röntgenologischer, rasterelektronenmikroskopischer und lichtmikroskopischer Methoden. Die Auswertungen basieren auf einer fundierten Kenntnis der menschlichen Anatomie und Physiologie, welche die Grundlage bildet zur Identifikation pathologisch veränderter Knochenstrukturen und Prozesse, die sich in bestimmten Bereichen des Skelets in charakteristischer Weise manifestieren können. Eine unvermeidliche Voraussetzung ist die Anleitung von erfahrenen Forschern, da erfahrungsgemäß ein zuverlässiges Erlernen der Paläopathologie nur auf der Grundlage eines Literaturstudiums nicht möglich ist. Somit sind die Ergebnisse dieser Arbeit der Anleitung durch Herrn Prof. Dr. med. Dr. phil. nat. Dr. med. habil. Michael Schultz zu verdanken. Zusätzlich wurden für die Diagnosestellung Vergleiche aus der Literatur herangezogen (Adler 1998, Aschoff 1928a, 1928b, Aufderheide – Rodriguez-Martín 1998, Burkhardt – Fischer 1970, Carli-Thiele 1996, Dahlin 1978, Dokládál 1999, Jaffe 1972, Jesserer 1971, Kreutz 1997, Ortner 2003, Ortner – Putschar 1981, Palfi et al. 1999, Pinhase - Mays 2007, Ribbert - Hamperl 1939, Schultz 1982, 1986, 1987, 1988b, 1993, 1997b, 2001, 2003a, Schultz - Teschler-Nicola 1987, Steinbock 1976). Dieses Kapitel ist nach den einzelnen anatomischen Bereichen des Skelets gegliedert. In diesen Abschnitten werden die einzelnen Krankheiten und deren Gruppen besprochen, wenn möglich anhand von Beispielen. Gleichzeitig werden auch postmortal entstandene, also pseudopathologische Strukturveränderungen beschrieben, da diese häufig von krankhaften Veränderungen schwierig zu unterscheiden sind. Alle Diagnosen werden zusammen mit den einzelnen Präparaten und dem gesamten Grabbefund vorgestellt. Die entsprechenden Abbildungen und die genauen Beschreibungen sind in den jeweiligen Abschnitten (Kataloge und Diskussion) aufgeführt. Die an den Leichenbränden festgestellten Veränderungen dürften lediglich einen Bruchteil der ursprünglich an den Knochen identifizierbaren pathologischen Merkmale repräsentieren. Auch wenn die am Skelet manifestierten Merkmale nur einen vergleichsweise kleinen Teil von etwa 10-20% der gesamten Krankheiten ausmachen (vgl. Herrmann et al. 1990, Holck 1986), ermöglicht nur eine gründliche Auswertung aller erhaltenen Befunde die Rekonstruktion der Lebensbedingungen vergangener Populationen, oder zumindest wichtiger Teilaspekte (Schultz 1988b, vgl. Carli-Thiele 1996, Kreutz 1997, Roumelis 2007, Scheelen 2010, Schultz et al. 2007a u. a.). Derartige Untersuchungen liefern die Basis einer vergleichbaren Datenlage über die Gesundheit und Krankheitsbelastung in verschiedenen geographischen Regionen und Zeitperioden. Brandknochen lassen wegen des schlechten Erhaltungszustandes in der Regel nur eingeschränkte Diagnosemöglichkeiten

zu, da viele pathologische Veränderungen nicht mehr auswertbar sind. Die Untersuchung von Brandknochen ist deshalb meist nicht geeignet, eine ausreichende statistische Erhebung zur Mortalität und Morbidität durchzuführen, so wie es üblicherweise bei Serien unverbrannter Skelete möglich ist. Die Ergebnisse dieser Untersuchung können aber als Vergleichsbasis für andere Untersuchungen an verbrannten Knochenserien dienen. In diesem Sinne wurden die einzelnen Gräberfelder nach Auftreten der verschiedenen krankhaften Veränderungen im Kap. 10. *Diskussion* ausgewertet.

#### **9.4.1. Cranium**

##### **9.4.1.1. Neurocranium**

Die Untersuchung des Neurocraniums ist bei verbrannten Knochen in der Regel problemlos möglich. Die Fragmente des Schädeldaches und der Schädelbasis sind in den Leichenbränden nur selten nicht zu finden. Auch ihre Identifizierung ist meistens zuverlässig möglich; allerdings muss hier mit einigen möglichen Verwechslungen gerechnet werden. So ist beim Grab Očkov 25/55 ein Fragment, das makroskopisch scheinbar zweifellos als die Lamina interna eines Schädeldachknochens mit intravitalem Rinnen (Gefäßimpressionen) identifiziert wurde (Abb. 9.4.1), letztlich anhand der charakteristischen Struktur der Spongiosa und der Corticalis (Präparat Oc 25/55:2, Abb. 9.4.2) als ein flacher Knochen (wahrscheinlich Pelvis, wohl Os ilium) ausgewertet worden. Die Zuordnung der einzelnen Fragmente zu präzisen Bereichen des Skelets bzw. eines Knochens ist nur bei größeren Teilen des Schädeldaches oder bei bestimmten typischen Strukturen (Schädelnähte, Gefäßimpressionen, venöse Hirnsinus), möglich. Deshalb kann häufig die Rekonstruktion des Verlaufes und der Verbreitung pathologischer Prozesse, wie bei unverbrannten Knochen üblich (vgl. Schultz 1988b), nicht durchgeführt werden.

##### **9.4.1.1.1. Veränderungen auf der Lamina interna**

Die Oberfläche der Lamina interna des Schädeldaches ist mit den Schichten der harten Hirnhaut (Dura mater) bedeckt. Die Prozesse, bei denen eine Reizung der Hirnhaut hervorgerufen wird, hinterlassen manchmal Spuren auf dem Knochen. Zu den häufigsten dieser Prozesse gehören Blutungen (Hämatome durch traumatisches Geschehen, durch Mangelernährung oder als Folge entzündlicher Prozesse) und Entzündungen (z.B. Meningitis). Die makroskopischen Diagnosen der meningealen Reizungen basieren auf dem Auftreten vermehrter Blutgefäßimpressionen (abgesehen von physiologischen Ästen meningealer Arterien: Arteriae meningeae) und knöcherner Neubildungen (Auflagerungen). Die Abdrücke vermehrter Gefä-

ße, bzw. der Verdacht auf diese, wurden in folgenden Gräbern beobachtet: Bílovice 1 (Abb. 9.4.3), Morkovice 1 (Abb. 9.4.4), Očkov 25/55 (s. Abb. 9.4.1), Očkov 27/55 (Abb. 9.4.5), Očkov 29a/55 (Abb. 9.4.6), Očkov 36/55 (Abb. 9.4.7), Očkov 43/55 (Abb. 9.4.8), Haiger – Kalteiche Grab 2? (Abb. 9.4.9), Oerlinghausen II, 19 (Abb. 9.4.10).

Die Spuren hämorrhagischer Prozesse gehen auf epi- oder subdurale Blutungen zurück. Die epiduralen Hämatome (zwischen Dura mater und Schädeldachknochen) werden im Prozess der Verheilung mit Ästen meningealer Gefäße durchsetzt. Diese Gefäße bilden häufig sternförmige Strukturen radial um die betroffene Stelle (Oer II, 19, vgl. Schultz 1993, 2001, Abb. 9.4.11). Die vermehrten Gefäße bleiben auch nach der Ausheilung des Prozesses nachweisbar – bei alten und gut verheilten Prozesse sind es häufig die einzigen Spuren eines pathologischen Prozesses – lassen aber häufig keine genauere Diagnose mehr zu (vgl. Präparate Mo 1: P9070, Oc 27/55: 3a, 3b, 4a und 4b, Oc 36/55: 6, H–K Gr. 2?: 1a und 1b). Die Gefäßimpressionen entstehen über einen durch Druckatrophie induzierten Abbau des Knochengewebes (z.B. in Folge eines erhöhten Hirndrucks oder des knöchernen Umbaus von Hämatomen). Bei den Brandknochen besteht die Gefahr einer postmortalen Beschädigung, da die Risse Gefäßimpressionen vortäuschen können. Die histologische Untersuchung identifiziert diese Spuren pseudopathologischer Prozesse anhand des Verlaufes der Kollagenlamellen, der durch einen Riss unterbrochen wird, anstatt, wie bei intravital entstandenen Strukturen, der Oberflächenkontur zu folgen. Die Untersuchung muss mit der entsprechenden Sorgfalt in mehreren Vergrößerungen durchgeführt werden, weil die hitzebedingten Mikrorisse im Gewebe in einer schwachen Vergrößerung gelegentlich als intravital entstandene Strukturen hervorgehoben sind (z.B. Kollagenfaserbündel biegen scheinbar in eine andere Verlaufsrichtung). In diesem Sinne wurden in folgenden Fällen vermeintliche Gefäßabdrücke als postmortale Artefakte identifiziert: Oc 1/55: 2 (Abb. 9.4.12), Oc 9b/55: P9078 (s. Abb. 8.18), Oc 43/55: 4b/55 (Abb. 9.4.13), Mo 2: P9072 (s. Abb. 8.14). Auch einige in der Tat intravital angelegte Strukturen wurden hitzebedingt beschädigt, ließen sich aber mikroskopisch zweifelsfrei als intravital angelegt bestätigen: Bi 1: 2 (Abb. 9.4.14), Oc 29a/55: parietale (Abb. 9.4.15), Oc 43/55: 2a und 2b (Abb. 9.4.16).

Die Dura mater besteht aus der eigentlichen Hirnhaut (meningeales Blatt), die im spätkindlichen Alter mit der Knochenhaut (periostales Blatt) der Schädelknochen zusammenwächst. Letztere verliert damit weitgehend ihre ursprüngliche Fähigkeit, Knochen zu bilden (Schultz 2001). Ein Hämatom wird folglich bei jüngeren Individuen knöchern umgebaut. Dieses neuentstandene Knochengewebe besteht aus primitivem Faserknochen, der nach einer längeren Zeit zu Lamellenknochen umgebaut wird. Anhand des mikromorphologischen Zu-

standsbildes kann die zeitliche Dauer des Prozesses geschätzt werden und ob es sich um eine verheilte, alte Auflagerung handelt (Schultz 2001). Die knöchernen Auflagerungen besitzen in der Regel eine poröse Beschaffenheit. Diese entspricht den zu Lebzeiten entstandenen Strukturen (z.B. von Gefäßkanälen durchzogenes, ehemaliges Weichgewebe). Mit zunehmendem Ausheilungsgrad werden die porösen Strukturen von einem „kompakten“, d.h. Lamellenknochen ersetzt; gut verheilte Auflagerungen können gelegentlich anhand ihrer Ränder (Aufwölbung von der ursprünglichen Oberfläche) oder manchmal auch anhand ihrer unregelmäßigen Oberflächen identifiziert werden. Die von einer Auflagerung ummauerten Blutgefäße werden auf der neu entstandenen Oberfläche als Gefäßimpressionen sichtbar. Sollte es zu einem derartigen Prozess noch während der Zeit des Gehirnwachstums (und damit auch des Schädelwachstums) kommen, werden die Auflagerungen in Folge des apositionellen Wachstums abgebaut. An den verbrannten Knochen sind die Auflagerungen schlecht zu diagnostizieren. Die postmortale Beschädigung der Oberflächen täuscht häufig eine auflagerungsähnliche Struktur vor. Auf der anderen Seite können echte Auflagerungen beschädigt werden, sodass keine sichere Identifizierung mehr vorgenommen werden kann. In einer unbestimmbar großen Anzahl der Fälle werden Auflagerungen durch Verbrennung und Erosion eliminiert und sind somit nicht mehr erkennbar. Insgesamt ergab sich in der makroskopischen Untersuchung ein Verdacht auf eine hämorrhagisch – entzündliche Auflagerung bei folgenden Gräbern: Morkovice 2 (Abb. 9.4.17), Očkov 1/55 (Abb. 9.4.18), Očkov 9b/55 (Abb. 9.4.19), Očkov 27/55, Očkov 29a/55 (s. Abb. 9.4.6), Očkov 36/55 (s. Abb. 9.4.7), Očkov 43/55 (s. Abb. 9.4.8), Očkov 44/55 (Abb. 9.4.20). In der rasterelektronenmikroskopischen oder histologischen Untersuchung wurden die meisten Fälle klar als postmortal entstandene Artefakte identifiziert. Solche Pseudopathologien, d.h. scheinbar „hämorrhagisch–entzündlich bedingten Auflagerungen“ sind an folgenden Präparaten bestimmt worden: Mo 1: P9070 (s. Abb. 8.8), Mo 2: P9072 (s. Abb. 8.15), Oc 9b/55: P9078 (s. Abb. 8.18), Oc 39/55: 4a und 4b (Abb. 9.4.21), Oc 43/55: Oc 4b/55 und 2a (Abb. 9.4.22). Echte intravitale Knochenneubildungen sind an den untersuchten Brandknochen morphologisch nur selten nachgewiesen worden. Eine solche – wohl hämorrhagisch bedingte Auflagerung – ist bei dem Präparat Oc 44/55: P9074 (s. Abb. 8.38 und 8.39) festgestellt worden ohne, dass eine genauere Diagnose möglich ist.

Eine besondere Art meningealer hämorrhagischer Prozesse stellen Blutungen in oder entlang der venösen Hirnsinus (Sinus sagittalis superior, Sinus transversus und sigmoideus dex. und sin.) dar. Die Beschädigung dieser großen Blutgefäße führt zu einer Blutung, die sich in den meisten Fällen in alle Sinus ausbreiten kann. In der Paläopathologie beobachtete Fälle sind natürlich auf langsame und eher schwache Blutverluste zurückzuführen, da eine

starke Blutung in kurzer Zeit zum Tode des Individuums führt und sich keine nachweisbaren Knochenveränderungen entwickeln. Die Blutung aus den venösen Leitern des Gehirns kann durch vermehrte Gefäßimpressionen an den Impressionen der Blutleiter und ihrem unmittelbaren Umfeld nachgewiesen werden. Da die Blutungen in einigen Fällen nur eng auf die Umgebung des Sinus begrenzt bleiben, ist die Ausbreitung der Neubildungen oft nur am Sinus direkt nachweisbar. Die Auflagerungen bleiben meistens auf den Sulcus des Sinus begrenzt. Nach Abheilung sind nur die Gefäßabdrücke zu sehen, wie z.B. im Confluens sinuum des Individuums Očkov 29a/55 (Präparat Oc 29a/55: occip, Abb. 9.4.23) und in der Nähe der Crista frontalis und des Sulcus des Sinus sagittalis superior des Individuums Oerlinghausen II, 19 (Präparate Oer II 19: 1a und 1b, Abb. 9.4.24). Eine nicht integrierte, nur teilweise organisierte Auflagerung (d.h. es ist nicht auszuschließen, dass das Individuum an den späten Folgen des Prozesses verstorben ist) ist im Sulcus des rechten und linken Sinus transversus des Skelets aus dem Grab Oerlinghausen II, 18 festgestellt worden (Abb. 9.4.25, 9.4.26, Präparate Oer II 18: 5a und 5b, Abb. 9.4.27 und 9.4.28).

Die Gründe für epi- oder subdurale Blutungen sind verschiedene Arten von Verletzungen (Kopftraumata, Gehirnerschütterung usw.), Vitamin-C-Mangel (Skorbut, s. weiter unten) oder als Folge eines anderen meningealen Prozesses; vor allem ist an Entzündungen (Meningitis) zu denken.

Die Spuren entzündlicher Reaktionen der Hirnhaut sind im makroskopischen Bild von Spuren, die auf Blutungen zurückzuführen sind, nur schwer und selten eindeutig zu unterscheiden. Den Entzündungen folgen Beschädigungen der Gefäße, die für Blutungen verantwortlich sind. Blutergüsse dagegen können eine aseptische Entzündung nach sich ziehen (Entzündung durch Reizung ohne exogenen bakteriellen Erreger). Eine klare Trennung zwischen entzündlichen und hämorrhagischen Prozessen ist am Knochenmaterial in den meisten Fällen makroskopisch nicht durchzuführen (Schultz 1988b, 2001). Besonders bei Brandknochen ist die Auswertung kompliziert. Generell wird von hämorrhagisch-entzündlichen oder entzündlich-hämorrhagischen Prozessen gesprochen, wenn eine Komponente (eine Blutung oder eine entzündliche Reaktion) überwiegend vertreten ist und anzunehmen ist, dass es sich um die primäre Affektion handelt. Die entzündlichen Prozesse lassen sich in einigen Fällen durch spezifisch aufgebaute Neubildungen (entzündlich bedingte Auflagerungen) mit einiger Sicherheit bestimmen (Očkov 43/55). Die typischen entzündlichen Auflagerungen besitzen eine plattenartige Struktur oder bilden spiculae- bzw. zapfenartige Neubildungen und sind oft in die Lamina interna eingesunken. Makroskopische Spuren, die vermutlich als entzündliche Neubildungen zu interpretieren sind, wurden in den folgenden Gräbern beobachtet: Bílovice 1

(Abb. 9.4.29), Očkov 7/55 (Abb. 9.4.30), Očkov 27/55 (Abb. 9.4.31), Očkov 43/55 (s. Abb. 9.4.8).

Entzündlich bedingte Veränderungen der inneren Schädelfläche sind nach der genauen Untersuchung makroskopisch zuverlässiger auswertbar als Spuren, die auf hämorrhagische Prozesse zurückgehen. Nur einer der Fälle (Bílovice 1) erwies sich im rasterelektronenmikroskopischen Bild und der nachfolgenden histologischen Untersuchung als eine pseudopathologische Veränderung (Präparate Bi 1: P9069 und B/1, s. Abb. 8.3 und Abb. 9.4.32). Die drei anderen Fälle wurden histologisch als echte, d.h. wahrscheinlich verheilte, entzündliche Hirnhautprozesse identifiziert (Präparate Oc 7/55: a und b, Abb. 9.4.33, Oc 27/55: 3a und 3b frontale und 4a und 4b occipitale, Abb. 9.4.34, Oc 43/55: 2a und 2b parietale, Abb. 9.4.35 und 9.4.36).

Entzündungen der harten Hirnhaut (Pachymeningitis) werden durch bakterielle oder virale Erreger verursacht. Die Erreger erreichen entweder durch Traumata (offene Wunden, Trepanation u. ä.), oder hämatogen über die Blutgefäße ihren Wirkungsort.

Die Merkmale des erhöhten Hirndrucks sind in der Anthropologie traditionell mit Hydrocephalie (Hydrocephalus internus oder externus) verbunden; die Symptomatik ist aber auch bei Fällen von epi- und subduralen Hämatomen sowie entzündlichen Prozesse der Hirnhaut zu beobachten (s. oben, vgl. Bergerhoff 1963). Eine Hirndrucksymptomatik kann – in Abhängigkeit von der Vollständigkeit des Schädels – auch an verbrannten Knochen identifiziert werden. Ein Hydrocephalus kann durch das ausgedünnte Schädeldach und die veränderten Proportionen im Stirnbereich (Inklination des Orbitadaches) und an der Stellung der Squama temporalis zu Pars petrosa diagnostiziert werden (vgl. Kreuz 1997). Der Hydrocephalus externus ist am verbrannten Knochenmaterial schwer nachzuweisen. Beim Hydrocephalus internus stellen sich deutlich vertiefte Impressiones digitatae dar (Bergerhoff 1963), die in dieser Form beim Hydrocephalus externus fehlen. Diese Veränderungen sind bei Brandknochen zweifelfrei nachweisbar. In dieser Untersuchung wurde kein Fall beobachtet, der als Verdacht auf Hirndrucksymptomatik interpretiert werden kann.

Tumoröse Prozesse werden in bösartige und gutartige Tumore unterteilt. Tumore, die sich an der Schädeldachinnenfläche darstellen können, sind vor allem Tumore der Hirnhaut oder Tumore des vaskulären Systems. Somit werden keine Tumore berücksichtigt, die sich z.B. aus der Diploë durch die Lamina interna ausbreiten (z.B. Hämangiome, Osteosarkome; Lichtenstein 1977, Dahlin 1978); diese werden separat im Abschnitt Diploë beschrieben. Die gutartigen Tumore streuen in der Regel nicht in das umliegende Gewebe. Auf der Lamina interna sind sie häufig in Form druckatrophisch entstandener Vertiefungen nachzuweisen.

Tumoröse Neubildungen des Weichgewebes (z.B. bei Hirnhäuten die frühen Stadien der Meningeome, Schinz et al. 1951 – 1952, bzw. die Hämangiome der Blutgefäße; Dahlin 1978, Lichtenstein 1977) drücken gegen den Knochen. Dies aktiviert den osteoklastischen Abbau des dort gelegenen Knochengewebes. Ähnlich ist es beim normalen Schädelwachstum infolge des Druckes des wachsenden Gehirns, aber auch bei der Entwicklung der Granulationes arachnoidales aus der Arachnoidea mater zu beobachten. Der Verdacht auf einen druckatrophischen Abbau der Lamina interna in Folge einer möglicherweise tumorösen Neubildung der Hirnhaut kann an einem Leichenbrand aus Oerlinghausen (Grab II, 18, Abb. 9.4.37) im Bereich der Fossa cranii anterior geäußert werden. Schon die makroskopische Untersuchung ordnete diese Struktur als möglicherweise postmortal entstandenes Artefakt ein. Folgende Differentialdiagnosen sind möglich: gutartiger Tumor der harten Hirnhaut oder eine Zyste; die histologische Untersuchung bestätigte aber sicher einen postmortalen Ursprung (Präparat Oer II, 18: Orbitadach, Abb. 9.4.38). Somit ist anzunehmen, dass Prozesse dieser Art an Brandknochen zwar im Prinzip nachweisbar sind, in der vorliegenden Untersuchung wurden sie aber nicht nachgewiesen.

Vergleichsweise selten sind auf der Lamina interna sowie der Lamina externa proliferative fibroossäre Tumore zu finden (Ortner 2003). Deren Diagnose ist an Brandknochen durch die postmortale Beschädigung stark beeinflusst. Die durch Hitze entstandenen „Blasen“ (Beulen, die sich von der Knochenoberfläche abheben) erinnern an intravitale Veränderungen. Wenn diese Strukturen nicht zerplatzt oder angebrochen sind, sind sie makroskopisch von kleinen Tumoren nicht zu unterscheiden. Ein solcher Fall wurde rasterelektronenmikroskopisch sowie histologisch untersucht (Grab Bilovice 1, s. Abb. 9.4.29). Folgende Differentialdiagnosen stehen zur Diskussion: 1) integrierte, wohl entzündlich bedingte Auflagerung, 2) kleiner Tumor oder 3) postmortale Beschädigung. Die REM-Untersuchung lieferte kein eindeutiges Ergebnis (Präparat Bi 1: P9069, s. Abb. 8.2 und 8.3); der mikroskopische Aufbau (Histologie) bestätigte das Objekt als eine eindeutige pseudopathologische Veränderung (Präparat B/1, s. Abb. 9.4.32). Es wird vermutet, dass solche Neubildungen an Brandknochen zwar prinzipiell identifizierbar sind, aber besonders in den früheren Stadien (wenn die Neubildungen nur eine kleine Größe aufweisen, ähnlich wie die hitzebedingten Blasen) von postmortalen Veränderungen extrem schwer zu unterscheiden sind. Leider kann – aufgrund des großen technischen Aufwandes – nicht jede solche Blase histologisch untersucht werden.

Die bösartigen tumorösen Prozesse der Hirnhaut (Meningeome) und des Knochengewebes (z.B. Osteosarkome) greifen auch das umliegende Knochengewebe an. Dies resultiert in proliferativen Veränderungen des Knochens (vgl. Ortner 2003), die auf den ersten Blick an

eine poröse Hyperostose erinnern. Die Lamina interna ist porös, da sich der Prozess von der Hirnhaut her ausbreitet. In späteren Stadien des Prozesses sind auch die Diploë und Lamina externa betroffen. Im mikroskopischen Bild sind sie durch aggressiv wachsende Spiculae und osteolytische Destruktion (Howship'sche Lakunen) zu identifizieren (Schultz 2001). Eine poröse Lamina interna, die an Meningeomfalle erinnert, ist an verbrannten Knochen oft aufgrund postmortaler Beschädigung zu beobachten. Die Veränderungen können in den meisten Fällen schon makroskopisch (bzw. in lupenmikroskopischen Vergrößerung) als postmortal entstanden identifiziert werden. Nur wenige Fälle wurden für eine histologische Untersuchung ausgewählt. Diese Untersuchung (Präparate Oer II 13: 1 Schädeldach, Abb. 9.4.39, Oer II 18: 3a und 3b, 4a und 4b, Abb. 9.4.40, Oer II 19: Schädeldach, Abb. 9.4.41) belegte, dass alle Fälle postmortal entstanden sind, d.h., dass es sich um pseudopathologische Prozesse handelte. Es ist zu vermuten, dass der Nachweis der beginnenden Stadien meningealer Tumore (nur poröse Oberfläche ohne weitere Ausbreitung der Veränderungen) bei Brandknochen nicht möglich ist.

Die Hyperostosis frontalis interna, typisches Merkmal des Morgagni's Syndroms (vgl. z.B. Schultz et al. 2001), wird bei älteren Individuen relativ oft beschrieben; häufiger bei weiblichen Individuen nach der Menopause (Häufigkeit bis zu 100:1 Frauen : Männer, Henschen 1949). Es handelt sich um eine polyglanduläre endokrine Störung. Das Morgagni-Syndrom wird von Adipositas und Hirsutismus charakterisiert; häufig ist das Auftreten einer Diabetes Typ 2 (Henschen 1976). Die Hyperostosis selbst hat offenbar keine klinische Auswirkung und die Gründe ihrer Entwicklung sind unklar. Die Diagnose ist bei Brandknochen möglich, da die typischen Veränderungen von hitzebedingten Strukturen deutlich abweichen. In den hier untersuchten Populationen wurde aber kein solcher Fall beobachtet.

#### **9.4.1.1.2. Veränderungen auf der Lamina externa**

Eine poröse Oberfläche der Lamina externa des Schädeldaches ist wohl der häufigste pathologische Befund in diesem Bereich des Skelets. Die makroskopischen Diagnosenmöglichkeiten sind bei fragmentiertem Skeletmaterial (Leichenbrände) begrenzt, da die Ausbreitung der Porosität und das Muster der Verteilung nicht zu erkennen ist. Die poröse Oberfläche des Knochens zwischen den beiden Lineae temporales superiores deutet auf eine Hypervaskularisation des periostalen Bereiches unter der Galea aponeurotica hin und spricht für eine Entzündung der Kopfschwarte (Schultz 1987). Mögliche Ursachen einer Kopfschwartenentzündung sind z.B. mangelnde Hygiene (Parasiten), das Tragen einer nicht durchlüfteten Kopfbe-

deckung (Helm) über einen langen Zeitraum oder Folgen eines Schädeltraumas (vgl. Schultz et al. 2001). Das Schädeldach ist in diesen Fällen meistens nicht verdickt.

Das Auftreten eines sog. Bürstenschädels als eines typischen Merkmales der Blutar-  
mut (Anämie) ist primär zunächst im Bereich beiderseits der Sutura lambdoidea zu erwarten.  
Von dieser Prädilektionsstelle breitet sich die Porosität in ventraler Richtung aus, gefolgt von  
einer Verdickung des Schädeldaches (Schultz 2001). Die makroskopischen Merkmale des  
Schädeldaches sind in den frühen Stadien (nur poröse Oberfläche) schwierig von der Kopf-  
schwartenentzündung zu unterscheiden, besonders wenn nur Teile des Schädels ohne genaue-  
re Zuordnung vorliegen. Der fortgeschrittene Bürstenschädel ist im makroskopischen Bild mit  
einer starken Ausprägung von Schädeldachtumoren (bzw. Meningeomen) zu verwechseln.  
Bei den Meningeomen ist aber auch die Lamina interna betroffen (s. oben), beim anämischen  
Bürstenschädel ist dies nicht der Fall.

Die durch Rachitis bedingten Veränderungen sind im beginnenden Zustand als poröse  
Oberfläche des Schädeldaches mit der Kopfschwartenentzündung zu verwechseln. Ein rachi-  
tisch verändertes Schädeldach ist durch Schichten einer Neubildung verdickt; die Auflagerun-  
gen konzentrieren sich um das Zentrum, in dem sich der „weichgewebige Herd“ (Osteoid)  
befand, meistens an der jeweiligen Stelle, die dem primären Ossifikationszentrum entspricht.  
Die weitere Differentialdiagnose der Neubildungen (poröse Lamina externa oder in ausge-  
prägtem Zustand Bürstenschädel-ähnliche Neubildungen) sind die schon besprochenen bösar-  
tigen Tumore, die sich von der Diploë her ausbreiten. Die makroskopische Differenzierung  
dieser Zustände ist kompliziert und nur selten ohne weitere Untersuchung zuverlässig. Eine  
mikroskopische Untersuchung kann diese Merkmale in den meisten Fällen identifizieren  
(Schultz 2001).

Der Skorbut hinterlässt auch an der äußeren Schädellamina und der Schädelbasis hä-  
morrhagisch bedingte, poröse flache Auflagerungen bzw. eine poröse Oberfläche. Allerdings  
konnte in dieser Studie kein Fall von Skorbut sicher nachgewiesen werden – auch nicht die  
von Ortner und Ericksen (Ortner – Ericksen 1997, Ortner et al. 1999) an der Außenfläche der  
Ala maior Osis sphenoidalis beschriebene poröse Oberfläche. Poröse Oberflächen der Lami-  
na externa sind bei verbrannten Knochen häufig zu beobachten. Die meisten Fälle wurden  
allein durch die makroskopische und lupenmikroskopische Untersuchung als zweifellos  
postmortale Beschädigungen interpretiert und sind in der weiteren Untersuchung nicht be-  
rücksichtigt worden. Zur endgültige Diagnosefindung fanden nur die Fälle einer porösen La-  
mina externa Verwendung, deren Morphologie als wahrscheinlich intravital entstanden be-  
stimmt werden konnte. Im Einzelnen handelte es sich um Präparate aus folgenden Gräbern:

Očkov 7/55 (Ossa parietalia, Abb. 9.4.42), Očkov 36/55 (Schädelbasis, Abb. 9.4.43), Oerlinghausen II, 12 (wohl Os parietale), Oerlinghausen II, 13 (Os parietale, Abb. 9.4.44 und 9.4.45), Oerlinghausen II, 17 (Schädeldach?), Oerlinghausen II, 18 (Ossa parietalia, Abb. 9.4.46 und 9.4.47). Das Ergebnis der mikroskopischen Untersuchung bestätigt in der Hälfte der Fälle die intravitale Entstehung der Veränderungen (drei von sechs Fällen, Präparate Oc 36/55: P9157, s. Abb. 8.28, und Oc 36/55: 6, Abb. 9.4.48, in diesem Fall ist aufgrund der unsicheren Zuordnung – Schädelbasis! – nicht sicher, ob es sich um einen pathologischen oder physiologischen Prozess handelte, Oc 7/55: a und b, in diesem Fall steht die Porosität mit den Veränderungen der Diploë in Verbindung, s. u., und Oer II, 18: 3a, 3b, 4a und 4b, Abb. 9.4.49, wahrscheinlich Kopfschwartenentzündung). Die restlichen Formveränderungen wurden als postmortale Risse bewertet (Präparate Oer II, 13: 1 und 2, Abb. 9.4.50, Oer II, 17: a, Abb. 9.4.51, Oer II, 18: a und b, s. Abb. 9.4.40). Die Auswertung intravital poröser Oberfläche der Lamina externa ist folglich auch bei Brandknochen möglich.

Gutartige fibroossäre Tumore der äußeren Lamina des Schädeldaches (Osteome) sind im Zusammenhang im Kap. 9.4.1.1.1. *Lamina interna* besprochen worden (s. oben). In dieser Untersuchung ist kein Fall, der die Diagnose eines Osteoms zulassen würde, identifiziert worden. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass Osteome bei Brandknochen nachweisbar sind.

Veränderungen am Schädeldach, die durch Tuberkulose oder Syphilis verursacht werden (vgl. Ortner 2003) sind an verbranntem Knochen zweifellos zu beurteilen, aber in der vorliegenden Untersuchung nicht nachgewiesen worden.

Hitzebedingte Risse täuschen auf dem Schädeldach sowie bei anderen Knochen oft Verletzungen wie beispielsweise Schädeldachfrakturen vor. Perimortal entstandene Verletzungen ohne Spuren der Verheilung sind nicht von den geradlinigen, durch Verbrennung lebendfrischer Knochen (vgl. Kap. 9.1. *Postmortale Veränderungen*) entstandenen Rissen zu unterscheiden (Herrmann 1976b, Gordon – Drennan 1948). Deshalb müssen Spuren einer vermuteten Verletzung äußerst kritisch bewertet und, wenn möglich, der röntgenologischen und rasterelektronenmikroskopischen Untersuchung zugeführt werden. Der Nachweis von Verletzungen an verbrannten Schädeln ist dennoch möglich (Pope – Smith 2004). Spuren verheilte Verletzungen sind in der Regel auch an verbrannten Schädeln zu erkennen, bei kleineren Verletzungen (z.B. verheilte Dellen u. ä.) wird aber dringend eine röntgenologische Untersuchung empfohlen, um eine hitzebedingte Verformung (erkennbar an den Rissen im Röntgenbild) auszuschließen. In dieser Untersuchung ist kein Fall einer Schädelverletzung beobachtet worden.

#### 9.4.1.1.3. Veränderungen der Diploë

In der Diploë sind in den meisten Fällen die pathologischen Prozesse diagnostizierbar, die sich aus der inneren oder äußeren Schädeldachlamina ausbreiten. Die Prozesse, die primär die Diploë (d.h. das Knochenmark) betreffen, sind Entzündungen (Osteomyelitis des Schädeldaches), Krankheiten aufgrund von Mangelernährung (Anämie) und Tumore des Knochens (Osteosarkome; Schajowicz 1981), sowie Tumore des Knochenmarks (Hämangiome; Pilcher 1894).

Diese Veränderungen sind als pathologisch bedingter Umbau der Diploë zu diagnostizieren, Rarefizierung (Abbau) oder Sklerosierung (Verdichtung) der Diploëbälkchen oder deren unregelmäßiger Umbau. Die Rarefizierung der Bälkchen kann in einigen Fällen ein physiologisches Merkmal der Osteoporose sein. Die Diploë weist dann eine regelmäßige Struktur mit dünnen Bälkchen auf (Ribbert – Hamperl 1939). Pathologisch bedingter Umbau produziert je nach Art des Prozesses unregelmäßige (Entzündungen, Tumore) oder spezifisch geordnete (Anämie) Diploëbälkchen, die im mikroskopischen Bild meistens eindeutig zu interpretieren sind (vgl. Schultz 2001, 2003a). Ihre Diagnose erwies sich am verbrannten Knochenmaterial als nahezu unmöglich. Die Schädeldachknochen unterliegen deutlichen hitzeinduzierten Veränderungen (vgl. Kap. 9.1. *Postmortale Veränderungen*), die Diploë schrumpft, zerplatzt und fehlt teilweise. Die beiden Schädeldachlaminae reagieren mit einem unterschiedlichen Maß an Schrumpfung und Deformation. Dies führt häufig zu einem Auseinanderfallen des Schädeldaches und die dem Feuer direkt ausgesetzte Diploë erodiert beim Brennvorgang stark. Aufgrund dieser Gegebenheit ist eine makroskopisch gestellte Diagnose der Rarefizierung der Diploë unzuverlässig. In dieser Untersuchung ist kein Fall diagnostiziert worden. Die Sklerosierung der Diploë tritt als Folge der Ausheilung entzündlicher Prozesse auf. Sie kann bis zu einem nahezu vollständig kompakten Knochengewebe führen (Očkov 7/55, vgl. Schultz 2001). Metastasierende tumoröse Prozesse können je nach Art des Tumors auch zu einer Sklerosierung der Diploë führen (vgl. Lichtenstein 1977, Dahlin 1978). Alle genannten Prozesse werden von einer Verdickung des Schädeldaches begleitet. Diese Prozesse können makroskopisch sowie in röntgenologischer Aufnahme sehr ähnliche Struktur aufweisen. Besonders bei Brandknochen lassen sich unterschiedliche Strukturen tatsächlich verdickter Diploë und Folgen einer hitzebedingten Schrumpfung nur schwer voneinander unterscheiden (deshalb wurde die erste röntgenologische Diagnose des Falls Očkov 7/55 als entzündlich/tumorös bestimmt, Schultz, mündl. Mitt.). Das zuvor gesagte gilt vornehmlich für die schwächer ausgeprägten Fälle; die stärker ausgeprägten Fälle einer Osteomyelitis des

Schädeldaches, einer Syphilis oder von Tumoren (vgl. Ortner 2003) sind auch an verbranntem Knochenmaterial zu erkennen.

In dieser Untersuchung wurden Sklerosierungsspuren der Diploë und/oder die Verdickung des Schädeldaches bei folgenden Leichenbränden identifiziert: Očkov 7/55 (Abb. 9.4.52), Očkov 43/55 (s. Abb. 9.4.8), Haiger – Kalteiche Grab 1 (Fragment der Schädelbasis, Abb. 9.4.53). Die mikroskopische Untersuchung identifiziert einen der Fälle (H-K 1, Präparat H-K 1: 2, Abb. 9.4.54) als eine postmortale Veränderung der Diploë: deformierte Bälkchen führten zu scheinbarer Verdickung und Bildung einer schalenähnlichen Struktur. Die anderen zwei Fälle (Präparate Oc 7/55: a und b, Abb. 9.4.55 und 9.4.56, und Oc 43/55: 2a und 2b, Abb. 9.4.57 und 9.4.58) wurden als wahrscheinlich verheilte Entzündungen identifiziert. Bei einem der Fälle (Präparat Oc 43/55: 2b, Abb. 9.4.59) ist diagnostisch an einen aktiven Prozess im Sinne einer Osteomyelitis zu denken. Differentialdiagnostisch liegt aber eher eine postmortale Beschädigung vor, wie an der durch Hitze beschädigten Diploëstruktur zu erkennen ist. Eine suffiziente Diagnosestellung von Veränderungen der Diploë ist somit auch bei Brandknochen möglich.

#### **9.4.1.2. Splanchnocranium**

Die paläopathologische Untersuchung des Gesichtsschädels ist bei Leichenbränden aufgrund des schlechten Erhaltungszustandes stark beeinträchtigt. Im verbrannten Knochenmaterial werden Teile des Gesichts nur vergleichsweise selten gefunden. Die dünnen Knochen des Gesichtsschädels sind in der Regel nicht erhalten bzw. liegen nur bis zur Unerkennlichkeit fragmentiert vor.

##### **9.4.1.2.1. Das Mittelohr**

Entzündungen des Mittelohres (Otitis media) können bei einer Ausbreitung der Infektion eine Entzündung des Warzenfortsatzes (Mastoiditis) bedingen. Spuren mastoidaler Entzündungen an Körperbestattungen können nach neusten Untersuchungen (vgl. Flohr 2007, Flohr – Schultz 2009a, 2009b) auch am archäologischen Skelettfund zuverlässig diagnostiziert werden. Der Bereich der Pars petrosa ist aufgrund des massiven Knochenaufbaus und der einhergehenden guten Erhaltungsbedingung oft aus Leichenbränden überliefert (vgl. Schutkowski - Herrmann 1993, Trautmann 2006, Wahl - Graw 2003). Die Hitzestauung (vgl. Kap. 9.1. *Postmortale Veränderungen*) kann jedoch zu einer erhöhten Erosion der Oberflächen verschlossener Räume (in diesem Fall der Paukenhöhle) führen und somit die Zerstörung der fragilen Neubildungen bedingen. In dieser Untersuchung wurden keine Fälle einer Mittelohr-

oder Warzenfortsatzentzündung beobachtet. Sie wurden jedoch von anderen Autoren an verbranntem Knochenmaterial bereits nachgewiesen (Scheelen 2010).

#### **9.4.1.2.2. Das Orbitadach**

Cribr orbitalia werden aus traditioneller Sicht der Anthropologie und Paläopathologie mit Anämieformen (z.B. Eisenmangelanämie) verbunden. Die Veränderungen treten aber auch z.B. bei Skorbut, Rachitis oder Entzündungen (vor allem die Sinusitis frontalis) auf (Carli-Thiele 1996, Schultz 2001, Wapler 1998, Wapler et al. 2004 u. a.). An Leichenbränden sind Cribr orbitalia bereits identifiziert worden (Dokládál 1999, Großkopf 2004, Scheelen 2010). Dieser Untersuchung erbrachte jedoch keine Nachweise von Cribr orbitalia.

#### **9.4.1.2.3. Die Nasenhöhle und die Nasennebenhöhlen**

Das Auftreten akuter sowie chronischer Entzündungen der Nasenhöhle (Rhinitis) und der Nasennebenhöhlen (Sinusitis maxillaris, ethmoidalis, frontalis, sphenoidalis) sowie die Entzündung des Tränenganges (Dacryocystitis) werden u. a. durch ungünstige Wohn-, Arbeits- und Umweltbedingungen sowie durch den Sozialstatus begünstigt. 1) Wohnbedingungen: z.B. Rauchentwicklung der Feuerstellen in schlecht gelüfteten Räumen (Carli-Thiele 1996, Gresky 2006, Kreutz 1997, Schultz 1982); 2) Arbeitsbedingungen: z.B. sind Männer häufig stärker betroffen als Frauen (Detken 1991, Flohr 2007, dagegen z.B. in der frühmittelalterlichen Population von Harting fast ausgeglichenes Auftreten, Gresky 2006); 3) Umweltbedingungen: regionale Klimagegebenheiten, wie z.B. Kälte, Nässe, geographische Lage der Siedlungen u.a. (Gresky 2006, Kreutz 1997); 4) Sozialstatus: z.B. die soziale Unterschicht war deutlich öfter betroffen als die Oberschicht (Gresky 2006, Schultz 1987); auch wenn derartige Entzündungen ebenfalls bei den Angehörigen der Oberschicht zu finden sind, z.B. der Wesir des Königs Unas Jj-nfrt aus der 5. Dynastie des Alten Ägyptens (vgl. Schultz et al. 2003). Die Entzündungen der Nasennebenhöhlen treten häufig auch durch dentogene Ursachen (in der Regel nur Kieferhöhlen, das Durchbrechen der Zahnabszesse in die Kieferhöhle, vgl. Gresky 2006, Schultz 1987, Schultz et al. 2001 u.a.) auf. An letzter Stelle sind Entzündungen der Nasennebenhöhlen in Folge von Verletzungen zu nennen (vgl. Sinusitis frontalis sin. als Folge der Stirnverletzung eines Mannes aus dem spätbyzantinischen Pergamon, Schultz – Schmidt-Schultz 2004). Die Erkrankungen der Nasennebenhöhlen haben einen Einfluss auf die Lebensqualität der betroffenen Person. Sie führen zu möglichen Komplikationen in Form einer Ausbreitung auf die Hirnhaut (Meningitis, vgl. Schultz 1987), oder z.B. in

Form einer osteomyelitischen Ausbreitung der Sinusitis frontalis in das Stirnbein (sog. Pott's Puffy Tumor, Neumann et al. 2003).

Bei Brandknochen sind Diagnosen von Rhinitiden oder Sinusitiden vergleichsweise selten. Dies hängt zweifellos mit der allgemein schlechten Erhaltung der pneumatischen Räume zusammen, in dieser Untersuchung sind drei Fälle von Oberkiefern mit auswertbarem Sinus maxillaris (davon zwei pathologisch verändert, Očkov 9b/55, Abb. 9.4.60, und Očkov 3/55, Abb. 9.4.61), vier erhaltene Sinus frontales (davon zwei pathologisch verändert, Očkov 27/55, Abb. 9.4.62, und Očkov 36/55) und keine auswertbaren Sinus sphenoidalis, Cellulae ethmoidales oder Ductus nasolacrimalis identifiziert worden. Die pneumatischen Räume sind zwar vor einem direkten Hitzeeinfluss geschützt, die dünnen Knochen des Gesichtsschädels aber meistens nicht erhalten. Bei den erhaltenen Knochen (z.B. dem etwas massiver aufgebauten Boden der Kieferhöhle) besteht, ähnlich wie bei der Paukenhöhle, die Gefahr einer Hitze- stauung (vgl. Kap. 9.1. *Postmortale Veränderungen*) und einer stärkeren Beschädigung der feinen Strukturen. Die entzündeten Kieferhöhlen wurden nur makroskopisch und in der Lu- penvergrößerung untersucht. Für die Auswertung der Nasennebenhöhlen bietet sich eine en- doskopische Untersuchung an, die hier beobachteten Fälle waren aber durch die postmortale Beschädigung auch direkt zugänglich und eine weitere Untersuchung nicht nötig. In vier Fäl- len ist anhand der porösen Arcus superciliares ein Verdacht auf Sinusitis frontalis geäußert worden. Diese Fälle wurden histologisch untersucht. Zwei dieser Fälle (Očkov 15/55, Abb. 9.4.63, und Očkov 39/55, Abb. 9.4.64) erwiesen sich bei der mikroskopischen Untersuchung als pseudopathologische, postmortale Artefakte (Präparate Oc 15/55: 3, Abb. 9.4.65, und Oc 39/55: 4 und 4b, Abb. 9.4.66). Die anderen Fälle (Očkov 27/55 und Očkov 36/55, Abb. 9.4.67) sind anhand der Hypervaskularisation (Blutgefäßimpressionen auf der Oberfläche des Sinus) als wahrscheinlich chronische Sinusitiden identifiziert worden (Präparate Oc 27/55: 3a, Abb. 9.4.68, und Oc 36/55: 5, Abb. 9.4.69). Da die pneumatischen Schädelräume topogra- phisch sowie funktionell in Verbindung stehen, ist bei der nachgewiesenen Entzündung eini- ger dieser Räume zu vermuten, dass eine allgemeine Erkrankung der oberen Atemwege vor- lag, auch wenn nicht alle Räume unbedingt gleichmäßig und gleichzeitig betroffen gewesen sein müssen. Die Auswertung dieser Erkrankungen ist folglich an Leichenbränden möglich und insbesondere Aufgrund ihrer schwerwiegenden Folgen sollte ihnen auch im verbrannten Knochenmaterial Aufmerksamkeit gewidmet werden.

In den Knochen des Gesichtsschädels sind, besonders in den paranasalen Höhlen, häu- fig kleine, gutartige Tumore zu finden (Osteome, Ortner 2003). Diese fibroossären Tumore sind bei (prä-)historischen Populationen häufig dokumentiert worden (vgl. Schultz 1992) und

es ist anzunehmen, dass sie auch bei Brandknochen nachweisbar sein müssen. In dieser Untersuchung konnten allerdings keine solchen Fälle festgestellt werden.

#### 9.4.1.2.4. Zähne und Kiefer

Die Untersuchung der Zähne von Leichenbränden leidet unter der Zerstörung der Zahnkrone in Folge der hitzebedingten Expansion der Strukturen in der Pulpahöhle (vgl. Großkopf 2004, Herrmann et al. 1990). Die Zahnkrone zerplatzt und bis auf Ausnahmen werden im Brandgrab nur Zahnwurzeln gefunden. Somit ist die Mehrheit der Befunde am Zahn (vgl. Schultz 1988b), darunter fast alle Fälle von Karies, Schmelzhypoplasien, des Abriebs, Zahnstein, sekundäres Dentin sowie mögliche Missbildungen der Zähne nicht zu interpretieren. Paläopathologische Untersuchung des Gebisses erfolgten ausschließlich mit makroskopischen und lupenmikroskopischen Methoden.

Die Hyperzementose wird bei devitalen (zu Lebzeiten des Individuums abgestorben) Zähnen, bei funktionell überbelasteten Zähnen und bei Zähnen mit einem apikalen Abszess häufig beobachtet (vgl. Schultz 1988b). Die Diagnose der Hyperzementose führt auch bei einem einzelnen, ohne Alveole gefundenen Zahn zu einem Verdacht auf einen apikalen Prozess (Schultz, mündl. Mitt.). Die Hyperzementose sollte auch bei Versuchen der Altersbestimmung anhand der Zahnzementringchronologie beachtet und von der Analyse ausgeschlossen werden (Großkopf 1990, 2004, Großkopf - Hummel 1992). In dieser Untersuchung sind während der makroskopischen Auswertung keine Fälle von Hyperzementose beobachtet worden. Im mikroskopischen Bild wurde allerdings bei einem für die Altersbestimmung untersuchten Zahn eine schwache Hyperzementose beobachtet, die entweder als ein beginnendes Stadium oder als postmortal beschädigte Spur eines pathologischen Prozesses zu bewerten ist (Präparat Oer II 13: 3, Abb. 9.4.70).

Der fortgeschrittene Karies (St. V. und VI. nach Schultz 1988b), bei dem die Zahnkrone fast komplett oder vollständig fehlt, ist auch an verbrannten Zähnen zu identifizieren. Devitale Zähne (intravital abgebrochene oder durch Karies vollständig zerstörte Zahnkronen) unterscheiden sich von unverbranntem Knochenmaterial durch ihre Farbe von den restlichen Zähnen (Schultz 1988b). Im verbrannten Knochenmaterial ist dieser Unterschied nicht zuverlässig zu bewerten. Die devitalen Zähne können anhand ihrer typischen Aushöhlung erkannt werden. In dieser Untersuchung wurden keine Fälle beobachtet.

Apikale Abszesse und Zahnfleischtaschen werden makroskopisch am Kiefer untersucht. Die Zahnfleischtaschen entstehen durch eine Rückbildung der Gingiva und der Alveolen durch Essensreste und dadurch hervorgerufenen Bakterienbefall zwischen den Zähnen.

Ähnlich wie der verstärkter Abbau der Gingiva und der knöchernen Alveolen ist die hohe Häufigkeit einer Taschenbildung typisch für eine sich überwiegend von Fleisch ernährenden Population (Schultz, mündl. Mitt.). Apikale Abszesse stellen einen entzündlichen, häufig zystenähnlichen (mit einer schalenähnlichen Schicht des neugebildeten Knochengewebes auf der Oberfläche) Herd an der Spitze der Zahnwurzel dar. Sie entstehen durch Eindringen der Erreger (Bakterien) in die Alveole, wo sich die Entzündung aufgrund guter Bedingungen (z.B. Blutzufuhr des Zahnes) schnell ausbreiten kann. Dies passiert entweder durch die durch Karies oder Abrasion eröffnete Pulpahöhle (z.B. bei devitalen Zähnen) oder durch eine vergrößerte Zahnfleischtasche. Die Diagnose der Zahnfleischtaschen ist verbrannten Knochen von der Erhaltung der Ränder des Processus alveolaris mandibulae bzw. maxillae abhängig. Die dünnen Ränder der Alveolen sind durch Hitze und Erosion oft erodiert oder abgebrochen, auch wenn die Kiefer an sich vergleichsweise häufig vertreten sind. Apikale Abszesse können im verbrannten Knochenmaterial identifiziert werden (vgl. Scheelen 2010, Wahl 1988). Beispielsweise wurde eine Zahnfleischtasche bzw. ein apikaler Abszess des Zahns 46 bei einem Individuum aus dem Grab Oerlinghausen II, 19 gefunden (Abb. 9.4.71). Der schlechte Erhaltungszustand der Mandibula ermöglichte zwar noch eine Diagnose, aber nicht die Unterscheidung zwischen einem Abszess und einer Zahnfleischtasche.

Krankheiten des Parodontiums (Parodontopathien, Parodontose oder Parodontitis) sind vor allem auf eine schlechte Mundhygiene zurückzuführen (vgl. Schultz 1987). Das Auftreten dieser Krankheiten sollte dringend vom physiologischen Abbau der Alveolen im höheren Alter unterschieden werden (vgl. Stloukal et al. 1999). An Brandknochen ist die Diagnose schwierig, weil besonders die feinen Strukturen der Parodontitis (feine, spiculae- oder zahnchenartige Neubildungen an den Rändern der Alveolen) nach der Verbrennung nicht erhalten sind. Der Abbau der Alveolen (physiologisch oder durch Parodontose/Parodontitis) ist nur selten an erodierten Brandknochen nachweisbar. Ein Fall einer wahrscheinlich intravital angelegten Alveolaratrophie (Parodontose) mit den Begleitmerkmalen eines Entzündungsprozesses (mit unregelmäßigen Zapfen bewachsene Ränder der Alveole: Parodontitis) sind im Grab Oerlinghausen II, 10/10a festgestellt worden (Abb. 9.4.72 und 9.4.73). Häufig können Parodontopathien auch bei Brandknochen nachgewiesen werden (vgl. Großkopf 2004, Scheelen 2010), eine statistische Auswertung ist aber aufgrund der eingeschränkten Erhaltung meistens nicht möglich.

Der intravitale Zahnverlust mit nachfolgendem Verschluss der Alveole ist im höheren Alter häufig. Der Verlust der Zähne ist in der Regel durch Krankheiten der Zähne und des Kiefers bedingt, vor allem durch Karies, Parodontopathien, Zahnstein und Abszesse. An

Brandknochen ist er problemlos nachzuweisen (vgl. Dokládál 1999, Großkopf 2004). In dieser Untersuchung wurden intravital (bzw. perimortal) fehlende Zähne z.B. bei folgenden Gräber nachgewiesen: Haiger - Kalteiche Gr. 1 (Zahn 48), Očkov 4/55 (Zähne 33? und/oder 34?, 35, 36, 37?), Šitbořice 17 (Zähne 11, 13, 14). Diese Befunde dienen vor allem als Hinweise für die Bestimmung eines höheren Lebensalters, ein pathologischer Ursprung ist ohne weitere Diagnosen (z.B. Abszess) nicht nachzuweisen.

Auf der Oberfläche der Kiefer sowie in den Alveolen ist bei subadulten Individuen durch poröse Auflagerungen Skorbut nachweisbar (vgl. Carli-Thiele 1996, Kreutz 1997, Schultz 1987). Die infolge eines Vitamin-C-Mangels insuffizienten Gefäße induzieren unter der Belastung des Kauapparates Blutungen in und rund um die Alveole, am Kiefergelenk sowie an den Ein- und Austrittstellen der Gefäße in/aus dem Knochen (Foramen mentale, mandibulare). Diese Spuren hämorrhagischer Prozesse sind bei Brandknochen theoretisch nachweisbar, in dieser Untersuchung konnten aber keine solchen Fälle identifiziert werden.

#### **9.4.2. Truncus**

Bei den Knochen des Körperstammes ist eine Auswertung der pathologisch bedingten Veränderungen wegen der in den meisten Fällen sehr schlechten Erhaltung der spongiosahaltigen Knochen nur selten möglich. Die Wirbelfragmente mit einem hohem Anteil von Spongiosa sind oft durch die Erosion zerstört (vgl. Kataloge), die Rippen extrem deformiert und fragmentiert. Beispielweise stammten vier von den insgesamt 13 zunächst als Rippenfragmente angesprochenen Knochenbruchstücken, die für histologische Altersbestimmung entnommen wurden, tatsächlich nicht von einer Rippe (vgl. Kap. 10.5. *Diskussion*), obwohl die makroskopische Untersuchung diese Fragmente „sicher“ als Rippen identifizierte.

##### **9.4.2.1. Vertebrae**

Die Wirbel wurden vor allem nach Spuren arthrotischer und arthritischer Prozesse, traumatischen Geschehens und spezifischer Entzündungen (z.B. Tuberkulose) untersucht. Arthrosen (sog. degenerative Wirbelsäuleerkrankungen: z.B. Spondylosis deformans: Osteophytenbildung an den Rändern der Wirbelkörper, Spondylarthrosis: Arthrosen der Facies articulares superiores et inferiores) sowie Arthritiden (Spondylitis, Spondylarthrititis) und Spuren anderer Erkrankungen (z.B. DISH = diffuse idiopathische Skelett Hyperostose, Morbus Scheuermann) sind an Leichenbränden mehrfach nachgewiesen worden (Dokládál 1999, Grimm 1982, Großkopf 2004, Wahl 1982, 1988). Der fragmentarische Überlieferungszustand ermöglichen keine systematische Auswertungen der gesamten Wirbelsäulen (vgl. Schultz

1988b), bei den Untersuchungen handelt sich daher um Einzelbefunde, die keine Erstellung der Belastungsmuster (vgl. Schultz 1988b) ermöglichen. Traumatische Veränderungen der Disci intervertebrales (z.B. sog. Bandscheibenvorfall) sind im Skeletmaterial in Form von Abdrücken Schmorl'scher Knorpelknötchen (unregelmäßige Gruben in den Deck- bzw. Grundplatten, Pfirrmann – Resnick 2001) erkennbar. Frakturen der Wirbel (am häufigsten Kompressionsfrakturen der Wirbel) sind je nach ihrer Art und Ausprägung bei verbranntem Knochenmaterial erkennbar. Die Tuberkulose hinterlässt an bzw. in den Wirbelkörpern typische Läsionen, die in späteren Stadien, wenn die Wirbelkörper stark abgebaut wurden, zu einem Kollaps der Wirbelsäule und dem typischen Gibbus (Morbus Pott) führen (vgl. Ortner 2003, Roberts – Buikstra 2003). Osteolytische Prozesse mit geringer Wiederaufbaurrate sind an verbrannten Knochen schwer zu erkennen. Morbus Pott wäre aber auch an Leichenbränden identifizierbar. Letztlich können bei den Wirbeln primäre sowie sekundäre Tumore nachgewiesen werden (vgl. Lichtenstein 1977, Dahlin 1978, Spjut et al. 1971, Ortner 2003), wie z.B. das metastasierende Karzinom der Prostata bei einem skytischen Herrscher aus Arzhan (Sibirien, Schultz et al. 2007b). Auch in dieser Untersuchung konnte eine ähnliche Metastase nachgewiesen werden (s. Šitbořice 14 im weiteren Text). Hinweise auf Morbus Pott oder Kompressionsfrakturen der Wirbelsäule wurden dagegen am untersuchten Material nicht beobachtet.

Die arthrotische Veränderungen an der Facies articularis superior eines Brustwirbels ist bei dem Individuum aus dem Grab Haiger – Kalteiche Gr. 5 identifiziert worden. Dasselbe Individuum wies an einem anderen Wirbel (wahrscheinlich Halswirbel) Spuren Schmorl'scher Knorpelknötchen auf. Diese Veränderungen sind nur makroskopisch und lupenmikroskopisch ausgewertet worden; eine weitere Untersuchung ist in diesen Fällen nicht notwendig.

An einem wahrscheinlichen Wirbelbogenfragment aus dem Grab Šitbořice 14 wurde bei der makroskopischen Betrachtung eine Stelle mit offenbar veränderter Spongiosa beobachtet. Die histologische Untersuchung identifizierte diesen Befund als Metastase eines nicht näher bestimmbar Karzinoms (Präparate Si 14: Vertebra?, Abb. 9.4.74 bis 9.4.76). Andere pathologische Veränderungen sind nicht gefunden worden, was auf die schlechte Erhaltung der Wirbel in fast allen untersuchten Brandgräbern zurückzuführen ist. Die Identifikation bestimmter pathologischer Veränderungen ist aber sogar an diesem extrem schlecht erhaltenen Knochenmaterial möglich.

#### 9.4.2.2. Costae

Die Rippen sind Teil des Thorax, dem bei der Atmung eine wesentliche Rolle zukommt. Aufgrund ihrer Topographie stehen sie in einem engen funktionellen Zusammenhang mit den unteren Atemwegen. Auf der Innenfläche der Rippen manifestieren sich Veränderungen, die bei Lungenentzündungen durch die Infektion der Pleura (Pleuritis) hervorgerufen werden. Die Pleura („Lungenfell“) befindet sich in direkter Nähe des inneren Rippenfells und verwächst z.T. mit der inneren Knochenhaut der Rippen. Die Lungenentzündung, die sich auch zu einer Pleuritis entwickeln kann, verursacht dadurch eine periostitische Reaktion auf der Innenfläche der Rippen. Teilweise verheilte oder nur kurz überlebte Pleuritiden (in solchen Fällen kann von einer Lungenentzündung als Todesursache spekuliert werden) können eine Periostose, bzw. Periostitis bedingen, die sich in Form unregelmäßiger poröser Neubildungen manifestiert und makroskopisch an die porösen Auflagerungen bei hämorrhagischen Prozessen erinnert. Histologisch lässt sich die Diagnose im Regelfall ohne Zweifel stellen (vgl. Schultz 2001). Die Spuren einer verheilten Pleuritis geben sich auf den Rippeninnenflächen als unregelmäßige, höckerige Oberflächenstrukturen zu erkennen. Die Tuberkulose der knöchernen Rippe stellt sich häufig als Lochdefekte (osteoklastischer Abbau) mit zahlreichen Howship'schen Lakunen und porösen Neubildungen dar (vgl. Ortner 2003, Roberts – Buikstra 2001). Weiterhin können auf den Rippen Spuren tumoröser Prozesse und Verletzungen nachgewiesen werden.

An verbrannten Knochen ist die Diagnose einer Pleuritis schwierig. Die aktive, nicht verheilte Entzündung verursacht poröse Auflagerung, die durch die Verbrennung in der Regel vernichtet werden (vgl. Auflagerungen auf den Langknochen). Die bei einer verheilten Pleuritis vorliegende vernarbte, höckerige Rippenoberfläche ähnelt den Veränderungen, die durch die Expansion der Gase während des Verbrennungsvorganges bei hohen Temperaturen unterhalb der Corticalis entstehen (vgl. Schädeldach). Somit sind die Merkmale der Pleuritiden am archäologischen Leichenbrand meist verfälscht. Die akuten, nicht verheilten Fälle sind praktisch nicht nachweisbar und die scheinbaren verheilten erweisen sich zumeist als Pseudopathologien. Bedingt durch diese schwierige Voraussetzung wurde in dieser Untersuchung kein Fall einer Pleuritis festgestellt. Tuberkulose kann in der Regel an Brandknochen diagnostiziert werden (s.o.). Verheilte Traumata sind meist durch einen Kallus gut erkennbar. Ihr Nachweis an verbrannten Rippen hängt vom Erhaltungszustand ab (s.o.). In dieser Untersuchung wurden keine krankhaften Prozesse an Rippen nachgewiesen.

### 9.4.2.3. Pelvis

Die Knochen des Beckens werden im verbrannten Material in der Regel in einem sehr fragmentierten Zustand gefunden. Dies macht nicht nur die Geschlechtsbestimmung am Becken kaum möglich, sondern verhindert in den meisten Fällen auch die Erkennung der häufigsten krankhaften Zustände, nämlich der Verletzungen und Luxationen im Bereich der Hüfte (Aufderheide - Rodríguez-Martín 1998, Ortner 2003). Abgesehen von Funden nicht fragmentierter Becken aus Brandgräbern (die im Fall der Auswertung den nicht verbrannten Skeleten ähneln) wird die Diagnose dieser pathologischen Veränderungen für Leichenbrände als unmöglich angesehen.

Die Diagnosen von Geburtstraumata sind bei verbrannten Knochen – wie schon weiter oben erwähnt – prinzipiell möglich: Der Sulcus praeauricularis sowie die Veränderungen an der Innenfläche des Os pubis sind nachweisbar. Bei der vorliegenden Untersuchung wurden jedoch keine Krankheitsspuren an Beckenknochenfragmenten beobachtet.

Knochenhautreaktionen (Periostose und Periostitis) sind auf den Knochenoberfläche des Beckens nachweisbar. Allerdings ist – wie auch bei anderen Knochen, die nicht wenigstens teilweise vor der Hitze geschützt sind (z.B. Lamina interna des Schädeldaches) – der Nachweis von Periostreaktionen durch die hitzeinduzierten Veränderungen erheblich erschwert (vgl. Abschnitt Langknochen). Dies zeigt das Beispiel eines Beckenfragments, das fälschlich für ein Schädeldachfragment gehalten wurde. Dieses Fragment wies poröse Oberflächenstrukturen auf, die an intravital entstandene Neubildungen erinnerten (Očkov 25/55, s. Abb. 9.4.1). Bei der mikroskopischen Untersuchung wurde dieser Fall aber eindeutig als postmortales Verbrennungsartefakt identifiziert (Präparat Oc 25/55: 2, s. Abb. 9.4.2). Die gleiche Diagnose ergab sich auch beim zweiten Fall einer vermuteten Periostose (Längsstreifung) auf einem Darmbeinfragment (Haiger – Kalteiche Grhg. 4, Abb. 9.4.77). Mikroskopisch wurde diese Veränderung als eine Folge der Hitze einwirkung und somit Pseudopathologie identifiziert (Präparate H-K Grhg. 4: 5a und 5b, Abb. 9.4.78). Es ist zu vermuten, dass die auf dem Becken möglicherweise vorhandenen Krankheitsspuren am verbrannten Knochenmaterial extrem schwer nachzuweisen sind.

### 9.4.3. Extremitäten

Die Fragmente langer Knochen sind in Brandgräbern bis auf Ausnahmen fast immer vorhanden. Das ist ein Vorteil für die histologische Altersbestimmung, da sie an allen Langknochen des Körpers durchführbar ist (histomorphologische Methode nach Schultz, s. Kap. 9.2.2.). Die Auswertung der pathologischen Prozesse auf den Langknochen ist jedoch durch

die Verbrennung deutlich beeinträchtigt. Die direkte Wirkung der Hitze verursacht eine Erosion der feinen Strukturen auf der Oberfläche der Knochen. Deshalb ist im Vergleich mit unverbrannten Knochen mit einer niedrigeren Frequenz nachgewiesener periostaler Reaktionen (Periostose, Periostitis) zu rechnen. Die Veränderungen des kompakten Knochengewebes (z.B. bei Osteoporose) sind dagegen im Vergleich mit unverbrannten Knochen mit ähnlicher Häufigkeit vorhanden. Im Kap. 5. *Methoden* wurde die Problematik bei der Diagnose von Osteoporose an verbrannten Langknochen bereits besprochen. Es ist anzunehmen, dass ein nicht genau bestimmbarer Anteil krankhafter Veränderungen an den Langknochen trotz sorgfältiger makroskopischer Untersuchung nicht gefunden wird, da ein Teil der pathologischen Veränderungen, die an den Langknochen diagnostiziert wurden, erst bei den Präparaten, die für die Altersbestimmung entnommen wurden, im histologischen Bild identifiziert werden konnten (s. Abschnitte Längsstreifung und Auflagerungen auf der Oberfläche und Veränderungen des Compactaknochens).

Spuren von Verletzungen (Frakturen) an Langknochen sind im verbrannten Knochenmaterial prinzipiell nachweisbar. Es ist zu wiederholen, dass die hitzebedingten Risse der Knochen oft an perimortale oder an frischen, mit Weichgewebe bedeckten Knochen kurz nach dem Tod entstandene Brüche erinnern (vgl. Gordon – Drennan 1948, Herrmann 1976b). Die spiralförmigen Risse (vgl. Kap. 9.1. *Postmortale Veränderungen*) sind makroskopisch von den perimortalen Frakturen nur sehr schwer zu unterscheiden. Deshalb ist eine genaue Untersuchung mit Hilfe der röntgenologischen und REM Methoden empfehlenswert. Eine mikroskopische Untersuchung bringt in dieser Frage nur wenig Erfolg, weil durch Hitze entstandene Bruchkanten im mikroskopischen Bild eine Ähnlichkeit mit perimortalen Frakturen aufweisen (Herrmann – Bennett 1999). Die Möglichkeit der Unterscheidung liegt in der Verteilung der Kohlenstoffeinlagerungen (s. Kap. 9.1. *Postmortale Veränderungen*). Verheilte Verletzungen sind an Brandknochen erkennbar, in dieser Untersuchung wurden aber keine festgestellt.

Die Harrislinien sind Nachweise von Wachstumsstörungen im Kindesalter, wenn durch Krankheiten oder Mangelernährung das Wachstum des Individuums temporär zum Stillstand kommt (z.B. Maat 1984). Harrislinien werden in Folge des weiter fortgesetzten Wachstums z.T. umgebaut; die meisten verschwinden bis zum Erwachsenenalter. Die Spuren, die diese unspezifischen Stressmarker an den Knochen hinterlassen, werden vor allem an den Tibiae untersucht, da bei den geraden, in der Transversalebene angeordneten Wachstumsfugen die Längen der Knochen zur Zeit der Entstehung der Harrislinien am einfachsten nachvollziehbar sind. Die Gründe der Entwicklung der Harrislinien müssen nicht zwangsläufig mit

denen korrelieren, die schmelzhypoplastische Veränderungen hervorrufen, da die beiden Merkmale meistens in unterschiedlichen Lebensaltern entstehen (Asuming – Schultz 2000, McHenry – Schulz 1976, Templin 1993). An Brandknochen sind Spuren von Harrislinien nachweisbar (Großkopf 2004). Für eine sinnvolle Auswertung der Harrislinien wird aber eine möglichst vollständige, d.h. repräsentative Population benötigt, bei der die Anwesenheit von Harrislinien überprüft wird. Das Alter der Entstehung muss an den vollständigen Langknochen berechnet werden. Vollständige Langknochen liegen aber bei Brandknochen nie vor. Vereinzelt Harrislinien sind zwar an den häufig vollständig erhaltenen Metaphysen der Tibiae in Röntgenbild nachweisbar. Die ursprünglichen Längen der Knochen und damit das Alter des Kindes zum Zeitpunkt, als der Wachstumsstillstand einsetzte, ist in der Regel durch die hitzebedingten Veränderungen sowie durch die Fragmentierung des Skeletmaterials nicht rekonstruierbar.

Die Muskel-, Sehnen- und Bändertraumata (Myotendopathien, Tendopathien und Ligamentopathien) präsentieren sich an den Knochen in Form unregelmäßiger Neubildungen (Spuren der Verheilung der gerissenen Sehnen oder Bänder) oder Lochdefekte (Knochennekrosen an Stellen abgerissener Sehnen oder Bänder). In der histologischen Untersuchung lässt sich die Größe des Verheilungsspektrums der Veränderung bzw. wiederholte Verletzung oder dauernde Überbeanspruchung der Muskelbefestigung (d.h. des Muskels) nachweisen (vgl. Schultz 2003a). Bei Brandknochen lassen sich Spuren von Muskel- und Bändertraumata beobachten, auch wenn im Vergleich mit den unverbrannten Knochen die Bestimmung, um welchen Muskel oder welches Band es sich bei der Verletzung handelte, nicht immer möglich ist. Die hitzebedingte Beschädigung und die Erosion durch Bodenlagerung führt häufig, besonders bei weichen, kreidig verbrannten Knochen (Verbrennungsstufe II-IV), zu postmortalen (pseudopathologischen) Veränderungen, die an die unregelmäßigen Neubildungen der Myotendopathien erinnern (das weiche Gewebe auf der Oberfläche wird erodiert bis zu einem härteren „Kern“ des Knochens, der durch die Wirkungen der Hitzestauung, vgl. Kap. 9.1. *Postmortale Veränderungen*, eine unregelmäßige Form besitzen kann). Auf diese Weise konnte makroskopisch bei einem Individuum aus dem Grab Šitbořice 22 an einem vermuteten Unterschenkelfragment der Verdacht auf eine Myotendopathia des Musculus soleus (in Form einer unregelmäßigen Neubildung auf der Linea musculi solei) diagnostiziert werden. Erst im mikroskopischen Bild erwies sich die Diagnose als eindeutig falsch: Anhand des Formprofils und des mikromorphologischen Aufbaus des Knochens konnte das Fragment nun als Femur mit einer postmortal deformierten und erodierten Linea aspera identifiziert werden (Präparat Si 22, Abb. 9.4.80). Auch der vermutete zweite Fall einer Myotendopathia eines näher nicht be-

stimmbaren Muskels auf einem Fragment aus dem Grab Očkov 43/55 ist in der REM-Untersuchung eindeutig als eine postmortale Veränderung nachgewiesen worden (s. Abb. 8.32). Das Fragment besitzt an der Stelle des Muskelansatzes keine originale Oberfläche mehr und die vermeintliche Neubildung ist durch hitzebedingte Risse entstanden (Präparat Oc 43/55: P9073, s. Abb. 8.33 und 8.34). Eine Diagnose von Muskel- und/oder Bändertraumata ist damit bei Brandknochen zwar theoretisch möglich, unterliegt aber erheblichen Einschränkungen.

#### **9.4.3.1. Gelenkkrankheiten**

An den Gelenken der Langknochen werden primär die Arthrosen (nicht infektiös entstandene proliferativ-degenerative Veränderungen) und die Arthritiden (meist infektiös entstandene Prozesse) ausgewertet. Ähnlich wie bei der Auswertung arthrotischer und arthritischer Prozesse der Wirbelsäule, ermöglichen bei der Untersuchung von Brandgräbern auch die Befunde der Gelenke an den Langknochen keine systematische Feststellung der Belastung des Individuums (vgl. Schultz 1988b). Auswertbare Gelenke findet man in einem Brandgrab eher selten und dann auch oft ohne eine genaue Zuordnungsmöglichkeit. Eine Bestimmung, welche Gelenke des jeweiligen Individuums am stärksten belastet (bzw. überbelastet) waren, ist aufgrund des fragmentierten Skeletzzustandes nicht möglich. In dieser Untersuchung wurden häufig Fragmente der Gelenkflächen identifiziert; allerdings nur extrem selten die Bereiche der Metaphysen mit den erhaltenen Rändern der Gelenkflächen (vgl. Kataloge der makroskopischen Untersuchungen), die oft Neubildungen im Sinne einer Randleistenbildung in Folge von Überbeanspruchung aufweisen. Deshalb ist keine vollständige Auswertung des Gelenkstatus möglich (vgl. Schultz 1988b). Die Untersuchungen der vorhandenen Gelenkflächen ergaben keine nachweisbaren Fälle arthrotischer oder arthritischer Veränderungen obwohl diese Spuren auch an Brandknochen diagnostizierbar sind (vgl. Dokládál 1999, Großkopf 2004).

Die häufigsten Verletzungen der Gelenke stehen mit den Luxationen (Ausrenkungen) in Verbindung. Falsch oder nicht eingerenkte Luxationen führen zu Deformationen der Gelenkflächen und in extremen Fällen zur Bildung eines Sekundärgelenkes (vgl. Ortner 2003). Diese Veränderungen sind in Brandknochen nachweisbar, konnten aber in dieser Untersuchung nicht festgestellt werden.

#### 9.4.3.2. Längsstreifung und Auflagerungen auf der Oberfläche

Die Längsstreifung (longitudinale Streifung) auf den Oberflächen der langen Knochen kann durch verschiedene Prozesse verursacht werden. Eine der wahrscheinlichsten Diagnosen ist eine periostotische Reaktion (eine nicht entzündliche Reaktion der Knochenhaut), die auf unspezifische Stressmarker zurückzuführen ist (Übersicht vgl. Braulke 2005). Die subperiostalen Blutgefäße hinterlassen in Folge teils der Druckatrophie, teils der Proliferation des Knochengewebes zwischen den Gefäßen schwache „Abdrücke“, die anhand der Orientierung der subperiostalen Gefäße meistens parallel zur Längsachse des Knochens verlaufen. Diese Veränderungen sind ähnlich wie z.B. Harrislinien oder Schmelzhypoplasie als unspezifische Stressmarker zu interpretieren (vgl. Braulke 2005). An Brandknochen ist eine Diagnose der Längsstreifung durch postmortale hitzebedingte Beschädigung erschwert. Die länglichen Risse, die durch die Auskühlung der verbrannten Knochen und den Bodendruck während der Bodenlagerung entstehen, erinnern häufig an diese Längsstreifung und lassen sich in der makroskopischen Untersuchung schwer von diesen unterscheiden. Eine mikroskopische Untersuchung jedes verdächtigen Fragmentes ist aufgrund des erheblichen Aufwandes nicht möglich. Somit können nur die Fragmente untersucht werden, die eine hohe Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines intravitalem Prozesses aufweisen. Dieser Umstand bedingt ein großes Maß an Unsicherheit und verhindert eine statistische Auswertung dieses Merkmals. Für einen Verdacht auf Längsstreifung wurden insgesamt 15 Knochenfragmente aus 12 Gräber untersucht, 10 davon histologisch und 2 rasterelektronenmikroskopisch. Nur in zwei dieser Fälle (Präparate Oc 20/55: 1, Abb. 9.4.81 und 9.4.82, und Oer II, 18: Tibia, Abb. 9.4.83) wurden in der Tat intravitale Veränderungen (obwohl bei dem Präparat Oc 20/55: 1 postmortal stark beschädigt) festgestellt. Diese sind als wahrscheinlich unspezifische Stressmarker zu interpretieren. Eine andere Diagnose der gut verheilten und integrierten periostotischen Reaktionen (s. weiter) ist aber nicht mit Sicherheit auszuschließen. Die übrigen untersuchten Fragmente zeigten mikroskopisch sämtlich das Bild einer Pseudopathologie (Präparate Oc 6/53: 1, Abb. 9.4.84, Oc 15/55: 2, Abb. 9.4.85, Oc 17/55: 4, Abb. 9.4.86, Oc 31/55: Kind, Abb. 9.4.87, Oc 36/55: 1, 2, 3 und 4, Abb. 9.4.88, Oc 37/55: 3, Oer II, 12: Femur, Abb. 9.4.89, Mo 1: P9070, s. Abb. 8.5 und 8.6, H-K 2: 1 und P9158, s. Abb. 8.40 bis 8.43). Die Diagnose der Längsstreifung auf Langknochen ist somit bei Brandknochen zwar kompliziert, aber möglich. Die Ergebnisse sind ausschließlich als Beiträge für Fallstudien zu behandeln.

Die weiteren häufigen Gründe für Periostosen sind kleine Traumata und Blutungen. Die subperiostalen Blutungen stellen sich in ihrer nicht vollständig verheilten Form als poröse, flache Auflagerungen dar (vgl. die hämorrhagischen Prozesse am Schädeldach), deren

mikroskopische Struktur primitiver Faserknochen ist (vgl. Schultz 2001). Bei der Verheilung werden Hämatome organisiert und in Faserknochen, später auch in Lamellenknochen umgebaut. Alte, lang bestehende Neubildungen werden durch reifes Knochengewebe ersetzt und sind somit von der ursprünglichen Oberfläche kaum zu unterscheiden. Bei subadulten Individuen bilden sich knöcherne Neubildungen schneller als bei Erwachsenen. Hämorrhagische Prozesse sind bei Subadulten in dieser Form öfter nachzuweisen. Bei den Nichterwachsenen können multiple Hämatome am Schädel (vgl. Abschnitt Cranium) und an den Langknochen (besonders an physisch exponierten Stellen, Muskelansätzen, Gelenken, Foraminae nutritiae) mit Skorbut in einen kausalen Zusammenhang gebracht werden (vgl. Schultz 1986, 2001). Die knochenbildenden Prozesse bei Erwachsenen verlaufen langsamer als bei Subadulten. Die Diagnose des Skorbut bei Erwachsenen ist also am mazerierten Knochenmaterial kompliziert und eher an den Skeleten mit erhaltenem Weichgewebe nachweisbar (vgl. Maat 2004). Hämorrhagische Prozesse treten auch in Zusammenhang mit Myotendopathien (s. Abschnitt Extremitatae) und kleinen Traumata auf. Eine Prädilektionsstelle dieser Verletzungen sind die von außen einfach zugänglichen Facies ventromedialis tibiae, wo Spuren der Traumata häufig diagnostiziert werden. Sie stellen sich in Form unregelmäßig rauher, grob poröser (nur teilweise verheilt) oder vernarbter (verheilter) Erhöhungen auf den ansonsten glatten Knochenoberfläche dar. Periostotische Neubildungen werden gelegentlich auch durch Knochtumore hervorgerufen (Schultz 1986). Bei Brandknochen ist die Diagnose subperiostaler Auflagerungen kompliziert, da die hitzebedingten Veränderungen (Zersplitterung der oberflächennahen Schichten) oft eine Schicht poröser Neubildungen vortäuschen. Es ist anzunehmen, dass die echten Auflagerungen dagegen zu einem großen Teil durch die Verbrennung und die darauffolgende postmortale Erosion zerstört werden, da die porösen und aus Faserknochen bestehenden Neubildungen auch bei nichtverbrannten Knochen sehr fragil sind (z.T. lassen sich die Neubildungen schon beim unvorsichtigen Anfassen zerstören). Im untersuchten Knochenmaterial aus den Brandgräbern wurden insgesamt 12 Fälle untersucht, die an die periostalen Neubildungen erinnerten. Neun dieser Fälle konnten im mikroskopischen Bild als postmortale Artefakte identifiziert werden (Präparate Ko(6): 5, Oc 35/55: 2, Oc 39/55: 2, Si Y: 2, Si 14: 3, Si 39: 1, H-K 2: 1 und P9159, H-K 6: 1, Oer II 1+6: 2). An zwei Fragmenten sind Spuren einer wahrscheinlich hämorrhagischen Auflagerung festgestellt worden (Präparate Si X, es handelt sich hier aber um einen unverbrannten Tierknochen, das als eine „Beimengung“ zu betrachten ist, Abb. 9.4.90 bis 9.4.92, und Si 36: 1, sehr stark beschädigt und möglicherweise pseudopathologisch, Abb. 9.4.93 und 9.4.94). Beim letzten noch zu besprechenden Fall einer intravitalen Neubildung auf der Knochenoberfläche (Präparat Oc 12/55: 2, Abb. 9.4.95 bis

9.4.97) handelte es sich um eine gut organisierte Schicht von Lamellenknochen, die als eine Neubildung unbekannter Genese aber nicht als eine periostale Reizung zu interpretieren ist. Somit sind bei Brandknochen hämorrhagisch bedingte Neubildungen auf den Langknochenoberflächen zwar nachweisbar, ihre Aussagekraft ist aber aufgrund der genannten Unwägbarkeiten zweifelhaft.

Die entzündlichen Veränderungen auf den Oberflächen der Knochen können in spezifische und unspezifische Prozesse unterteilt werden. Die unspezifischen entzündlichen Prozesse (Periostitis) stellen sich in Form unregelmäßiger Neubildungen dar, die im makroskopischen Bild mit den hämorrhagischen Veränderungen leicht zu verwechseln sind. Mit Hilfe der histologischen Untersuchung lässt sich in der Regel eine gute Differenzierung erreichen (vgl. Schultz 2001, 2003a). Periostitische Veränderungen treten auch in Verbindung mit der Osteomyelitis vor (s. weiter). Spezifische Entzündungen werden durch bekannte Erreger hervorgerufen und hinterlassen typische Veränderungen am Knochen (z.B. Syphilis, Tuberkulose und Lepra). Da selbst eine kurze Übersicht über den Nachweis spezifischer Knochenentzündungen den Rahmen dieser Arbeit deutlich überschreiten würde und für die Fragestellung von geringer Relevanz ist, wird auf die entsprechende Literatur verwiesen (z.B. Dutour et al. 1994, Ortner 2003, Palfi et al. 1999, Roberts – Buikstra 2003 u. a.). Auch an Brandknochen ist der Nachweis spezifischer Entzündungen zweifellos möglich. Syphilis und Tuberkulose hinterlassen charakteristische Spuren (s. Abschnitte Cranium und Truncus), deren Nachweis an den Langknochen (besonders der Tibiae und Fibulae) mittels makroskopischer sowie mikroskopischer Techniken zweifelsfrei möglich ist (vgl. Schultz 2001). Die syphilitischen Langknochenveränderungen sind vor allem durch die Ausbildung von „Grenzstreifen“ und „Polstern“ charakterisiert (Schultz – Teschler-Nicola 1987) und deren Nachweis bei verbrannten Knochen ist auch mikroskopisch möglich. In dieser Untersuchung wurden an drei Präparaten (Oc 15/55: 2, Abb. 9.4.98, Oc 17/55: 4, Abb. 9.4.99, und Oer II, 12: Femur, Abb. 9.4.100) „Polster-ähnliche“ Strukturen auf den Knochenoberflächen beobachtet, die bei einer oberflächlichen Betrachtung für Belege der Syphilis oder Tuberkulose gehalten werden könnten. Die Risse und leichte hitzebedingte Deformationen lassen die Oberflächen dieser Fragmente ähnlich aussehen, wie es bei den Polstern der Fall ist (vgl. Schultz 2001). Es handelt sich aber eindeutig um pseudopathologische Veränderungen. Eine Diagnose der Lepra ist am postcraniellen Skelet kompliziert; die Krankheit hinterlässt deutliche Spuren am Schädel und an den Hand- und Fußknochen (vgl. Kozak – Schultz 2006), die aber im verbrannten Knochenmaterial nur schwer nachzuweisen sind. Die Feststellung der Lepra bei Brandknochen wird für extrem schwierig, aber nicht vollkommen unmöglich gehalten.

#### 9.4.3.3. Veränderungen des Compactaknochens

Im Compactaknochen sind pathologische Veränderungen in Form von Umbau, Verdichtung oder Rarefizierung des Gewebes zu beobachten. Die am häufigsten nachgewiesenen Veränderungen können unter dem Begriff „Osteoporose“ zusammengefasst werden. Weiterhin können am Compactaknochen entzündliche Prozesse und Tumoren diagnostiziert werden.

Entzündliche Prozesse des Knochenmarks (Osteomyelitis, vgl. Ortner 2003, Resnick – Niwayama 1995, Schultz – Teschler-Nicola 1987) präsentieren sich am mazerierten Knochen durch aggressiven Umbau der Spongiosa, des Compactaknochens (Ostitis) und auch durch Veränderungen der äußeren Oberfläche (Periostitis). Die Entzündung entsteht meistens durch ein traumatisches Geschehen von außen (z.B. offene Frakturen) oder hämatogen (bakterielle Erreger, am häufigsten Staphylococcus oder Streptococcus; die Erkrankung wird mit dem Blut in die Markröhre transportiert, daraus entwickelt sich die hämatogene Osteomyelitis). In der Regel ist nur ein Knochen betroffen, nur selten sind es mehrere. Im Gegensatz zu den spezifischen entzündlichen Prozessen tritt selten die hämatogene Osteomyelitis symmetrisch bilateral auf. Der Prozess entwickelt sich in der Markröhre und beginnt mit einem oder wenigen entzündlichen Herden, die meistens in der Spongiosa der Metaphyse gelegen sind. Sie verbreiten sich und füllen die Knochenmarkhöhle mit dem entzündlichen Produkt aus (Bakterien, abgestorbenes Knochenmarkgewebe, Eiter). Dieser Vorgang führt zum Umbau der Spongiosastrukturen und infiziert das Endost. Nach Infektion des kompakten Knochengewebes wird es im Sinne der Rarefizierung (im Sinne Osteoporose-ähnlichen Veränderungen, s. u.) und des unregelmäßigen Umbaus des Knochens verändert. Die Knochenhaut reagiert auf die Schwächung des Knochens und auf die entzündlich bedingte Reizung mit einem Aufbau neuer Knochenstrukturen im Bereich der äußeren Oberfläche des Knochens. Diese als Totenlade (*Involucrum*) bezeichnete neugebildete Struktur dient der Festigkeit des substantiell geschwächten Knochens. Da sich in diesem Stadium der Krankheit unter der Knochenhaut schon die eitrigen Entzündungsprodukte befinden, hebt sich das *Involucrum* meistens von der originalen Oberfläche ab. Infolge druckatrophischer Prozesse wird teilweise die Substanz der ursprünglichen Compacta eingeschmolzen und es kommt zur Bildung von Fisteln (*Fistula*) oder sogar Kloaken (*Cloaca*). Dies führt zu einem Ablauf des Eiters aus der Knochenmarkhöhle und damit zwar zur Erleichterung des schmerzhaften Prozesses, gleichzeitig aber erhöhter Wahrscheinlichkeit einer Sekundärinfektion. Häufig verbleibt ein Teil (einige Teile) des isolierten, von allen Seiten durch entzündliche Veränderungen abgetrennten Knochengewebes in situ als nekrotische Insel, umgeben mit den neugebildeten entzündlich bedingten Strukturen

(*Sequestrum*). Die Erkrankung entwickelt sich in vielen Fällen in chronische Form. Ohne medizinische Behandlung (Antibiotika) kann sie nicht ausheilen.

Osteomyelitis betrifft am häufigsten subadulte Individuen (akute „endogene“ Osteomyelitis), bei Erwachsenen ist sie häufiger nur die Folge einer Verletzung (posttraumatische, „exogene“ Osteomyelitis). Von der „endogenen“ Form sind bei den subadulten Individuen am häufigsten die Oberschenkel- und die Unterschenkelknochen betroffen, bei Erwachsenen die Knochen des Körperstammes. Als ein spezieller Fall der Osteomyelitis ist der Brodie's Abszess zu sehen, eine entzündliche „Zyste“, die mit einer lamellären Schale umgeben ist. Der Brodie Abszess ist am häufigsten an proximalen Tibiametaphysen, seltener am distalen Femur oder an der distalen Tibia zu beobachten. Relativ selten sind Fälle von Osteomyelitis am Schädel zu finden (s. Abschnitt Cranium).

Es ist möglich, an verbrannten Knochen Osteomyelitis nachzuweisen (s. Großkopf 2004). Die Veränderungen einer fortgeschrittenen Osteomyelitis sind auch am fragmentarischen Knochenmaterial aus Brandgräbern – in der Regel – eindeutig zu erkennen. Die Komplikationen bei der makroskopischen Identifikation der Art des Prozesses, die durch die Unvollständigkeit der Knochen zu erwarten sind, sind durch die mikroskopische Untersuchung zu beheben (vgl. Schultz 1986, 2001, 2003a). In dieser Untersuchung wurden keine eindeutigen Nachweise einer Osteomyelitis gefunden. In einigen Fällen (Očkov 1/55, Šitbořice 14 und Šitbořice 39) sind Nachweise eines vermutlich osteolytischen Prozesses beobachtet worden. Einer dieser Fälle (Präparat Si 14: 3, Abb. 9.4.101), eine Grube auf der endostalen Oberfläche des Oberarmknochens, wurde als ein postmortales Artefakt identifiziert: Es handelte sich um einen durch Erosion abgebrochenen Teil des Compactaknochens. Die beiden anderen Fälle (Präparate Oc 1/55: 3, Abb. 9.4.102 und 9.4.103, und Si 39: 1, Abb. 9.4.104 und 9.4.105) sind in der Tat intravitale Resorptionshöhlen, die auf der Oberfläche Spuren Howship'scher Lakunen aufweisen, die nicht mit Wachstum in Verbindung zu bringen sind (vgl. Kap. 9.2.2. *Histomorphologische Altersbestimmung*). Somit sind diese zwei Fälle als eine Art nicht näher bestimmbarer osteolytischer Prozesses im Sinne einer Entzündung oder eines Tumors zu interpretieren. In beiden Fällen handelte es sich um aktive, nicht verheilte Prozesse und ein Zusammenhang mit der Todesursache der Individuen ist damit nicht ausgeschlossen. Die osteolytischen Prozesse (Entzündungen und/oder Tumore) im Compactaknochen der verbrannten Gräber anhand der Anwesenheit Howship'scher Lakunen sind damit nachweisbar.

Bei Fällen von Osteoporose sollte je nach Möglichkeit identifiziert werden, ob es sich um die primäre oder sekundäre Osteoporose handelt. Zu den primären Formen der Osteoporose gehören die idiopathische Osteoporose bei jungen Individuen (bisher kein bekannter archä-

ologische Fall, Schultz 2003b), Osteoporose nach der Menopause durch mangelndes Östrogen oder Testosteron (bei Frauen bis zu 6 mal häufiger, als bei Männern, Bätge – Renz-Polster 2001, Kuhlencordt 1992) und die häufig beobachtete altersbedingte Osteoporose (bei Männer und Frauen mit leichten Unterschieden, aber bei beiden Geschlechter vorhanden, vgl. Feik et al. 1997). Die altersbedingte Osteoporose ist in dieser Untersuchung häufig beobachtet worden (vgl. Kap. 9.2.2. *Histomorphologische Altersbestimmung*). Es handelt sich dabei nicht um pathologische Zustände und sie werden hier deswegen nicht behandelt. Die sekundäre Osteoporose stellt weniger als 5% sämtlicher Fälle der Osteoporose dar (Schultz 2003b). Darunter sind die durch pathologische Prozesse (Entzündungen und Tumore) bedingte Knochenrarefizierung und die Inaktivitätsatrophie durch mangelnde Belastung der Knochen zu nennen.

Fälle der Rarefizierung des Knochengewebes, die nicht mit der altersbedingten Osteoporose in Zusammenhang zu bringen waren, wurden an einigen untersuchten Knochenfragmenten festgestellt (Kostelec 161, Očkov 7a/53, Očkov 9b/55, Očkov 34/55, Haiger – Kalteiche Gr. 2). Die meisten dieser Fälle erwiesen sich als postmortal entstandene Artefakte, hitzebedingte Deformierung der Spongiosa oder physiologische Entlastung des massiven Knochengewebes (z.B. im Bereich des Margo anterior tibiae). Das Knochenfragment des Oberschenkels aus dem Grab Očkov 7a/53 (Präparat Oc 7a/53: 1, Abb. 9.4.106) weist intravitale Veränderungen, poröse Beschaffenheit und einen erhöhten Anteil der Tangentiallamellen auf, die mit dem Alter des Individuums nicht zu vereinbaren sind. In diesem Fall kann die Diagnose der Inaktivitätsatrophie (langfristige mangelnde Belastung des Knochens bedingt z.B. durch Lähmungen, o. ä.) vermutet werden. Die Diagnose primärer sowie sekundärer Osteoporose ist somit bei Brandknochen möglich.

#### **9.4.4. Missbildungen und epigenetische Merkmale**

Die Merkmale fehlerhafter Knochenentwicklung oder individueller epigenetischer Merkmale sind bei Brandknochen problemlos nachweisbar; ihre Diagnosen hängen ausschließlich vom Erhaltungszustand ab. Somit ist z.B. eine Spina bifida der Wirbelbögen nur selten zu identifizieren, da diese im verbrannten Knochenmaterial meistens zu stark fragmentiert und kaum zu finden sind. Zusätzliche Öffnungen, wie z.B. variablen Foramina supraorbitalia, frontalia, nasalia, suprascapularia u. a. sind an Leichenbränden identifizierbar. Bei der Diagnose muss jedoch mit der Möglichkeit postmortal entstandener Risse in einem gegenüber unverbrannten Skeleten erhöhten Maß gerechnet werden. Auch zusätzliche Ossifikationszentren (Ossa suturarum, Os incae, Sutura metopica u. a.) sind zu identifizieren, insofern die

Knochen selbst erkennbar sind. Epigenetische Varianten des Gebisses sind aufgrund der in der Regel fehlenden Zahnkronen meistens nicht zu erkennen.

In dieser Untersuchung sind zwei epigenetische Merkmale gefunden worden. Die Verdoppelung der Gelenkflächen des Kopfgelenks (Fovea articularis superior atlantis bipartita) des ersten Halswirbels des Individuums aus dem Grab Očkov 7/55 und die mindestens teilweise vorhandene offene Sutura metopica bei einem erwachsenen (Mat – Sen) Individuum aus dem Grab Šitbořice 12 belegen die Nachweisbarkeit an Brandknochen.

#### 9.4.5. Artefakte

Bei Ausgrabungen von Brandgräbern sind die archäologische Artefakte (Grabbeigaben, Tierknochen, Teile der Tracht u. ä.) durch hitzebedingte Veränderungen in vielen Fällen schwer zu erkennen. Bei verbrannten Knochen ist oft nicht zu identifizieren, ob es sich um einen menschlichen oder um einen Tierknochen handelt, weshalb die Knochen zunächst zusammen als Menschenknochen eingesammelt werden. Bei der anthropologischen Untersuchung lassen sich die Tierknochen meistens anhand ihrer Morphologie identifizieren, für kleine Fragmenten kann die Zuordnung jedoch unsicher sein. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden in mehreren Fällen vermutliche Tierknochen zwischen den Menschenknochen identifiziert. Sämtliche dieser vermutlichen (anhand der Morphologie nicht mit Sicherheit identifizierten) Tierknochenfragmente sind histologisch untersucht worden. In den folgenden Gräber wurden Tierknochen gefunden, die keine mikroskopische Überprüfung benötigten: Haiger – Kalteiche 2, Haiger – Kalteiche (2), Očkov 1b/53, Očkov 8/53, Očkov 24a/55, Očkov 33/55. Die histologische Untersuchung konnte die meisten der vermuteten Tierknochenfragmenten einem menschlichen Ursprung zuordnen (Präparate Ko 161: 1, Oc A/55: 1, Oc 3/55: 1, Oc 16/55: 1, Oc 24b/55: 3, Oc 35/55: 2, Oc 40/55: 2). Nur in einem Fall wurde die makroskopische Diagnose eines Tierknochens auch histologisch bestätigt (Präparat Ko 394: 3, Abb. 9.4.107). Dagegen wurden allerdings zwei vermutete menschliche Knochen histologisch als Tierknochen identifiziert (Präparate Oc 21/55: 2, Abb. 9.4.108, Si X, Abb. 9.4.109). Die Erkennung der Tierknochen in Brandgräbern ist somit als kompliziert anzusehen. Nicht eindeutig identifizierte Knochenfragmente können ohne eine histologische Untersuchung nicht eindeutig zuverlässig zugeordnet werden.

In zwei Gräbern (Očkov 1b/53, Abb. 9.4.110, und Očkov 15/55, Abb. 9.4.111 und 9.4.112) wurden Artefakte aus bearbeiteten Tierknochen gefunden. In beiden Fällen handelte es sich wahrscheinlich um Teile der Kleidung (Trachtzubehör). In einem Grab (Očkov 5/53, Abb. 9.4.113 und 9.4.114) wurde an der distalen Metaphyse des linken Radius ein Objekt

identifiziert, wahrscheinlich handelt es sich um einen verbrannten Armreif oder möglicherweise eine Glasperlenkette.

## 10. Diskussion

Die angewandten Methoden der mikroskopischen Untersuchung von Brandknochen erwiesen sich als aufschlussreich im Bezug auf die Altersbestimmung der Individuen sowie die Auswertung der pathologisch bedingten Veränderungen. Es ist daher zu empfehlen, mikroskopische Analysen als ein standardmäßiges Verfahren bei der Leichenbranduntersuchung einzuführen. In der Diskussion wird die Eignung der angewandten röntgenologischen, raster-elektronenmikroskopischen und lichtmikroskopischen Methoden für eine Altersbestimmung und eine paläopathologische Diagnose besprochen.

### 10.1. Röntgenologische Untersuchung

Insgesamt wurden sieben Fragmente von Brandknochen untersucht. Für die röntgenologische Untersuchung ist eine Mindestgröße des Knochenfragmentes notwendig, weil zu kleine Fragmente eine unzuverlässige Diagnose liefern können (s. Kap. 5. *Methoden*). Brandknochen erfüllen diese Bedingung nur selten.

Die röntgenologische Untersuchung der Dichte des Compactaknochens (Oč 29a/55-2, Ši 7-1, Ši 19-1 und H-K Gr. 1) ergab keine relevanten Ergebnisse. Die hitzebedingte Schrumpfung verursacht eine Veränderung der Dichte des kompakten Knochengewebes, so dass die Befunde für eine Diagnose möglicher osteoporotischer Veränderungen nicht geeignet sind. Das infolge der Feuereinwirkung geschrumpfte Gewebe stellt sich strahlendicht dar; erkennbar sind lediglich die durch Hitze entstandenen, ovalen Risse. Eine Untersuchung auf Osteoporose anhand des Aufbaus der Spongiosa (vgl. sog. „Singh index“, Singh et al. 1970, vgl. Hammer 2002 u. a.) ist bei den stark fragmentierten Brandknochen aufgrund ihrer Beschädigung ausgeschlossen.

Eine röntgenologische Untersuchung vermuteter pathologischer Veränderungen konnte nur in zwei Fällen durchgeführt werden (Oč 7/55 a und b). In einem Fall bestätigte das Röntgenbild die intravitale Herkunft der makroskopisch festgestellten Veränderungen, (eine Verdichtungen der Diploë). Das zweite geröntgte Fragment wies im Röntgenbefund keine Auffälligkeiten auf; ebenso im mikroskopischen Bild. Die röntgenologische Untersuchung erwies sich somit für die paläopathologische Auswertung von Brandknochen als nur bedingt nützlich und reicht für eine sichere Diagnose in der Regel nicht aus.

### Schlussfolgerung

Anhand dieser Ergebnisse ist die röntgenologischen Untersuchung verbrannten Knochengewebes nicht als ein entscheidendes, aber als ein empfehlenswertes Hilfsmittel anzuse-

hen. Ihr Hauptvorteil liegt in dem vergleichsweise niedrigen finanziellen und zeitlichen Aufwand, durch den in einigen Fällen die deutlich aufwändigere histologische oder rasterelektronenmikroskopische Untersuchung erspart werden kann.

## 10.2. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung (REM)

Elektronenmikroskopische Untersuchungen (REM) von Leichenbränden und abradieren Knochenoberflächen wurden im Rahmen forensischer und anthropologischer Fragestellungen durchgeführt (z.B. Bromage 1984, Shipman et al 1984, Holden et al. 1995a, 1995b, Quatrehomme et al. 1998, Jackes et al. 2001). Die Ergebnisse dieser Studien erbrachten sehr unterschiedliche Bewertungen und Aussagen hinsichtlich der Brauchbarkeit dieser Untersuchungsmethode. Die eigenen Ergebnisse bestätigen, dass eine zuverlässige Auswertung bei den schwach verbrannten Knochen (St. III-IV nach Dokládál 1999) nur selten möglich ist, bedingt durch die stärkere Wassererosion der Oberflächen; die Knochen, die stärker verbrannt sind (St. V nach Dokládál 1999) lassen in der Regel öfter eine sichere Auswertung zu. Schon bei geringer Vergrößerung zeigte sich, dass stark erodierte Brandknochen (z.B. die meisten Knochenüberreste aus dem Gräberfeld in Šitbořice) keine originalen Oberflächenstrukturen mehr aufwiesen, so dass eine REM Untersuchung für diese Objekte keine Aussage ermöglicht. Anderen Fragmente, welche in der lupenmikroskopischen Vergrößerung als nicht erodiert angesprochen wurden, erwiesen sich in der REM-Untersuchung zumeist dennoch als stark erodiert (vgl. Kap. 8.). Die REM-Untersuchung kann somit bei schwach verbrannten Knochenüberresten im Regelfall nur Abrasionsspuren, bzw. in einigen Fällen Reinigungsspuren (vgl. z.B. Präparate P9072, P9158), nachweisen, aber keine weiterführende Diagnose ermöglichen.

Die Verbrennung der Knochen führt zur Rekristallisation des Hydroxylapatits und somit zu Veränderungen der Knochenoberfläche. Die bei niedrigen Temperaturen (200 – 600°C) verbrannten Knochen weisen nur minimale Veränderungen der Kristallitstruktur auf. Die Größe der Kristalle beträgt in diesen Fällen etwa 0,05-0,07 µm und die Veränderungen lassen sich erst in hoher Vergrößerung erkennen (30 000 – 100 000fach, Holden et al. 1995a). Eine Verbrennungstemperatur von 800°C bewirkt Kristalle einer Größe von 0,25-0,35 µm, eine Temperatur von 1200°C dann Kristalle der Größe 1,1-1,3 µm (sichtbar bereits bei einer 1000fachen Vergrößerung, vgl. Kap. 8., Präparat 9072, Ind. Mo 2, Abb. 8.14). Die Größe der Kristalle korreliert mit der Brenntemperatur, obwohl ein Zusammenhang mit dem Alter des Individuums als nicht auszuschließen erscheint (Holden et al. 1995a). Auch innerhalb der Knochen eines Individuums sind anhand der Verbrennungstemperatur Unterschiede festge-

stellt worden. Auf der Oberschenkeloberfläche (der Temperatur von etwa 1000°C ausgesetzt) sind Kristalle einer Größe von 0,18-0,5 µm beobachtet worden, in der Tiefe des Compactknochens (Temperatur ca. 300°C) Kristalle von ca. 0,05-0,07 µm. Die dem direkten Hitzeeinfluss nicht ausgesetzte endostale Fläche wies keine Veränderungen auf (Holden et al. 1995b). Für die Fragestellung dieser Arbeit bedeuten die veränderten Kristalle des Hydroxylapatits ein wesentliches Hindernis in Bezug auf die paläopathologische Untersuchung. Die Kristallisation verändert die Oberflächen, die vermutlich neugebildeten Strukturen lassen sich nicht zuverlässig auswerten. Das Aussehen der Knochenoberflächen zeigt besonders in Vergrößerungen ab 1000x (vgl. Präparat P9072) ein vollständig verändertes Bild, in Fällen stark verbrannter Knochen (wohl sehr hohe Verbrennungstemperatur) sind die neugebildeten Kristalle sogar bereits in niedrigen Vergrößerungen sichtbar und verhindern eine sichere Diagnose (vgl. Präparat 9159, Vergrößerung 70x). Somit mussten von insgesamt 13 REM untersuchter Präparaten vier zusätzlich histologisch untersucht werden, da die REM Untersuchung keine zuverlässigen Ergebnisse lieferte.

### **Schlussfolgerung**

Die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung erwies sich bei der Auswertung der Brandknochen als wenig hilfreich. Die postmortalen Beschädigungen der Knochenoberflächen führen zu einer relativ geringen Aussagekraft der elektronenmikroskopischen Aufnahmen und die Ergebnisse stehen in keinem zu rechtfertigenden Verhältnis zu den hohen Kosten dieser Untersuchungen. Die REM-Untersuchungen lieferten in einigen Fällen für eine Diagnosestellung ausreichende Ergebnisse; eine histologische Untersuchung dieser Knochenfragmente würde allerdings mit niedrigeren Kosten zu denselben (bzw. manchmal besseren) Aussagen kommen.

### **10.3. Die histomorphometrische Altersbestimmung („Histomorphometrie“ = HMM) an Langknochen**

Bei der Anwendung dieser Methode (nach Kerley 1965 und Kerley – Ubelaker 1978) an Brandknochen ergaben sich einige Schwierigkeiten, die die Aussagemöglichkeiten einschränken. Einige der Fragen warf bereits die originale Methode der Altersbestimmung und die allgemeine Histologie des Knochens auf. Die Untersuchung der Leichenbrände lieferte weitere spezifische Probleme. Die rechnerischen Fehler in den Gleichungen und ein falsch berechnetes Sichtfeld des Mikroskops behob bereits die Korrektur, die vom Verfasser des

ersten Artikels veröffentlicht wurde (Kerley – Ubelaker 1978). Im folgenden Text wird auf die wichtigsten Merkmale anhand der Literatur und der eigenen Beobachtungen eingegangen.

Für die Altersbestimmung soll jede der Gleichungen geeignet sein (Kerley 1965). Andere Autoren (Bouvier – Ubelaker 1977, Stout – Gehlert 1980) erreichten die besten Ergebnisse mit einem arithmetischen Mittelwert aus möglichst vielen Auswertungen.

Die Präparate für diese Untersuchung wurden aus dem mittleren Bereich des Knochens entnommen. Die vier Untersuchungsfelder definierte Kerley (Kerley 1965) in vier Regionen des Knochens. Beim Femur handelte es sich um die ventrale Compacta-Zone, beide seitlichen Gebiete des Knochens und die Linea aspera (Kerley 1965). Wie andere Autoren zeigten (Ahlquist – Damsten 1969, Bouvier – Ubelaker 1977, Uytterschaut 1993), ist die Linea aspera durch die Wirkungen altersbedingter Veränderungen sowie des Muskelzuges und weiterer Faktoren unzuverlässig und es wird vorgeschlagen (Ahlquist – Damsten 1969), die Untersuchungen um 1/8 des Kreises zu drehen, damit die Linea aspera aus der Untersuchung ausgelassen wird. Die Untersuchungen in Bezug auf die Biomechanik des Knochens (z.B. Martin – Arnelagos 1985, Ericksen 1973, Stout 1983, Richman et al. 1979, Burr et al. 1990, Frost 1988, Ruff 1992 u. a.), die Wirkung der physischen Belastung (z.B. Bridges 1989, Burr et al. 1990, Courtney et al. 1996, Ruff et al. 1984, Robling – Stout 2003) sowie auch die Einflüsse der Ernährung und des Gesundheitsstatus (z.B. Frost 1973, Simmons 1990, Thompson et al. 1981) befassen sich mit der mikroskopischen Struktur des Knochens. Untersucht wurde die Wirkung der Genetik auf die Reaktionen des wachsenden Skelets (Frost 1987b), sowie die Einflussnahme hormonaler Störungen. Beispielsweise behindert Östrogenmangel den Knochenumbau, bzw. beschleunigt den Knochenabbau (Frost 1996) in Form eines verlangsamten Absterben und dadurch erhöhten Anzahl von Osteoklasten (Manolagas 2000, Plotkin et al. 2006, Boyce et al. 2002, Weinstein – Manolagas 2000). Derartige Einflüsse auf das Knochengewebe unterliegen aber dem „Remodeling“ (Frost 1973, Lacroix 1971, Parfitt 1983, Ott 2002). Die Strukturen werden im Laufe des Lebens regelmäßig – aber mit unterschiedlicher Geschwindigkeit – umgebaut, in Abhängigkeit von inneren sowie äußeren Einflüssen (temporäre anatomische Strukturen, „Basic Multicellular Units“, „BMU“, Frost 1969). Die Geschwindigkeit des „Remodeling“ soll in verschiedenen Regionen des Skelets unterschiedlich sein (z.B. Cortex einer Rippe bis zu 2x schneller als Compactaknochen, Marshal et al. 1972), aber repräsentativ für das ganze Skelet (Jowsey 1968). Das Phänomen „RAP“ („regional acceleratory phenomenon“, Frost 1983) erhöht den „turnover“ Effekt des Knochengewebes in bestimmten Bereichen durch zufällige lokale Einflüsse (alle Arten physiologischer

Prozesse), soll aber – nach Samson und Branigan (1987) – für die Altersbestimmung keine Wirkung aufweisen. Empfohlen wurde eine Untersuchung mehrerer Knochen von jedem Individuum und ein kritischer Vergleich der Ergebnisse (Samson – Branigan 1987). Anhand dessen kann vermutet werden, dass der Gesundheitsstatus sowie die physische Belastung des Skelets in einem kurzen Zeitrahmen vor dem Tod für die Mikrostruktur der Knochen von wesentlicherer Bedeutung sind als sämtliche vorher angesprochene Einwirkungen (vgl. Parfitt 2003, Parfitt et al. 2000). Ein bekanntes Phänomen, welches diese Hypothese unterstützt, ist die Ausprägung der Muskelmarken. Massive, stark entwickelte Muskelmarken entstehen während des Lebens unter Einfluss eines hohen Muskelzuges. Wenn der Muskelzug nachlässt (z.B. in Folge von Krankheiten oder eines hohen Alters), werden die Muskelmarken in ihrer Form nicht abgebaut, sondern lediglich im Sinne einer Knochenrarefizierung auf der mikroskopischen Ebene umgebaut. Somit kann angenommen werden, dass für die histologischen Altersbestimmungsmethoden lediglich der aktuelle Zustand des Knochens relevant ist und weitere Einflüsse vernachlässigt werden können.

Die Stelle der Probenentnahme stellt bei den Brandknochen ein besonderes Problem dar. Die stark fragmentierten und häufig deformierten Brandknochen ermöglichen in den meisten Fällen keine genaue Zuordnung eines Fragmentes zu einer bestimmten Knochenregion. In manchen Fällen kann das analysierte Knochenfragment nur unsicher einem der großen Langknochen des Körpers zugewiesen werden (Bestimmung Fem/Tib, Fem/Hum/Tib o. ä.). In dieser Arbeit wurde in solchen Fällen die Altersbestimmung nach den Kriterien für Femur und Tibia durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Form einer Altersspanne angegeben worden, begrenzt durch das niedrigste und höchste mögliche Alter. Auch wenn der Knochentyp (z.B. Femur, Tibia) sicher identifiziert werden konnte, war in der Regel eine genaue Zuordnung zu der entsprechenden Schaftfläche dieses Knochens nicht möglich, da bei Leichenbränden aufgrund der hitzebedingten Verformung eine genaue Bestimmung der Knochenflächen häufig nicht sicher möglich ist. Basierend auf den Ergebnissen anderer Autoren (Samson – Branigan 1987, Drusini 1996, Sýkorová 1996) wird das Fehlen einer genauen Lokalisierung des untersuchten Fragmentes innerhalb des Knochens für eine Altersbestimmung als vernachlässigbar angesehen. In der Untersuchung von jeweils 9 cm langen mittleren Diaphysenabschnitten der Femora in 1 cm langen Abständen zueinander sind keine statistisch signifikante Unterschiede der mikroskopischen Struktur der Havers'schen Kanäle bestimmt worden (Samson – Branigan 1987). Statistisch signifikante Unterschiede in der Beschaffenheit des Knochengewebes wurden nur in der Querschnittsebene bestimmt. Die Verteilung der histomorphologischen Struk-

turen von periostal nach endostal ist unterschiedlich und nicht zufällig (Amprino – Marotti 1964, Frost 1969, Iwaniec – Crenshaw 1998, Martin et al. 1980, Pfeiffer et al. 1995, Raab et al. 1991, Tommerup et al. 1993). Dieses Merkmal beeinflusst die HMM-Untersuchung, die mit einem Mikroskop mit einem großen Sichtfeld durchgeführt wird (Stout – Gehlert 1982), da das größere Sichtfeld in die tieferen Schichten des Knochens mit einer unterschiedlichen Dichte des Knochens reicht. Eine vergleichende Untersuchung ist mit sechs unterschiedlich großen Sichtfeldern (von einem Korrekturfaktor, KF, von 0,66 bis zu KF 2,38) an einem Lehrpräparat des Femurs durchgeführt worden. Die Ergebnisse der Untersuchung über zwei aneinander grenzenden Felder (ventromedial und ventrolateral) stellt die folgende Tabelle dar.

Tabelle 16. Einfluss des Sichtfeldes auf die HMM Altersbestimmung

KF	Osteone/Fragmente	ventromedial		ventrolateral	
		gezählt	korrigiert	gezählt	korrigiert
0,66	Osteone	49	32,3	49	32,3
	<i>Fragmente</i>	20	13,2	16	10,6
0,83	Osteone	42	34,8	38	31,5
	<i>Fragmente</i>	17	14,1	13	10,8
1,21	Osteone	28	33,6	29	34,8
	<i>Fragmente</i>	12	14,5	9	10,9
1,25	Osteone	27	33,7	28	34,9
	<i>Fragmente</i>	10	12,5	9	11,2
1,5	Osteone	21	31,5	24	36
	<i>Fragmente</i>	9	13,5	7	10,5
2,38	Osteone	16	36,5	17	40,5
	<i>Fragmente</i>	8	19,0	6	14,3

Die Ergebnisse des  $X^2$  Tests identifizieren keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Werten in Messungen mit Sichtfeldern mit Korrekturfaktoren von 0,66 bis 1,5. Ein statistisch signifikanter Unterschied (bei  $p=0,05$  Signifikanzniveau) besteht bei der Untersuchung mit einem Mikroskop mit kleinem Sichtfeld (KF = 2,38). Das kleine Sichtfeld erreicht offenbar nur die oberflächennahen Schichten des Knochens mit höherer Dichte und führt somit zu einer abweichenden Altersbestimmung. Dagegen kommt es bei den Sichtfeldern, die eine ähnliche Größe wie das originale 2,06 mm<sup>2</sup> große Sichtfeld (Kerley – Ubelaker

1978) besitzen, zu keiner relevanten Abweichung. Somit wird das Ergebnis von anderen Autoren (Stout – Gehlert 1982) bestätigt, die sagen, dass die Sichtfeldgröße (unter Verwendung des Korrekturfaktors) keine signifikante Veränderung der Anzahl der Osteone bedeutet. Um die Arbeitshypothese zu überprüfen, dass unterschiedlich große Sichtfelder in gewissen Grenzen die Ergebnisse der HMM Untersuchung nicht beeinflussen, wurden die Knochenpräparate des Gräberfeldes Šitbořice und die Funde aus den kaiserzeitlichen Gräbern (Bílovice, Morkovice, Náklo, Kostelec) mit dem Mikroskop Phomi III Zeiss (KF = 1,21) sowie dem Mikroskop RXP Leica (KF = 0,66) untersucht (vgl. Bd. 2, Tabellen Šitbořice 1, 4 und 5). Es wurde versucht, bei beiden Auswertungsreihen möglichst dieselben Stellen im Präparat auszuwählen. Dies war zumeist nicht möglich, weil das Mikroskop Leica mit deutlich größerem Sichtfeld (Durchmesser Leica 2,0 mm, Sichtfeld Leica 3,14 mm<sup>2</sup>, Durchmesser Zeiss 1,47 mm, Sichtfeld Zeiss 1,697 mm<sup>2</sup>) in häufigen Fällen einen anderen Untersuchungsbereich mit einer dickeren Compacta verlangte. Außerdem war die Untersuchung mit dem Mikroskop Leica teilweise nicht durchführbar, da im gesamten Knochenfragment keine geeigneten Stellen gefunden wurden, in denen das Gewebe das ganze Sichtfeld ausfüllen würde. Darauf sind wahrscheinlich auch die Unterschiede bei der Auswertung zurückzuführen. Bei allen untersuchten Knochenfragmenten variierte das jeweils mit dem Mikroskop Zeiss und mit dem Mikroskop Leica bestimmtes Alter um etwa  $\pm 5$  Jahre, ohne einer Regelmäßigkeit, welches Mikroskop die selben Individuen jünger bzw. älter bestimmen lässt, sondern wechselnd.. Die Untersuchung mit dem Mikroskop Leica bewertet die jeweils selben zwanzig Individuen etwas jünger (von insgesamt 36 Ind., 55%), acht Individuen etwas älter (22%), bei drei Individuen ergibt sich das gleiche Alter (8%) und bei fünf Individuen (15%) war die HMM-Untersuchung mit Hilfe des Leica-Mikroskops nicht möglich, da keine geeignete Stelle für die Auszählung gefunden wurde. Die genauen Ergebnisse sind in der Tabelle Šitbořice 6 präsentiert. Als Schlussfolgerung ist zu empfehlen, für eine histomorphometrische Altersbestimmung ein Mikroskop mit möglichst wenig abweichender Sichtfeldgröße (zu den originalen 2,06 mm<sup>2</sup> von Kerley 1965) zu verwenden.

Die Stärke des Präparates (Schlifffdicke) beeinflusst die Ergebnisse der HMM Untersuchung (Frost 1962). Die Knochendünnschliffe mit mehr als 150-200  $\mu\text{m}$  sind in der Lichtmikroskopie und besonders im polarisierten Licht zu dunkel, um die feinen Strukturen zu unterscheiden. Sehr dünne Präparate unter 30  $\mu\text{m}$  sind nach den Erfahrungen aus dem Zentrum Anatomie der Universitätsmedizin zu Göttingen für die Auswertung nicht geeignet, weil die Strukturen im Durchlicht nicht ausreichend markant sind und sich besonders in polarisiertem

Licht sich gegeneinander abgrenzen. Bei Präparaten mit einer Stärke von 50, 100 und 150  $\mu\text{m}$  wurden relevante Unterschiede festgestellt, die aufgrund einer Überlagerung von mehreren Knochenschichten entstehen (Samson – Branigan 1987). Die Stärke der bei dieser Untersuchung verwendeten Präparate lag bei 50, 60 oder 70  $\mu\text{m}$  (s. Kataloge), so dass ein Einfluss der Schlifffdicke auf die Ergebnisse nicht besteht.

Ein weiteres Problem entsteht bei der Befundung der Leichenbrände in der Bestimmung der von Kerley (Kerley 1965) oder von Ahlquist und Damsten (Ahlquist – Damsten 1969) definierten vier Stellen der Untersuchung pro Querschliff. In den hitzebedingt meist aufgeplatzten Knochen ist ein vollständiger Querschnitt mit allen vier Bereichen nur selten zu finden. Auch die sichere Identifikation der Bereiche (ventromedial, ventrolateral, dorsomedial und dorsolateral nach Ahlquist – Damsten 1969) ist bei den verbrannten Knochen nicht oder nur ungefähr durchführbar. An den fragmentierten Femora sind nur die Lineae asperae meist problemlos zu identifizieren. Auch wenn bei der makroskopischen Untersuchung der Muskelansatz aufgrund einer erodierten Oberfläche oder zu kleiner Abschnitte des Knochens manchmal nicht zu erkennen war, ist dieser im mikroskopischen Bild anhand seiner Struktur dennoch klar zu identifizieren. In der Regel ist der ventrale Bereich des Knochens dünner als die beiden seitlichen Bereiche und am frühesten rarefiziert, ähnlich wie der Bereich der Linea aspera (Schultz, mündl. Mitt., vgl. Feik et al. 2000, Ericksen 1991). Dadurch ist der ventrale Bereich des Knochens in den meisten Fällen mikroskopisch zu identifizieren. Die beiden seitlichen Bereiche des Oberschenkelknochens weisen keine signifikanten Unterschiede in der mikroskopischen Struktur (Feik et al. 2000) auf. Die Untersuchung der Dichte der Osteone bewies, dass lediglich 15% der Fläche des untersuchten Querschliffes im ventralen Bereich 95% des gesamten Knochens dokumentieren, somit können schon in einem relativ kleinen Anteil des Knochens Ergebnisse erzielt werden, die für den gesamten Knochen repräsentativ sind (Iwaniec et al. 1998). Da die HMM Untersuchung an den seitlichen Bereichen des Knochens stattfinden soll (Ahlquist – Damsten 1969, vgl. Bouvier – Ubelaker 1977, Stout – Gehlert 1980, Stout 1992), kann vermutet werden, dass eine leichte Verlagerung der ausgewählten Untersuchungsstelle nicht zu einer Verfälschung des Ergebnisses führt.

Pathologisch veränderte Knochen sollten nicht zur HMM Altersbestimmung herangezogen werden. Bei vielen pathologischen Prozessen werden die Dichte sowie die Beschaffenheit des Knochengewebes beeinträchtigt (z.B. Entzündungen, Tumore, vgl. Schultz 1986, 1986, 2001, Stout – Gehlert 1979 u.a., metabolische sowie hormonelle Krankheiten, vgl.

Hahn et al. 1974, Stout – Teitelbaum 1976, Weinstein et al. 1981), im Sinne einer Rarefizierung oder auch einer Verdichtung des Gewebes. Dies führt zu einer abweichenden Altersbestimmung. Die Kombination mehrerer Methoden der Altersbestimmung kann in einigen Fällen auch zu einer zuverlässigeren Diagnose beitragen.

Osteoporotische Veränderungen des Knochens führten in 100% der untersuchten Fälle mit bekanntem Sterbealter zu einer Unterschätzung der HMM Altersbestimmung (vgl. Kap. 9.3.6. *Rezentes Knochenmaterial*). Somit ist anzunehmen, dass auch im Fall der archäologischen Knochen die Knochenfragmente, die Osteoporose aufgewiesen haben, bei der Altersbestimmung das Alter unterschätzt wurde. Die Knochen, die mit der HML-Untersuchung als älter als (55) 60 Jahre bestimmt worden sind, d. h. bei denen die Merkmale einer altersbedingten Osteoporose beobachtet wurden (6 Fälle beim Gräberfeld Očkov, 6 Fälle beim Gräberfeld Šitbořice, 1 Fall beim Gräberfeld Oerlinghausen), unterscheiden sich in den mikroskopischen Untersuchungsergebnissen. Alle diese Fälle sind histomorphologisch wahrscheinlich richtig als spätmatur oder eher senil bestimmt worden, während die histomorphometrische Untersuchung ein geringeres Alter zwischen 20 und 55 Jahren lieferte, je nachdem, wie stark das Knochengewebe rarefiziert und wie fortgeschritten die Auflockerung des Gewebes waren. Dies bestätigen auch die Ergebnisse der HMM-Untersuchung der Knochen der Individuen mit bekanntem Sterbealter, die bei der HMM sämtlich deutlich jünger eingeschätzt wurden. Die detaillierten Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, dass auch in den Bereichen, die scheinbar von der Osteoporose nicht betroffen waren (fast keine vergrößerten Lakunen und/oder erhöhte Anteile der Tangentiallamellen), die Anzahl der Osteone und der fragmentierten Osteone vermindert ist.

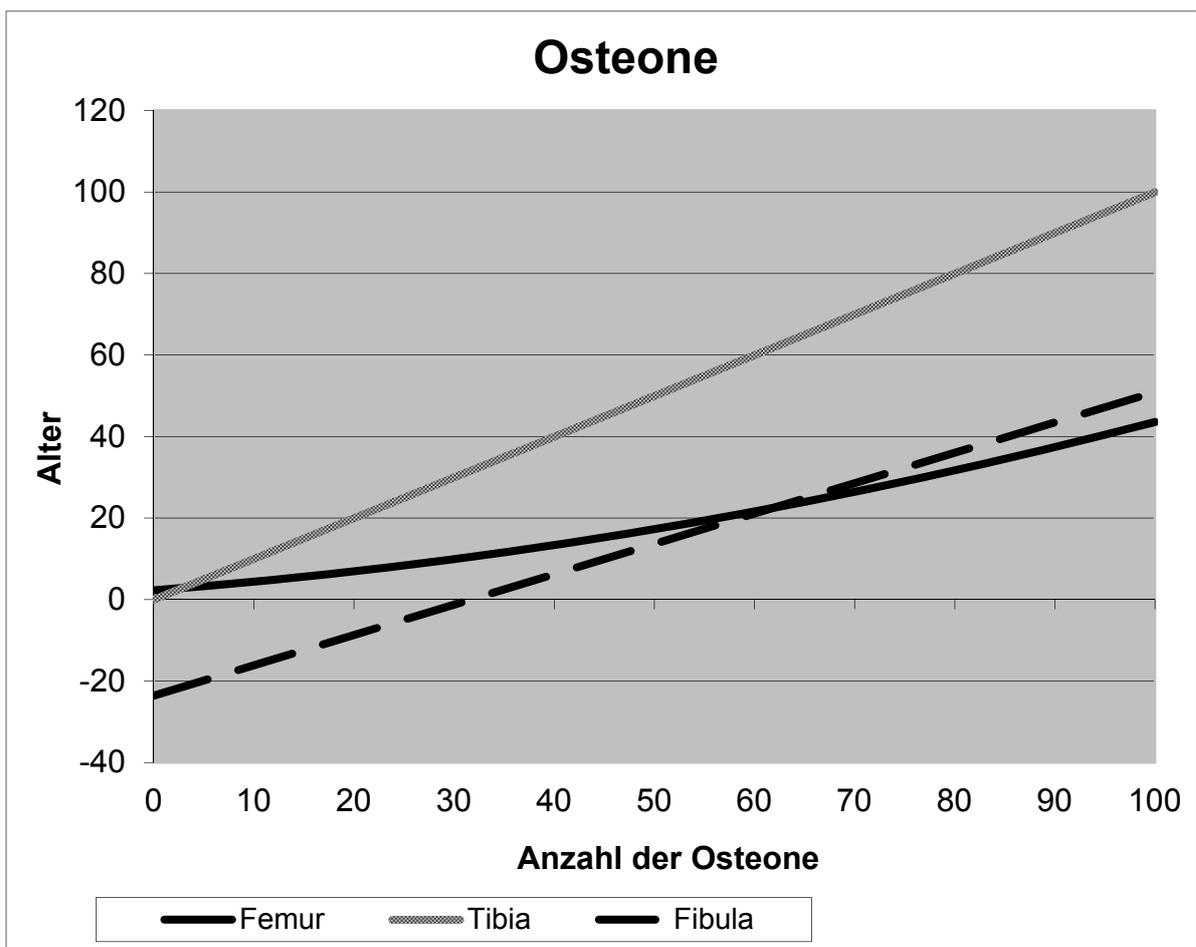
Schwierigkeiten bereiten auch die Knochen der nicht erwachsenen Individuen. Die Größe der Knochen spätkindlicher oder juveniler Individuen ist (besonders im fragmentierten, verbrannten Zustand) häufig von den Knochen grazieller Erwachsenen nicht zu unterscheiden. Auch im mikroskopischen Bild sind die Strukturen der Knochen der juvenilen Individuen oft den Knochen der jungen Erwachsenen sehr ähnlich. Die HMM Altersbestimmung liefert in diesen Fällen häufig eine Überschätzung des Alters. Dies ist in einem erhöhten Umbau („turnover“) der wachsenden Knochen begründet, der zu einer Erhöhung der Anzahl der Osteone und fragmentierten Osteone und somit zu einer höheren Altersschätzung führt. Häufig wurden auf diese Weise Knochen, die eindeutig von juvenilen Individuen stammten (offene Wachstumsfugen bei den makroskopischen Untersuchungen nachgewiesen), in den Altersbereich

von 25-35 Jahren eingestuft. Diese Abweichungen sind bei vier Fällen vom Gräberfeld Očkov und bei zwei Fällen vom Gräberfeld Oerlinghausen nachgewiesen worden. Die makroskopische Altersbestimmung anhand der üblichen Wachstumsmerkmale ist im Fall subadulter Individuen eine zuverlässigere Methode als die histologische Untersuchung. Der mikroskopischen Auswertung sollte also in dieser Altersklasse nicht zu viel Bedeutung beigemessen werden.

Osteone sind Gefäßkanäle, die mit konzentrischen sekundären Knochenlamellen umgeben sind (sekundäres Knochengewebe). In Folge des Umbaus des Knochengewebes werden die älteren Osteone osteoklastisch abgebaut und an ihre Stelle werden durch Osteoblasten neue Osteone gebaut („Basic Multicellular Units“, „BMU“, Frost 1969). Die Anzahl der Osteone ist für die Altersbestimmung signifikanter, als der von Ahlquist – Damsten (1969) verwendete prozentuelle Anteil des Havers'schen Knochengewebes, welches keinen relevanten Zusammenhang mit dem Alter aufweist (Stanley 1986, Stout – Stanley 1991). Der Begriff der „vollständigen Osteone“ wird in der Literatur nicht einheitlich verwandt. Nach Kerley (1965) ist ein Osteon ein vollständiger Havers'scher Kanal mit mindestens 80% der umliegenden sekundären Lamellierung. Nach Ortner (1970) ist ein intaktes Osteon jedes Osteon mit einem komplettem Havers'schen Kanal. Wu et al. (1970) definieren Osteone als „Completely unremodeled osteons“ und Stout und Teitelbaum (1976) und Stout (1983) definieren intakte Osteone als solche mit mindestens 90% des nicht umgebauten Umkreises des Havers'schen Kanals. Als ein Osteon kann auch einfach ein Havers'scher Kanal mit den ihn konzentrisch umgehenden Knochenlamellen verstanden werden (Thompson 1978). Eine andere Definition eines Osteons ist auch ein vollständiger Havers'scher Kanal, ohne Rücksicht auf die Erhaltung der Lamellen (Burr et al. 1990, Ericksen 1980, Singh – Gunberg 1970). Bei der hier vorgelegten Untersuchung wurde die Definition nach Kerley (1965) beibehalten, d.h. ein vollständiger Havers'scher Kanal mit mindestens 80% der umliegenden sekundären Lamellierung.

Bei der Altersbestimmung anhand der Anzahl der intakten Osteone wird das Alter häufig unterschätzt. Der Grund dafür besteht darin, dass die Anzahl der Osteone nicht linear mit dem Alter wächst, sondern sich in Form einer flachen Parabel darstellt (schnellere Vermehrung in jüngeren Alter, langsamere im mittleren Alter und Verminderung der Anzahl im senilen Alter). Die Lebensaltersberechnung anhand der intakten Osteone erfolgt jedoch über eine annähernd lineare Funktion (Femur:  $\text{Alter} = 2,278 + 0,187x + 0,00226x^2$ ; Tibia:  $\text{Alter} = -13,4218 + 0,66x$ ; Fibula:  $\text{Alter} = -23,59 + 0,74511x$ ), wie die folgende Grafik 13 zeigt. Dies resultiert letztendlich in einer steigenden Divergenz innerhalb der Altersbestimmung (vgl. Kap. 9.3.6. *Rezentes Knochenmaterial* und 10.7. *Diskussion*). Der über die HMM-Altersbestimmung an

den verkohlten Brandknochen errechnete Wert, bei denen nur die Havers'schen Kanäle ausgewertet werden können, unterschätzt somit wahrscheinlich das tatsächliche Alter und liefert eher das Mindestalter des Individuums. Aus den Regressionsformeln geht gleichzeitig hervor, dass im Fall einer niedrigen Osteonenzahl bei der Tibia und der Fibula negative Werte auftreten können. Diese werden mit den Ergebnissen der übrigen drei Auswertungen (fragmentierte Osteone, Nicht-Havers'sche Systeme und die äußere Generallamelle) zu einem Durchschnittswert verrechnet, woraus sich eine niedrige Altersbestimmung bei subadulten Individuen ergibt, entsprechend einer geringen Osteonenzahl.



Grafik 13. HMM Auswertung, Anzahl der Osteone (Femur:  $\text{Alter} = 2,278 + 0,187x + 0,00226x^2$ ; Tibia:  $\text{Alter} = -13,4218 + 0,66x$ ; Fibula:  $\text{Alter} = -23,59 + 0,74511x$ ). Die Gesamtauswertung s. Band 2, Tabelle Methodik Kerley 1965.

Die fragmentierten Osteone (Schaltlamellen) verfüllen die Räume zwischen den Osteonen. Sie sind im mikroskopischen Bild als Reste ehemaliger konzentrischen Lamellensysteme (Osteone) meistens klar zu erkennen. Die Schaltlamellen sollten von den interstitiellen (bei jungen Individuen) und den Tangentiallamellen unterschieden werden, bei denen es sich

nicht um fragmentierte Osteone handelt. Die Unterschiede sind bei einigermaßen gut erhaltenem Knochengewebe im polarisierten Licht zu erkennen. Die Tangentiallamellen besitzen einen nur leicht konvexen Verlauf (entsprechend der Wölbung des gesamten Knochens), verlaufen parallel zueinander (die fragmentierten Osteone sind dagegen „konzentrisch“ angeordnet) und in ihrem Verlauf unterschiedlich breit. An verbranntem Knochengewebe kann häufig die Lamellierung aufgrund der Hitzebeschädigung nicht erkannt werden; die vermuteten Schaltlamellen können also nicht von den Tangentiallamellen getrennt werden. Daher wurden Fragmente häufig als „n.a.“ (nicht auswertbar) oder als „Nummer + n.a.“ (Anzahl der erkennbaren Fragmente ist nicht vollständig) klassifiziert. In diesen Fällen wird das berechnete Alter aufgrund der niedrigen, unvollständigen Anzahl der Fragmente das tatsächliche biologische Alter unterschätzen und als ein "Mindestalter" (mindestens X Jahre alt oder älter) in Klammern aufgeführt.

Die Nicht-Havers'schen Systeme sind Gefäßkanäle im Knochengewebe, die eine Lamellierung der sekundär gebildeten Knochenlamellen vermissen lassen. Diese können z.B. die Volkmann'schen Kanäle sein, die Äste der Arteriae nutritiae, oder im Knochengewebe eingemauerte subperiostale Blutgefäße, die durch später eingebaute Lamellen primäre Osteone bilden. Deren Häufigkeit nimmt mit steigendem Alter ab (Kerley 1965). Mit der Ausnahme der Knochen infantiler Individuen (Infans I), die zum größten Teil aus primären Osteonen bestehen, sind in histologischen Präparaten nur wenige Nicht-Havers'sche Systeme zu finden. Auch bei älteren, nicht erwachsenen Individuen besteht das Gewebe aus sekundären Osteonen; primäre Osteone sind selten.

Die äußere Generallamelle (GL) besteht aus einer Schicht Knochenlamellen direkt unter der Knochenhaut. Sie entsteht in Folge des apositionellen Wachstums des Knochens in der Jugend als neu angelegtes Knochengewebe und wird von endostal aus sekundär umgebaut. Somit werden zuerst die primären Osteone sowie später kontinuierlich die sekundären Osteone eingebaut und die ehemaligen Schichten der GL werden durch sekundäres Knochengewebe ersetzt. Mit dem Ende des Wachstums in frühadultem Alter beginnt also der Prozess der Verminderung der GL, der in der Regel im vierten Lebensjahrzehnt (ab etwa 35 Jahre) zu einer erheblichen Reduktion der Generallamelle führt, die dann im fünften Lebensjahrzehnt vollständig abgebaut wird (vgl. Schultz 1997a). Das altersabhängige Verschwinden der GL stellt ein Problem bei der HMM-Auswertung des Lebensalters dar. Die Gleichungen nach Kerley (Kerley 1965) geben das Alter, in dem die GL vollständig verschwindet, mit etwa 75 (Femur),

bzw. 80 Jahren (Tibia) (Kerley 1965, Kerley – Ubelaker 1978) an. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich diese Autoren nicht auf die "echte" GL sondern eher auf oberflächennah auftretende Tangentiallamellen beziehen. Nur in äußerst seltenen Fällen dürften sich geringe Reste der nicht umgebauten GL bis in diese Altersstufe erhalten. Das zweite Problem der HMM-Altersbestimmung an der GL ist die Auswertung des prozentuellen Anteils der GL. Diese Auswertung ist auch im Artikel von Kerley (1965), (s.a. Kerley – Ubelaker 1978) nicht definiert. Der einzige einigermaßen quantitativ fassbare Wert ist die Flächenbedeckung der Knochenoberfläche mit GL, d.h., der prozentuelle Anteil der Knochenoberfläche, der von einer GL überzogen ist. Die GL bedeckt aber im Regelfall die gesamte Oberfläche des Knochens und wird immer dünner (von innen her umgebaut), bis sie irgendwann komplett verschwindet. Die Spanne für die Altersbestimmung wäre dementsprechend zwischen ca. 40-50 Jahre zu legen. Die Stärke der Schicht der GL auf der Knochenoberfläche variiert dagegen in Abhängigkeit vom Alter, von dickeren Schichten in jüngerem bis zu einer dünneren GL in höherem Alter. Eine klare Definition, wie viel Mikrometer 100% der GL ausmachen, ist nicht möglich. Die Stärke variiert in verschiedenen Altersklassen, an verschiedenen Stellen des Knochenquerschnittes, sowie auch zwischen Individuen. Bei der Einschätzung, wie viel Prozent der GL auf der Oberfläche des untersuchten Fragmentes erhalten sind, handelt es sich folglich um eine subjektive, erfahrungsbedingte (und damit qualitative) Schätzung der untersuchenden Person, keinesfalls um eine wiederholbare, Beobachter-unabhängige Auswertung. Aus diesem Grund wurden in dieser Arbeit die Anteile der GL in zehnpromzentigen Schätzungen eingegeben. Weiterhin ist bei Leichenbränden die GL häufig postmortal beschädigt. Durch die Verbrennung, aber besonders durch Wassererosion der verbrannten Knochen werden die Oberflächen beschädigt; die GL ist entweder zerstört oder nur in Bruchteilen erhalten. Die HMM-Altersbestimmung anhand der Stärke der GL ist somit für Brandknochen nur dann geeignet, wenn die Knochen stark verbrannt sind (Stufe V nach Dokládál 1999) und kein wesentlicher Verlust durch Wassererosion zu erwarten ist.

### **Schlussfolgerung**

Die histomorphometrische Altersbestimmung an verbrannten Knochen erwies sich in dieser Untersuchung als eine Methode, die beim Beachten einiger Merkmale für die Auswertungen von verbrannten Skelettfunden als unterstützend, jedoch nicht entscheidend zu empfehlen ist. Ihre größte Schwäche liegt in der fehlerhaften Bestimmung von Osteoporose betroffene seniler Individuen, die aufgrund der niedrigen Häufigkeit der gezählten Strukturen die Kategorie Maturus „überspringen“ und in der Regel fälschlich als „adultus“ bestimmt werden.

Die HMM-Untersuchung darf nicht als die einzige Methode eingesetzt werden, da in einigen Fällen (nicht erwachsene Individuen, Altersosteoporose, pathologische Veränderungen) die veränderten Knochenstrukturen zu einem falschen Ergebnis führen können. In Kombination mit makroskopischen und histomorphologischen Altersbestimmungen kann sie aber als hilfreich betrachtet werden.

#### **10.4. Histomorphologische Altersbestimmung („Histomorphologie“ = HML) an Langknochen**

Die qualitativen Auswertungen der histomorphologischen Merkmale des kompakten Knochengewebes (nach Schultz, vgl. Schultz 1997a und 1997b) erwiesen sich als eine zuverlässige und vergleichsweise präzise Methode der Altersbestimmung. Bei ihrer Anwendung sind jedoch einige Schwierigkeiten festgestellt worden, die im Folgenden besprochen werden.

Das wesentlichste Problem ist die Wiederholbarkeit der Untersuchung. Im Vergleich mit den HMM-Untersuchungen, die vergleichsweise problemlos wiederholbar sind (es gibt jedoch auch in diesem Fall einige Schwierigkeiten: Die Auszählungen der sekundären Osteone wiesen keine statistisch relevanten Intra- und Interobservererrors auf, die Auswertung der fragmentierten Osteone und der nicht-Havers'schen Systeme weist kaum Intra-, jedoch klare Interobservererrors auf, Lynnerup et al. 1998), sind bei dieser Untersuchung deutliche „interobserver“ Abweichungen beobachtet worden. Die Auswertungen basieren auf der Erfahrung der untersuchenden Person, auf der Fähigkeit, verschiedene Strukturen aufgrund ihrer Morphologie zu differenzieren, die zwar ähnlich aussehen, aber einen anderen Ursprung haben. Somit können unerfahrene Beobachter beispielsweise die häufig auftretenden Schichten von Tangentiallamellen auf der endostalen, sowie auch seltener der äußeren Oberfläche des Knochens für Schichten der inneren, bzw. äußeren Generallamelle halten. Da diese in vielen Fällen in Folge osteoporotischer Prozesse entstehen (durch mangelnde Belastung des Knochens als Zeichen einer schwachen Inaktivitätsatrophie), werden die Knochenfragmente einem jungen (Vorhandensein einer inneren Generallamelle = bis höchstens 35 Jahre) Individuum zugeschrieben, das an einem osteolytischen Prozess, bzw. einer Osteoporose litt. Die Unterscheidung zwischen einer echten Generallamelle und einer Schicht von Tangentiallamellen ist anhand einiger Merkmale möglich (vgl. Kap. 9.2.), für einen in der Knochenhistologie unerfahrenen Beobachter aber fast unmöglich. Dies kann nur durch die Kontrolle eines erfahrenen Bearbeiters korrigiert werden, die Wiederholbarkeit der Untersuchung ausschließlich anhand schriftlicher Darstellung zeigt sich damit allerdings als nicht zufriedenstellend. Somit ist eine

umfangreiche fotografische Dokumentation, die als ein Atlas der Vergleichsdiagnosen dienen kann, wahrscheinlich die einzige Möglichkeit, dieses Hindernis zu überwinden.

Mit der Wiederholbarkeit der Untersuchung hängt auch das Problem der Auswertungen der Osteonengröße zusammen. Diese Auswertungen sind nicht quantifizierbar; die absoluten Werte (Größen) der einzelnen Osteonenklassen können nicht überzeugend festgestellt werden. Bei den Auswertungen handelt es sich nicht nur um die absolute Größe des Osteons, da diese aus erstens dem Durchmesser des Havers'schen Kanals und zweitens der Breite der konzentrischen Lamellen besteht. Da sowohl die Havers'schen Kanäle, wie auch die Ausprägung der Lamellierung bei jedem Osteon von seinem Alter abhängig sind, ist diese Auswertung mit Hilfe mehrerer Untersuchungen (mindestens vier Stellen pro Präparat und mindestens 100 Osteone pro Stelle) durchzuführen, um einen Mittelwert der Osteonengröße bei einem Individuum zu ermitteln. Die Größe der Havers'schen Kanäle (in den hier vorgelegten Katalogen als Lumen des Osteons bezeichnet) variiert weiterhin nicht nur bei verschiedenen Individuen, Altersklassen und Alter jeweiliger Osteone, sondern auch bei Autoren verschiedener Untersuchungen, die z.T. unsinnige Angaben liefern. So beträgt die Breite der Havers'schen Kanäle zwischen 0,015 mm (0,00016 mm<sup>2</sup> Fläche) bis zu vergrößerten, lakunenartigen Lumina des osteoporotischen Knochengewebes mit einem Durchmesser von 0,3 (0,07 mm<sup>2</sup> Fläche, Bertelsen – Clement – Thomas 1995), bzw. zwischen 26,82 und 59,66 µm beim Femur und zwischen 29,67 und 61,41 µm bei der Tibia (Singh – Gunberg 1970). Zwischen verschiedenen Populationen variiert die Größe des Kanals zwischen 0,05 mm und 0,127 mm (Thompson – Gunnes-Hey 1981). Sonstige Untersuchungen befassen sich in der Regel mit den Flächen der Osteone für die Zwecke der Altersbestimmung (z.B. Frost 1961, Currey 1964, Jowsey 1966, Singh – Gunberg 1970, Burr et al. 1990, Chan et al. 2007 u.a.) oder der Unterscheidung von menschlichen und tierischen Knochen (Hillier – Bell 2007). Allerdings kann nicht einmal der Durchmesser der Havers'schen Kanäle bei Brandknochen als quantifizierbare, messbare Variable gelten, da diese durch die Hitzeveränderungen oft deformiert sind und deren ursprüngliche Größe nur grob zu schätzen ist. Die Größe der Osteone setzt sich insgesamt aus der Größe des Kanals sowie der Stärke und Anzahl der konzentrischen Lamellen zusammen. Die Anzahl der Lamellen weist einen statistisch relevanten Zusammenhang mit dem Alter des Individuums (vgl. Singh – Gunberg 1970) auf; ihre Stärke variiert. Bei Brandknochen sind die Lamellen oft nicht erkennbar, oder nur unvollständig erhalten. Die Größe der Osteone kann nur anhand der im Regelfall erhaltenen und sichtbaren Zementlinie auf der Oberfläche des Osteons geschätzt werden. Eine Quantifizierung der Osteonengröße ist auch aufgrund der unregelmäßigen Formen der menschlichen Osteone schwierig, da nur die

wenigsten eine runde Form aufweisen. Somit ist ein Katalog der Abbildungen mit typischen Vertretern der jeweiligen Klassen (dargestellt im Kap. 9.2) die einzige Möglichkeit, den Leser mit den wichtigsten Merkmalen dieser Altersbestimmung bekannt zu machen. Anhand dieser Kataloge können auch die weniger erfahrenen Untersucher die Methode verwenden. Empfohlen wird, sich bereits vor der eigentlichen Untersuchung möglichst viele histologische Präparate der betreffenden Population anzuschauen und sich damit einen Überblick über die mikroskopische Struktur und (im Fall von Leichenbränden) die postmortalen Veränderungen zu verschaffen. Mit Hilfe der vorliegenden Auswertungen und Abbildungen in dieser Arbeit können dann die beobachteten Strukturen ungefähr den Altersklassen zugeordnet werden. Zusammen mit den Auswertungen der Generallamellen bzw. der altersbedingten Osteoporose können auch von weniger erfahrenen Beobachtern relativ präzise Altersschätzungen gemacht werden.

Die Anzeichen einer altersbedingten Osteoporose deuten auf ein Alter von mindestens spätmatur bzw. eher senil hin. Vergrößerte Lakunen, eine verminderte Anzahl von Osteonen und ein erhöhter Anteil der Tangentiallamellen lassen sich in manchen Fällen nur schwer von Anzeichen krankhafter Prozesse unterscheiden (s. oben, vgl. Kap. 9.2.). Die Abbildungen und Beschreibungen im Kap. 9.2. und in den Katalogen dieser Arbeit sollten helfen, die verschiedenen Varianten, die bei den Brandknochen beobachtet wurden, zu unterscheiden. Bei Untersuchungen fragmentierter Knochen aus Brandgräbern ist zu empfehlen, die Altersdiagnose bei einer festgestellten Osteoporose auf (55) 60 + Jahre zu setzen. Aufgrund der durch Hormone gesteuerten, unterschiedlichen Stoffwechsellage (hier: Knochenwachstum, Knochenumbau in Abhängigkeit von körperlicher Aktivität) bei Mann und Frau (z.B. Klimakterium) können solche Veränderungen ab einem unterschiedlichen Alter auftreten und folglich ist keine genauere Einteilung zu treffen. Die Verteilung osteoporotischer Veränderungen bei den Individuen mit bekanntem Sterbealter zeigt die Tendenz, dass im ventralen Bereich der Femora die Knochenrarefizierung deutlich stärker ist als an den seitlichen Vierteln des Knochens sowie an der Linea aspera (vgl. Kataloge). Bei vollständigen Knochen ist es somit möglich zu bestimmen, wie stark die Osteoporose im gesamten Knochenquerschnitt fortgeschritten ist. Bei fragmentierten Knochen ohne genauere Bestimmungsmöglichkeit, ob es sich um den vorderen oder seitlichen Bereich handelt kann dies nicht unterschieden werden. Folglich kann die bei den vollständig erhaltenen Knochen verwendete Unterscheidung zwischen den Altersklassen von (55-65), (65+), bzw. (70) 75+ Jahren im Falle stark fragmentierter Knochen nicht verwendet werden. Die sichere Diagnose einer altersbedingten Osteoporose bietet trotzdem eine

relativ präzise Altersbestimmung bei Leichenbränden, die mittels anderer Methoden nicht zu erreichen ist.

### **Schlussfolgerung**

Die Altersschätzungen anhand der histomorphologischen Merkmale erwiesen sich als zuverlässige Methode für Untersuchungen sowohl der Individuen mit bekanntem Sterbealter, deren komplette, unbeschädigte Knochen ausgewertet werden konnten, als auch bei fragmentierten und hitzebedingt beschädigten Knochen aus Brandgräbern. Der Nachteil der Methode, eine nicht gegebene Wiederholbarkeit ohne Anleitung erfahrener Forscher, kann z. T. durch die in dieser Arbeit vorhandene Beschreibung der Merkmale kompensiert werden. Eine Schwäche dieser histologischen Methode kristallisierte sich bei den subadulten Individuen heraus, da bei den Knochen mit einem hohen „turn-over“ (schneller Umbau der wachsenden Knochen) im histologischen Bild schwer zu interpretieren ist, ob es sich um ein spätes Infans, Juvenis oder frühes Adultus handelt. In diesem Bereich sind die makroskopischen Methoden anhand der üblichen morphologischen Merkmale der Skelettreifung (Entwicklung der Zähne, Epiphysenverschluss usw.) den histologischen überlegen. Eine histologische Untersuchung besonders der makroskopisch als „erwachsen“ bestimmten Individuen im kritischen Vergleich ist jedoch zu empfehlen.

### **10.5. Altersbestimmung an Rippen und ihre Anwendungsmöglichkeit für Brandknochen**

Die Untersuchung von Rippenfragmenten lieferte völlig unglaubwürdige Ergebnisse (vgl. Kap. 9.3.4.4.). Die fehlerhafte Auswertung ist vermutlich durch mehrere Gründe bedingt, die hier angesprochen werden.

Die originale Methode ist für die sechste Rippe links und das linke Schlüsselbein entwickelt worden. Diese ist bei unverbranntem und gut erhaltenem Knochenmaterial prinzipiell problemlos möglich, doch bereits bei stark fragmentiertem Material können Schwierigkeiten auftreten. Für verbranntes Knochenmaterial mit sehr starkem Fragmentierungsgrad stellt eine sichere Bestimmung und Identifikation der sechsten Rippe ein nahezu unlösbares Problem dar, auch die Identifizierung des Schlüsselbeins war unmöglich. In einigen Fällen sind sogar trotz sorgfältiger makroskopischer Untersuchung Fragmente anderer Knochen für Rippen gehalten worden (von insgesamt 13 für die histologische Untersuchung ausgesuchten Fragmenten stammten vier nicht aus Rippen). Die funktionelle Belastung des Brustkorbes und die ontogenetische Entstehung der Rippen lassen vermuten, dass in der mikroskopischen Struktur nur minimale Unterschiede zwischen den mittleren Rippen bestehen. Diese Vermutung wurde

vom Verfasser der originalen Methode in späteren Untersuchungen geäußert, allerdings wahrscheinlich ohne weitere Untersuchungen vorgenommen zu haben. Die erste, zweite und zwölfte Rippe sind für eine Untersuchung ungeeignet (vgl. Stout – Lueck 1995), und auch die elfte Rippe sollte nicht herangezogen werden.

Die Probe sollte jeweils vom mittleren Drittel der Rippe entnommen werden. Im Fall von fragmentiertem Material aus Brandbestattungen ist eine zuverlässige Einhaltung dieser Bedingung kaum zu realisieren.

Bei der Methode nach Stout und Paine (1992) wird ein Dünnschliff vom gesamten Knochenquerschnitt untersucht, was im Fall der Leichenbrände nach unseren Verfahren in mindestens 90% der Fälle nicht möglich ist. Durch den Hitzestau im inneren der Knochen während der Verbrennung werden die Rippen häufig im Bereich beider *Margines costales* gesprengt und fallen auseinander.

Eine zuverlässige makroskopische Identifikation des Schlüsselbeins von anderen Knochen (vor allem Unterarm, aber auch z.B. *Metacarpalia*, *Metatarsalia*) ist im üblicherweise stark fragmentierten Leichenbrand nur ausnahmsweise möglich. Weiterhin fordert auch diese Untersuchung einen Dünnschliff durch den gesamten Knochenquerschnitt.

Weder im originalen Artikel (Stout – Paine 1992) noch in zusammenfassenden Publikationen derselben Verfasser (vgl. Stout 1989; Stout 1992; Stout – Lueck 1995; Stout – Porro – Perotti 1996) wird eine konkrete Anzahl der untersuchten Felder und ihre Verteilung innerhalb der Rippen- und Schlüsselbeincompacta beschrieben. Stout – Paine 1992, 112: „1. Cortical area: the sum of the areas of cortical bone contained within all of the microscopic fields examined per bone.“ Die Gleichungen der Altersbestimmung werden aber anhand der durchschnittlichen Anzahl der Osteone und der fragmentierten Osteone pro Quadratmillimeter durchgeführt. Dieses lässt vermuten, dass es sich um den gesamten Knochendünnschliff handeln sollte. Eine genaue Bestimmung der gesamten Fläche der Compacta ist aber ohne Einsatz einer Software für „shape analysis“ und dementsprechend auch einer Digitalisierung des gesamten Bildes des Präparats nicht möglich. Die Auswertung des „Gitternetzes“, einer abwechselnde Untersuchung der Vierecke innerhalb der gesamten Corticalis (vgl. Stout et al. 2008), ist ohne spezielle Ausrüstung (ein quadratisches Raster im Okular des Mikroskops) und eine Software, die bei dieser Untersuchung nicht zur Verfügung stand, nicht möglich. Die Corticalis von Rippen erfüllt aber in verschiedenen Teilen eine unterschiedliche Funktion. An den *Margines* sind die intercostalen Muskeln befestigt, was auch eine unterschiedliche mikroskopische Struktur der Gewebe erwarten lässt. Aufgrund dieser Tatsache wurden bei dieser Untersuchung die Messungen in sechs Feldern durchgeführt: Einmal in jedem Bereich der Mus-

kelansätze (cranialer und caudaler Rand der Rippe) und jeweils zweimal in der Compacta im Bereich der inneren (endothoracalen) sowie äußeren (exothoracalen) Oberfläche. Hiermit wird auch ungefähr eine relativ gleichmäßige Verteilung der funktionell unterschiedlich belasteten Knochengewebe gewährleistet.

Wie andere histomorphometrische Verfahren auch, sind offenbar bei dieser Methode systematische und vermutlich unvermeidbare Fehler vorhanden. Das Alter älterer Individuen wird grundsätzlich stets unterschätzt. Die OPD (Anzahl der intakten und fragmentierten Osteone pro Flächeneinheit) erreicht ihre Asymptote, und zwar bei Rippen und Schlüsselbeinen bereits im Alter Frühmatur (vgl. Stout – Porro – Perotti 1996, 142). Die Methode zur histomorphometrischen Altersschätzung an Rippe und Schlüsselbein erfährt hierdurch folglich eine stärkere Limitierung als die Methode nach Kerley (1965) und Kerley – Ubelaker (1978) (vgl. Stout 1982).

Die Ergebnisse zeigen weiterhin eine technische Begrenzung der Methode. Die Corticalis der Rippe ist in vielen Fällen für eine Untersuchung bei niedrigerer Vergrößerung (100x, 150x) nicht verwendbar. Die Corticalis der verbrannten Rippen ist häufig zu dünn und es lässt sich kein Feld finden, in welchem die Corticalis die gesamte Fläche des Sichtfeldes füllt. Dasselbe Problem ist teilweise auch bei der Untersuchung mit 25x Objektiv (312x Vergrößerung) aufgetreten, einige der Auswertungen sind sogar mit dem 40x Objektiv (500x Vergrößerung) durchgeführt worden. Diese Auswertungen liefern einen extrem hohen Korrekturfaktor (KF), um die Größen des Sichtfeldes auf  $1 \text{ mm}^2$  umzurechnen (KF 4,065x bei 312x Vergrößerung, KF 9,26x bei 500x Vergrößerung). Schon die Vergrößerung von 312x kann jedoch nicht mehr zuverlässige Ergebnisse liefern, da das Sichtfeld nur eine sehr kleine Größe hat ( $0,246 \text{ mm}^2$ ) und die beobachteten Strukturen unter einem starken Einfluss der Hochrechnung der erwarteten Anzahl pro Quadratmillimeter stehen. In unserem Fall bedeutete jede im Feld beobachtete Struktur vermutlich ca. 4 Strukturen derselben Art im Durchschnitt pro Quadratmillimeter. Ein Feld, das sich möglichst einem Quadratmillimeter nähert, um die mathematische Umarbeitung minimieren zu können, ist empfehlenswert. Dieses ist jedoch aufgrund technischer Bedingungen nur schwierig zu erreichen ( $1,697 \text{ mm}^2$  bei 125x Vergrößerung mit dem 10x Objektiv und  $0,246 \text{ mm}^2$  bei 312x Vergrößerung mit dem 25x Objektiv) und kann auch, wie oben bereits erwähnt, Probleme bei der Auswertung liefern.

Die Verbrennung der Knochen liefert zusätzlich ein weiteres Problem. Eine zuverlässige Auswertung bieten nur die intakten Osteone. Die genaue ursprüngliche Anzahl fragmentierter Osteone kann häufig nicht bestimmt werden. Dieses setzt den gesamten Wert jedes

Feldes herab und beeinflusst dementsprechend auch das endgültige Ergebnis. Das geschätzte Alter muss unter diesem Gesichtspunkt als „Mindestalter“ betrachtet werden.

### **Schlussfolgerung**

Die Methode der histomorphometrischen Altersbestimmung anhand von Rippe und Schlüsselbein (Stout – Paine 1992) kann aufgrund der oben beschriebenen Beobachtungen nicht für die Untersuchungen des Lebensalters von Individuen aus Brandgräber empfohlen werden.

### **10.6. Altersbestimmung anhand der Zahnzementannulation**

Die Methode stammt ursprünglich aus zoologischen Untersuchungen von Wildtieren (vgl. Großkopf 2004); ihre Anwendung für menschliche Zähne wurde an Zähnen mit bekanntem Individuenalter überprüft (vgl. Zusammenfassung in Wittwer-Backofen et al. 2004, vgl. Lieberman 1994, Schröder 2000). Die Anwendbarkeit für Zähne von archäologischen Skelettfunden, auch für verbrannte Zähne, stellte Großkopf (Großkopf 1989, 1990, Großkopf – Hummel 1992) fest. Die Abweichung der Altersbestimmung durch verschiedene Einflüsse (Zahndurchbruch, umweltbedingte Wirkungen) beträgt nach verschiedenen Autoren zwischen  $\pm 2,5$  Jahren (Wittwer-Backofen et al. 2004) und  $\pm 3,23$  Jahre (Großkopf 1990). Die Methode soll zuverlässige Ergebnisse liefern, nur in der Kategorie der Frauen über 70 Jahre ist eine unterschätzende Tendenz zu beobachten (Wittwer-Backofen et al. 2004). Eine abweichende Anzahl der Zahnzementringe bei einer Untersuchung im bukkalen, lingualen, distalen und mesialen Bereich führte Renz und Radlanski (2006) zu Zweifeln über eine sichere Korrelation der Zahnzementringe mit dem Individualalter.

Die Zahnzementzuwachsringe stellen die äußere Schicht des Zahnzements dar und werden in histologischen Dünnschliffe mit 70-80  $\mu\text{m}$  bei einer Vergrößerung von 200-400x (Wittwer-Backofen et al. 2004), bzw. 50-100  $\mu\text{m}$  bei 200x Vergrößerung (Großkopf 2004) untersucht. Der erste sichtbare Ring entspricht dem Zahndurchbruch, alle weiteren Ringe werden dann jährlich angelegt. Das Lebensalter ergibt sich also aus der festgestellten Anzahl an Zahnzementringen im azellulären Zement zuzüglich dem Zahndurchbruchsalter. Eine bisher ungeklärte Frage betrifft das verdoppelte Auftreten der Ringe, d.h. die Entstehung von zwei Ringen pro Jahr (Kagerer 2000, vgl. Großkopf 2004), die von der Struktur her von den einzeln pro Jahr wachsenden Ringe nicht zu unterscheiden sind. Die Methode ist somit nicht allein ohne Vergleich mit anderen Altersbestimmungen zu verwenden (vgl. Großkopf 2004).

Bei verbrannten Zähnen fehlen in den meisten Fällen die Zahnkronen und eine eindeutige Identifikation der Zähne ist oft nicht möglich. Eine Unterscheidung, ob es sich um z.B. I1 oder C, bzw. M1 oder M2 handelt, ist aufgrund der nicht vorhandenen Zahnkronen nicht möglich und die Feststellung des Durchbruchalters ergibt sich somit als mit einer größeren Variablen belastet, als bei vollständigen Zähnen, die sich relativ präzise bestimmen lassen (in ca.  $\pm 24$  bis  $\pm 30$  Monate, vgl. Ubelaker 1978). Bei unvollständigen verbrannten Zähnen muss das Durchbruchalter breiter erfasst werden, z.B. bei einer Zahnwurzel, die von I1 oder C stammen könnte, dann zwischen 7 Jahre  $\pm 24$  Monate bis 11 Jahre  $\pm 30$  Monate (vgl. Ubelaker 1978). Bei den ersten und zweiten Molaren beträgt dieser Unterschied bis 5,5 Jahre, wobei allerdings vereinzelt vorliegende Molarenwurzeln der oberen M1, M2 und M3 nicht immer zu unterscheiden sind und Molarenwurzel deshalb generell für die Untersuchung nicht verwendet werden (Großkopf 2004). Für eine zuverlässige Auswertung der Zahnzementringe an den Zähnen aus Brandgräbern benötigt man große Serien von Dünnschliffen (bis zu 15-20 Dünnschliffe pro Zahn, Großkopf, mündl. Mitt., vgl. Großkopf 2004, 59), damit möglichst viele Ebenen des Zahnzements angesehen werden und die besser erhaltenen Stellen erfasst werden können. Die Erhaltung der Zahnzementschicht in den verbrannten Zähnen ist oft unvollständig, in den meisten Fällen sind entweder gar keine oder nur wenige Schichten (meistens die mittleren, von der Oberfläche weiter entfernten) nachweisbar. Deshalb benötigt man möglichst viele Dünnschliffe, in der Hoffnung, nicht beschädigte Stelle zu finden.

Die Altersbestimmung anhand der jährlich zuwachsenden Zementringe auf der Oberfläche der Zähne ergab sich in dieser Untersuchung als nicht geeignet. Bei den verbrannten Zähnen, die sehr oft nur in kleinen Fragmenten vorliegen, ist die Herstellung der Serien von histologischen Präparaten mit Hilfe der von uns verwendeten Methode (Plastination, vgl. Kap. 5. *Methoden*) nicht möglich. In dieser Arbeit wurde versucht, die niedrigere Anzahl der Dünnschliffe pro Präparat durch die hohe Qualität der polierten plastinierten Dünnschliffe zu ersetzen, die bessere Aussagemöglichkeiten anbieten. Dies ist nicht gelungen, die Zahnzementringe sind auch in diesen Präparaten nicht besser zu finden. Eine Verbesserung der Aussagefähigkeit könnte bei den verbrannten Zähnen nur die von Großkopf (2004) empfohlene große Serien von Dünnschliffen liefern. Von Maat et al. (2006b) wurde eine Anpassung der Dünnschliffebenen dem Verlauf der Zahnzementringe folgend empfohlen, damit die schräg verlaufenden Schichten des Zahnzements die sichtbaren Linien durch eine Superposition nicht verwischen. Die Zementringe repräsentieren Zementhüllen, die kegelförmig um die Längsachse des Zahns verlaufen. Ein zu untersuchender Zementring muss also eigentlich rechtwinklig zur Verlaufsrichtung der kegelförmigen Zementhülle verlaufen. Dieses Verfahren ist

bei verbrannten Zähnen nur dort hilfreich, wo die Ringe des Zahnzements überhaupt erhalten sind. Bei Untersuchungen verbrannter Zähne sollte gründlich unterschieden werden, ob alle Zahnzementzuwachsringe zu sehen sind, oder ob z.B. ein Teil der Schicht keine Ringe aufweist (vgl. Kataloge). Auch unvollständig erhaltene Ringe in der Zahnzementschicht sind als ein wertvoller Nachweis für das Mindestalter zu sehen, nämlich als das minimal erreichte Lebensalter des Individuums.

In dieser Untersuchung sind acht Zähne aus den Gräbern des Gräberfeldes aus Oerlinghausen untersucht worden, mit Hilfe von insgesamt 14 hergestellten histologischen Dünnschliffen. Das erste bearbeitete histologische Präparat (Oer II 19, C, 4 Dünnschliffe, 18 Ringe sichtbar, Mindestalter 28-30) bot mit der kompletten Wurzel eines Eckzahns genügend Knochenmaterial, um mehrere Versuche der Präparatherstellung auszuprobieren. Ein nicht geschliffener und unpolierter Dünnschliff einer Stärke von 70  $\mu\text{m}$  ist vorbereitet worden, um Knochenmaterial zu sparen und so die Herstellung mehrerer Präparate pro Zahnwurzel zu ermöglichen. Die Arbeitshypothese lautete, dass das Epoxydharz Biodur, welches sowohl zum Plastinieren der Präparate als auch zum Aufkleben der Präparateblöcke und eindecken der fertigen Schliffe verwendet wird, Sägespuren verfüllen würde und etwaige Kratzer deshalb keinen wesentlichen Einfluss auf die Aussagekraft des Dünnschliffes haben. Dieses Experiment erwies sich als nicht erfolgreich. Die unpolierte Oberfläche des Dünnschliffes enthält nach dem Zusammenschluss von Grund- und Deckglas diffuse Luftblasen, die die histomorphologischen Strukturen verschwimmen lassen (s. Katalog der histologischen Präparate). Eine Auswertung ist dadurch nicht möglich. Dies entspricht der Erfahrung der Präparathersteller (M. Brandt, mündl. Mitt.) und belegt die Notwendigkeit des Polierens der plastinierten Präparate. Gleichzeitig bedeutet es aber, dass für die plastinierten Präparate eine Herstellung großer Serien an Dünnschliffen pro Zahn unmöglich ist, allein durch die höheren Ansprüche an Knochenmaterial pro Dünnschliff, von dem hohen Arbeitsaufwand abgesehen. Ein anderer Dünnschliff dieses Zahns ist in einer Stärke von etwa 130  $\mu\text{m}$  vorbereitet worden. Die Arbeitshypothese lautete, dass in einem gemäß dem Verlauf der Schichten des Zahnzements (s. oben, vgl. Maat et al. 2006b) angelegten Dünnschliff die Überlagerung durch die größere Masse des Zahnzements eine bessere Darstellung der Zuwachsringe bewirken könnte. Dies ist leider nicht der Fall. Die Masse des Zahnzements in dieser Stärke ist für die Lichtquelle eines Mikroskops (Mikroskope Universal, PhoMi I und II Zeiss und Leica DM-RXP) fast undurchsichtig und die dargestellten Strukturen besitzen eine nicht ausreichende Auflösung. Dabei handelte es sich um das vergleichsweise am besten erhaltene Zahnpräparat, da bei den zwei weiteren Präparate, welche von dieser Zahnwurzel hergestellt werden konnten, maximal 18

Zuwachsringe gefunden wurden, was zusammen mit dem Durchbruchalter ein vermutetes Mindestalter des Individuums von etwa 28-30 Jahre ergibt. Ein Präparat (Oer III 4, M1/2 oben, 1 Dünnschliff) ergab anhand der minimal erhaltenen Menge des Zahngewebes einen vergleichsweise viel zu dünnen Dünnschliff (30-40  $\mu\text{m}$ ), diese Stärke ermöglicht keine zuverlässige Auswertung (vgl. Kataloge). Die Anzahl der Präparate, die mittels Plastination von einer einzigen Zahnwurzel möglich sind, ist somit auf keine Weise zu erhöhen. Nach diesen Erfahrungen wurden die Dünnschliffe der restlichen Präparate standardmäßig (vgl. Kap. 5. *Methoden*) in den Stärken 50 und 70  $\mu\text{m}$ , bzw. 60  $\mu\text{m}$  (wenn die Erhaltung des Zahnwurzel-fragments keine zwei Präparate ermöglichte) angefertigt. Auf diese Weise wurde von vier Präparaten jeweils ein Dünnschliff und von drei Präparaten jeweils zwei Dünnschliffe hergestellt. Ein Präparat (Oer II 13, I/C/P, 1 Dünnschliff) zeigte sich als für eine Altersbestimmung nicht geeignet, da sich die Oberfläche der Zahnwurzel durch Hyperzementose bedingt als pathologisch verändert erwies. Dieser pathologische Prozess, der mit einem Abszess im Kiefer in Verbindung zu bringen ist (vgl. Kap. 9.4. *Paläopathologische Untersuchung*), führte zur Veränderungen des Zahnzements und zu einem unregelmäßigen Aufbau der Linien. Die derart pathologisch veränderten Präparate sind von der Untersuchung auszuschließen. Die Zahnzementzuwachsrings sind bei insgesamt drei Präparaten beobachtet worden (Oer II 10/10a, I1/C, 1 Dünnschliff, 6 Ringe sichtbar, Mindestalter 13-17; Oer II 18, M1/2 unten, 2 Dünnschliffe, 12 Ringe sichtbar, Mindestalter 18-24; Oer II 19, C, 2/4 Dünnschliffe, 18 Ringe sichtbar, Mindestalter 28-30). Bei allen diesen Präparate war die Anzahl der Ringe offensichtlich unvollständig (vgl. die mikroskopischen Kataloge); nur ein Teil der Ringe war erhalten. Das berechnete Alter ist somit als Mindestalter zu betrachten und in die abschließende Auswertung des Alters der Individuen dieses Gräberfeldes wurde es nicht herangezogen. Die restlichen vier Präparate (Oer II 11, I, 2 Dünnschliffe; Oer II 11, M1/2 unten, 2 Dünnschliffe; Oer III 4, M1/2 oben, 1 Dünnschliff; Oer III 15, C, 1 Dünnschliff) erwiesen sich als nicht geeignet für eine zuverlässige Auswertung, da keine erhaltenen Zahnzementzuwachsrings zu finden waren. Bei fünf von insgesamt 14 Dünnschliffen (36%) sind Reste der Zuwachsrings identifiziert worden, wobei keines der Präparate vollständig erhaltene Zahnzementringe aufwies. Bei acht von 14 Präparaten (57%) sind keine Zuwachsrings nachgewiesen worden. Bei einem Präparat (7%) verhinderte eine pathologische Veränderung eine glaubwürdige Altersbestimmung.

## **Schlussfolgerung**

Die Altersbestimmung anhand der Zahnzementzuwachsringe auf der Oberfläche der Zahnwurzel ist eine Methode, die in Kombination mit anderen Methoden wertvolle Hinweise zur Altersbestimmungen beitragen kann, insbesondere hinsichtlich eines Vergleichs von biologischem und chronologischem Individualalter (vgl. Großkopf 2004). Als alleinige Altersdiagnose ist sie nicht anzuwenden, da Phänomene wie das „Doubling“ (vgl. Großkopf 2004, Kagerer 2000) oder eine abweichende Anzahl der Zahnzementringe an unterschiedlichen Stellen eines Zahnes (vgl. Renz – Radlanski 2006) nicht ausgeschlossen werden können, die ein fälschlich zu hohes bzw. zu niedriges Alter ergeben würden. Bei verbrannten Zähnen ist die Einsetzung dieser Methode durch die häufig schlechte Erhaltung nur begrenzt möglich und verlangt einen höheren Aufwand an histologischen Untersuchungen, welcher in Kombination mit der Verwendung plastinierter Präparate aus methodischen Gründen nicht möglich ist.

### **10.7. Altersbestimmung an Knochen von Individuen mit bekanntem Alter**

Die HMM-Methoden (Kerley 1965, Kerley – Ubelaker 1978) sind nicht geeignet für Altersbestimmungen spätmaturer und seniler Individuen (vgl. Kap. 10.3., vgl. Stout – Gehlert 1980). In dieser Analyse an den Femorafragmenten von insgesamt 34 Individuen mit bekanntem Alter wurde die Anwendbarkeit der HMM-Methode und der HML-Methode (vgl. Kap. 10.4.) überprüft. Die HMM-Altersbestimmung erwies sich mit einer Abweichung von im Durchschnitt etwa 35 Jahre als völlig ungeeignet. Die Anzahl aller auszuwertenden Strukturen wird reduziert, selbst in Knochengewebe, in dem keine offenbaren Spuren einer Osteoporose nachweisbar waren (vgl. Kap. 9.3.6.1). Die relativ beste Korrelation (trotzdem mit einer durchschnittlichen Abweichung von 22 Jahren) mit dem Lebensalter wies die Auswertung fragmentierter Osteone auf; dies entspricht den Ergebnissen anderer Autoren (nach Stout – Gehlert 1980 ist in der Gruppe 60-102 Jahre die beste Korrelation bei den fragmentierten Osteonen der Fibula und des Femurs erreicht worden). Auch hier wurde eine bessere Korrelation der fragmentierten Osteone mit dem Alter bei jüngeren Individuen festgestellt. Die Abweichung wird in höherem Alter größer (vgl. Kap. 9.3.6.1). Somit ist die HMM-Methode für die Altersbestimmungen bei älteren Individuen unbrauchbar. Dies steht im Gegensatz zu den von Stout – Gehlert (1980) publizierten Ergebnissen, die die Methode für Individuen mit einem höheren Sterbealter für anwendbar halten, auch wenn sie für diese Gruppe die Methode von Ahlqvist und Damsten (1969) als besser geeignet empfehlen.

Die Ergebnisse der HML-Altersbestimmung (vgl. Schultz 1997a, 1997b) zeigten eine bessere Korrelation mit dem Alter. Fast drei Viertel (73,5%) der untersuchten Individuen sind korrekt altersbestimmt worden, entweder in die richtige Lebensdekade oder zumindest als „älter als 75 Jahre“. Die Osteoporose lässt sich zuverlässig nur in kompletten Präparaten nachweisen, die von vollständigen Querschnitten aus der Mitte eines Langknochenschaftes angefertigt worden waren, da die Verteilung der Osteoporose deutliche Unterschiede in den einzelnen Teilen des Knochens aufweist. Die am stärksten ausgeprägte Osteoporose ist im vorderen Drittel des Femurquerschnittes zu finden; das Knochengewebe ist hier am poröses-ten. Es wird bis auf eine schalenartige dünne Schicht auf der Oberfläche des Knochens abge- baut (s. Kataloge). Dies hängt mit der relativ niedrigsten biomechanischen Belastung dieses Teils des Knochens zusammen. In der Linea aspera sind die Spuren der Osteoporose deutlich, dies hängt offenbar mit einer Inaktivitätsatrophie der Muskeln, welche an der Linea aspera befestigt sind, zusammen. Diese Muskeln werden in höherem Alter weniger beansprucht, bzw. bei Individuen aus dem Bereich der heutigen Industrieländer (hier Deutschland) oftmals aufgrund eines längeren immobilen Zustandes vor dem Tod fast nicht mehr der Norm ent- sprechend beansprucht. Die beiden seitlichen Bereiche des Knochens zeigen den niedrigsten Grad der Osteoporose. Häufig ist hier keine Auflockerung sichtbar (vgl. Kataloge), was aber nicht bedeutet, dass die Wirkung der Osteoporose nicht auch hier präsent ist, wie die Erge- bnisse der Zählungen der HMM-Merkmale belegen (vgl. Kap. 9.3.6.1).

Einige der Individuen (insgesamt acht von 34, d. h. 23,5%) wurden in der HML Al- tersbestimmung unterschätzt, das biologische Alter der Knochen war niedriger als das tatsäch- liche Alter der Individuen. Dies liegt an einer schwachen Ausprägung der Osteoporose, wel- che als entscheidendes Kriterium der HML-Altersschätzung in diesen hohen Altersklassen dient (vgl. oben). Eins der Individuen (Gö 1661, männlich, 89 Jahre) weist sogar eine Kno- chenstruktur auf, die mittels HML auf 50-65 Jahre geschätzt wurde, d.h. eine Abweichung von immerhin 24-39 Jahren. Die Gründe dafür lassen sich nicht zweifelfrei erklären. Eine Überlegung wären die bei allen diesen Individuen beobachteten, etwas stärker als bei anderen Individuen ausgeprägten Muskelmarken. Es kann vermutet werden, dass diese Menschen (et- wa ein Viertel der untersuchten Population) intensivere körperliche Aktivitäten ausübten, was wiederum zu einer schwächeren Ausprägung der Osteoporose führte. Das Individuum mit sehr schwacher Osteoporose (Gö 1661) wies eine massiv aufgebaute Linea aspera, sogar mit Spuren einer Überbelastung in Form einer Myotendopathie, auf. Diese Hypothese hat ihren Schwachpunkt in der unmöglichen Unterscheidung, in welchem Lebensaltersabschnitt diese Muskelmarken angelegt wurden. Die massiven Muskelansätze können jederzeit während des

erwachsenen Lebens dieser Individuen aufgebaut worden sein; ihre Anwesenheit beweist keinesfalls körperliche Aktivität in einem Zeitraum von wenigen Jahren vor dem Tod. Eine schwache Osteoporose muss nicht unbedingt mit stärker ausgeprägten Muskelansätzen in Zusammenhang stehen. Der Zusammenhang zwischen der körperlichen Aktivität und der gering ausgeprägten Osteoporose ist äußerst wahrscheinlich, allerdings ohne eine breit angelegte Untersuchung der anamnesticen Daten der Probanden praktisch nicht durchführbar (Datenschutz, ethische Überlegungen). Bei jungen Männern zeigt sich die Muskelaktivität als wichtiger Faktor der Knochenstruktur (vgl. Thorsen et al. 1999). Die Unterschiede in der Ausprägung der Osteoporose zwischen Männern und Frauen (durch einen unterschiedlichen hormonellen Status, Übersicht vgl. Stini 2003, 67-68, Frieling – Kruse 1996, sowie mechanische und strukturelle Gründe, Seeman 1999) lassen sich auf der Grundlage dieser kleiner Stichprobe nicht überzeugend nachweisen.

Eines in der HML-Methode als jünger geschätzten Individuen (Gö 1687, männlich, 85 Jahre) war einer der beiden untersuchten Fälle mit einer Beinamputation. Der histologisch untersuchte Stumpf des rechten Oberschenkels wies Spuren einer starken Inaktivitätsatrophie auf (vgl. Kataloge). Die veränderte Belastung des Knochens führt auch in den Fällen, bei denen eine künstliche Prothese verwendet wird, zum Abbau des Knochengewebes (vgl. Lazenby – Pfeiffer 1993). Die extreme Osteoporose und Knochenrarefizierung des Stumpfes des rechten Femurs bei diesem Individuum lässt jedoch darauf schließen, dass der Knochen nur sehr wenig belastet wurde. Anders ist es beim kompakten Knochengewebe des anderen, linken Oberschenkels. Der Knochen weist nur minimale Spuren einer Osteoporose auf, das Individuum ist mit HML-Methode als jünger zu bewerten, nämlich zwischen 65-75 Jahren. Somit ähnelte dieses Individuum den anderen hinsichtlich ihres Alters unterschätzten Individuen. Die wahrscheinlichste Erklärung ist eine Überbelastung des verbliebenen Beins bei einem Menschen, der trotz der Amputation körperliche Anstrengungen nicht gemieden hat.

Das letzte Individuum, welches mittels der HML-Methode falsch bestimmt wurde, hatte ein höheres biologisches Alter, als das tatsächliche chronologische. Das rechte, amputierte Femur dieses Mannes (Gö 1686, 67 Jahre) wies in der mikroskopischen Untersuchung dieselben Merkmale auf wie der Knochen des Individuums Gö 1687: eine starke Knochenrarefizierung durch Inaktivitätsatrophie. Der gesunde linke Oberschenkel erwies sich von stark rarefizierter, osteoporotischer Beschaffenheit. Mit der HML-Methode wurde dieses Individuum einem Alter älter als 75 Jahre zugeordnet (vgl. Kataloge). Mit größter Wahrschein-

lichkeit handelte es sich in diesem Fall um eine genau umgekehrte Situation, als beim Individuum Gö 1687, nämlich um einen Mangel an Belastung des Knochens und daraus resultierender Inaktivitätsatrophie in dem nicht amputierten Femur und in Folge dessen einer viel zu hohen Wert nach der HML-Altersbestimmung.

Bei den Individuen mit künstlichem Hüftgelenk (Gö 1684 und 1704, beide männlich, 75 und 73 Jahre, beide Endoprothese links) wurden keine auffälligen Abweichungen in der HMM- sowie HML-Altersbestimmung festgestellt. Das Knochengewebe beider Femora wies Spuren einer Osteoporose auf, die eine zuverlässige HMM-Altersbestimmung nicht zuließen. Die Ergebnisse der HMM-Untersuchung sind jedoch bei beiden Individuen gleich für das rechte sowie das linke Femur (51 bzw. 50,5 Jahre bei einem, 55,5 bzw. 54,5 Jahre bei dem anderen Individuum). Die Ergebnisse der HML-Untersuchung ergaben in beiden Fällen eine korrekte Altersbestimmung, die für die beiden Knochen des jeweiligen Individuums gleich war. Dies lässt darauf schließen, dass eine gut angepasste Endoprothese offenbar keinen wesentlichen Einfluss auf die Knochenstruktur und damit die Mikrostruktur des Knochens hat.

### **10.8. Gräberfeld Očkov**

Die Altersbestimmungen der Individuen aus Očkov sind makroskopisch, histomorphologisch und histomorphometrisch durchgeführt worden. Die makroskopische Untersuchung leidet unter dem typischen Problem der anthropologischen Altersbestimmungen, die erwachsenen Individuen lassen sich nur relativ unpräzise bestimmen. Schon bei unverbrannten Knochen sind die Methoden der Altersbestimmung häufig kritisch zu betrachten. Das biologische Alter, welches mit Hilfe der anthropologischen Methoden ermittelt wird, kann vom chronologischen deutlich abweichen. Dies ist z.B. auf genetische Veranlagungen (frühes Schließen der Schädelnähte), Umwelteinflüsse (harte, sandhaltige Ernährung führt zu stärkerem Abrieb und damit scheinbar höherem Zahnalter des Individuums) oder verschiedene pathologische Einflüsse (Schließen der Schädelnähte durch Entzündung, Osteoporose durch Inaktivitätsatrophie u.a.) zurückzuführen. Bei den verbrannten Knochen aus den Leichenbränden ist dies noch zusätzlich durch Beschädigung, Deformationen sowie unvollständige Erhaltung des Knochenmaterials verstärkt. Die makroskopische Altersbestimmung der Knochen aus Leichenbränden lieferte bei erwachsenen Individuen in den meisten Fällen ein Resultat von „Erwachsen“ (Adultus +) oder „Erwachsen, wahrscheinlich nicht alt“ (Adultus – Maturus). Die histologischen Methoden der Altersbestimmung ergaben in der Regel zuverlässigere Ergebnisse, auch wenn diese ebenfalls einige Schwächen aufwiesen.

Bei den Leichenbränden vom Gräberfeld Očkov sind häufig Spuren meningealer Reizungen festgestellt worden. Insgesamt sechs Individuen weisen Merkmale von Veränderungen, d.h. 11,8% (6/51) des gesamten Gräberfelds und 28,6% (6/21) der Leichenbrände, aus denen Schädel repräsentativ erhalten sind. Im Fall von Brandknochen wird für repräsentativ ein solcher Schädel gehalten, dessen Schädeldach zu mindestens zu 10% vorhanden ist und aus dem Teile aller Regionen (d.h. die venösen Sinus sind mindestens teilweise vorhanden, sowie die Lamina interna) zu Verfügung stehen. In drei Fällen (Präparate Oc 29a/55:parietale, occipitale; Oc 36/55:6; Oc 44/55:P9074) sind Spuren von Hirnhautreizungen als verheilte, wohl hämorrhagisch bedingte Neubildungen identifiziert worden. Somit ergibt sich eine Gesamthäufigkeit innerhalb der Individuen des ganzen Gräberfeldes von 5,9% (3/51), limitiert ausschließlich auf die Individuen mit repräsentativ vorliegendem Schädel ergibt sich eine Häufigkeit von 14,3% (3/21). Bei weiteren drei Individuen sind die Veränderungen als ursprünglich eher entzündlich bedingt interpretiert worden (Präparate Oc 7/55:a, b; Oc 27/55:3a, 3b, 4a, 4b; Oc 43/55:2a, 2b). Zwei Fälle mit intravital porösen äußeren Schädeltafeln (Präparate Oc 7/55:a, b; Oc 36/55:P9157, Oc 36/55:6) sind auf entzündliche Veränderungen (Oc 7/55) bzw. einen unbestimmbaren Prozess (Oc 36/55) zurückzuführen. Sie ergeben eine Häufigkeit von 3,9% (2/51), bzw. 9,5% (2/21).

An vier Leichenbränden vom Gräberfeld Očkov sind Nachweise von Erkrankungen der knöchernen oberen Atemwege festgestellt worden (Sinusitis maxillaris Oc 9b/55, Oc 3/55; Sinusitis frontalis Oc 27/55, Oc 36/55). Somit ergibt sich eine Häufigkeit von 7,8% (4/51), bzw. 44,4% (4/9) bei Skeleten, bei denen zumindest einige relevante Teile der Nasen- und Nasennebenhöhlen vorhanden waren. Es ist anzunehmen, dass diese beiden Werte nur eine grobe Eingrenzung der realen Häufigkeit dieser Erkrankungen darstellen. Somit kann diese Population als eher wenig betroffen interpretiert werden (bis zu 80% Häufigkeit, vgl. Gresky 2006, Kreutz 1996, Schultz 1987 u.a.).

Erkrankungen der Zähne und der Kiefer sind am Skeletmaterial aus Očkov (abgesehen von intravital fehlenden Zähne) nicht festgestellt worden.

Erkrankungen des postcraniellen Skelets wurden lediglich bei einem Individuum in Form einer Längsstreifung auf den großen Knochen der distalen Extremitäten nachgewiesen (Präparat Oc 20/55:1). Bei einem Individuum ist eine Art eines nicht näher bestimmbaren proliferativen Prozesses (im Sinne einer Auflagerung auf den Langknochen) identifiziert worden (Präparat 12/55:2), bei einem weiteren ein osteolytischer Prozess (Präparat Oc 1/55:3) und bei einem anderen Individuum ein Fall des Umbaus des Knochengewebes im Sinne einer Inaktivitätsatrophie (Präparat Oc 7a/53:1).

Somit sind bei insgesamt 12 Individuen (23,5%, 12/51) Spuren pathologischer Prozesse bestätigt worden. Diese Ergebnisse ermöglichen keine epidemiologischen oder statistischen Auswertungen, dokumentieren aber eindeutig die Möglichkeiten paläopathologischer Untersuchungen bei Brandknochen. Bei keinem der identifizierten Prozesse handelt es sich um eine wahrscheinliche Todesursache des Individuums, obwohl ein aktiver, zum Todeszeitpunkt nicht verheilter osteolytischer Prozess (Ind. Očkov 1/55) differentialdiagnostisch als Nachweis für die Todesursache (z.B. akute Entzündung oder eine metastasierende, tumoröse Erkrankung) interpretiert werden könnte.

### **Očkov 1a/53**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 1a/55 ist makroskopisch als tendenziell weiblich, Altersgruppe Maturus bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung interpretiert das Alter anhand beider untersuchten Präparate als Adultus I, d.h. 20-30 Jahre. Die HMM Altersbestimmung variiert zwischen 13,3 und  $29,7 \pm 6$  Jahre. Die niedrige Bestimmung (13,3) basiert auf unvollständigen Daten aus beschädigten und nicht zuverlässig auswertbaren Untersuchungsfeldern, in denen die durch postmortale Einflüsse zerstörten Strukturen nur ein inkomplettes Ergebnis liefern. Das tatsächliche Alter ist auch mit der HMM Untersuchung eher in den Bereich Adultus I zu deuten. Die beiden mikroskopischen Methoden liefern übereinstimmende Ergebnisse, es ist daher anzunehmen, dass in diesem Fall wahrscheinlich eine fehlerhafte Altersbestimmung bei der makroskopischen Untersuchung stattgefunden hat. Das Alter ist makroskopisch anhand der erodierten und nicht zweifelfrei auswertbaren Symphysis pubica und der Obliteration der Schädelnähte geschätzt worden. Die Auswertung der Schädelnähte erfolgte anhand weniger erkennbarer Fragmente, ohne die Möglichkeit die Schädelnähte genau zuzuordnen. Die Obliteration der Schädelnähte ist sehr variabel, sie kann außer durch individuelle, genetische Determinanten auch durch pathologische Zustände (z.B. Meningitis) in jüngerem Alter erfolgen. Auch wenn keine Nachweise einer pathologischen Veränderung gefunden wurden, muss diese Möglichkeit berücksichtigt werden. Das Alter dieses Individuums ist als wahrscheinlich frühadult zu interpretieren.

### **Očkov 1/55**

Das Individuum aus dem Grab Oc 1/55 ist als tendenziell weiblich, Adultus – Maturus, bestimmt worden. Die histomorphometrische Altersbestimmung ergab das Alter von  $21,4 (18,5) \pm 6$  Jahre. Auch die histomorphologische Auswertung liegt beim ersten Fragment zwischen 25 und 35 Jahren, beim zweiten Fragment bei einer Einstufung von unter 30 Jahre. Im

Fall des zweiten Fragmentes (Radius oder Ulna) ist auch eine jüngere, d.h. juvenile Altersbestimmung denkbar. Die kleine Größe des Unterarmknochens führt zur Vermutung, dass es sich um den Knochen eines subadulten Individuums handeln könnte. Die Größe kann aber durch die Hitze verfälscht worden sein, als der Knochen schrumpfte. Die histologische Struktur des Knochens weist auf ein junges Individuum mit starker, gut erhaltener Generallamelle und einem aktiven Knochenumbau hin, wie es bei juvenilen oder frühadulten Individuen zu erwarten ist. Auch die Struktur der Diploë des Schädeldaches weist auf ein eher jüngeres Individuum ohne Spuren von Osteoporose hin. Die Ergebnisse der durchgeführten Methoden der Altersbestimmung stimmen überein.

Auf einem Schädeldachfragment sind im makroskopischen Bild Strukturen, die an vermehrte Blutgefäßimpressionen erinnerten, beobachtet worden. Differentialdiagnostisch handelte es sich entweder um postmortal entstandene Risse und Erosion der Oberfläche oder um Spuren eines intravitalem Prozesses, im Sinne einer meningealen Reizung, wie z.B. einen hämorrhagisch-entzündlichen Prozess. In diesem Fall käme an erster Stelle eine verheilte und integrierte epiperiostale Blutung (Hämatom) in Betracht, wovon nach der Verheilung lediglich Spuren sternförmig organisierter Blutgefäße übrig geblieben sind. Mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit könnten die Spuren als Folge einer verheilten Meningitis gedeutet werden (Schultz 1986, 2001). Im mikroskopischen Bild sind die beschriebenen Veränderungen jedoch eindeutig als ein postmortales Artefakt identifiziert worden. Es handelt sich um eine postmortale Beschädigung der Oberfläche durch zerrissene Osteone, wie ein Bild in hoher Vergrößerung bewiesen hat. Somit ist dieser Fall eindeutig als Pseudopathologie bestimmt worden.

Ein überraschendes Ergebnis lieferte die Auswertung des zweiten Langknochenfragmentes, welches ursprünglich ohne einen Verdacht auf einen pathologischen Prozess später (deswegen leider ohne makroskopische Fotografie) zur Bestätigung der Altersbestimmung entnommen wurde. Das Fragment eines dünnen Radius oder einer Ulna weist Spuren aktiven Knochenumbaus auf, wie oben bereits besprochen, aber auch den unerwarteten Befund einer pathologisch bedingten Veränderung. Knapp unterhalb der Oberfläche des Fragmentes wurde eine große, etwa runde Resorptionshöhle beobachtet. Ein solches Objekt ist differentialdiagnostisch als Kanal einer Arteria nutritia interpretierbar, ein Eingang des Foramen nutritium. In diesem Fragment ist aber kein Foramen nutritium gefunden worden. Auf der Oberfläche der Höhle sind bei höherer Vergrößerung Spuren aggressiver, tiefer und unregelmäßiger Howship'scher Lakunen beobachtet worden. Diese unterscheiden sich deutlich von den flachen und nivellierten Howship'schen Lakunen des physiologischen Knochenabbaus, wie sie bei den Resorpti-

onshöhlen in der Compacta zu sehen sind. Durch diesen Befund ist die Höhle eher als pathologisches Geschehen zu interpretieren. Die Diagnose kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden, es handelt sich um einen osteolytischen resorptiven Prozess im Sinne einer Zyste, eine entzündlich bedingte Knochenresorption (wie z.B. bei einer Ostitis) oder einen osteoklastischen tumorösen Prozesses. Der Prozess ist zum Todeszeitpunkt des Individuums aktiv gewesen, die Veränderungen weisen keine Spuren einer Verheilung auf. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Prozess im Zusammenhang mit der Todesursache steht. Eine genaue Diagnose ist in diesem Fall nicht möglich, als eine mögliche Ursache für eine solche Veränderung käme jedoch z.B. die Metastase eines fortgeschrittenen bösartigen tumorösen Prozesses oder eine weitere Ausbreitung eines entzündlichen Prozesses im Sinne einer Osteomyelitis in Frage.

### **Očkov 2/53**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 2/53 ist makroskopisch als tendenziell weiblich, Alter Adultus +, bestimmt worden. Die HML Untersuchung bestätigte eine vorgeschrittene altersbedingte Osteoporose, das Alter ist auf über (55) 60 Jahre bestimmt worden. Die HMM Altersbestimmung weicht mit ihrem Ergebnis von 30,3-39,8 ± 6 Jahre deutlich ab.

Solche systemischen Erscheinungen können differentialdiagnostisch als altersbedingte Osteoporose oder als systemischer pathologischer Prozess bewertet werden. Im Fall einer Pathologie können Prozesse wie beispielweise Entzündungen (Ostitiden, Osteomyelitiden) ausgeschlossen werden, weil deren gleichzeitiges Auftreten in mehreren Knochen eines Individuums eher unwahrscheinlich ist (Schultz – Teschler-Nicola 1987). Eine Inaktivitätsatrophie ist aufgrund fehlender Merkmale der Tangentiallamellen und der unregelmäßigen Formen der Osteone eher auszuschließen. Die wahrscheinlichste Diagnose ist eine altersbedingte Osteoporose, die ab einem Alter von 55 Jahren aufwärts zu erwarten ist.

In diesem Fall ist die HMM als fehlerhaft zu interpretieren. Die Altersosteoporose führte zu einer niedrigen Anzahl mikroskopischer Strukturen und somit zu einer fälschlich niedrigen Altersschätzung. Die Methoden der HMM Altersbestimmung stoßen hier an ihre Grenzen. Die Altersbestimmung anhand der Anzahl bestimmter Strukturen wird durch eine Osteoporose verfälscht, da die Osteoporose eine geringere Anzahl an Strukturen bedeutet (die Benutzbarkeit der HMM nach Kerley 1965 wird von diesen Autoren mit dem Alter von 58,39 Jahre begrenzt, vgl. Stout – Gehlert 1982). Die Arbeitshypothese, dass die HMM Altersbestimmung eben dann glaubwürdige Ergebnisse liefern könnte, wenn im ausgewerteten Fragment genügend Bereiche des durch Osteoporose nicht umgebauten Gewebes zu finden sind,

hat sich nicht bestätigt (vgl. Kap. 9.3.6., 10.3. und 10.7.). Die Osteoporose beeinflusst in allen Fällen die Aussagekraft der HMM Altersbestimmung, egal ob der Knochen sichtbar rarefiziert oder anscheinend unbetroffen ist. Anhand dieses Ergebnisses muss empfohlen werden, die HMM Methoden erst dann einzusetzen, wenn das Fragment histomorphologisch keine fortgeschrittene Osteoporose aufweist. Damit bestätigt sich das Ergebnis anderer Autoren (vgl. Stout – Gehlert 1980). Makroskopisch ist die Osteoporose nicht nachgewiesen worden, die hitzebedingte Schrumpfung lässt den Knochen kompakt aussehen. Dies bestätigt die Notwendigkeit der kombinierten Untersuchungen, das Individuum ist als mindestens spätmatur oder senil zu bewerten.

### **Očkov 2/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 2/55 ist makroskopisch als tendenziell weiblich, Alter Adultus + bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung identifiziert den untersuchten Unterarmknochen (Elle) als eindeutig subadult, Alter wohl 0-14 Jahre. Die HMM Altersbestimmung ist nicht durchgeführt worden, weil die Elle für diese Untersuchung nicht geeignet ist. Es ist anzunehmen, dass die makroskopische Untersuchung aufgrund der geringen Menge erhaltenen Knochens und deren Erhaltungszustand zu einem falschen Ergebnis führte. Die Knochenüberreste sind nicht als die eines nicht erwachsenen Individuums, sondern als Knochen eines extrem graziösen (und deswegen wohl weiblichen) erwachsenen Menschen bestimmt worden. Anhand der mikroskopischen Untersuchung ist das Individuum als subadult mit unbestimmbarem Geschlecht zu bewerten. Die histologische Untersuchung korrigiert hier ein falsches makroskopisches Ergebnis.

### **Očkov 5/53**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 5/53 ist makroskopisch als wahrscheinlich männlich, Alter Adultus – Maturus bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung präzisiert das Alter auf 20-35 Jahre, die HMM Untersuchung unterstützt diese Aussage mit einem Ergebnis von  $22,4-28,9 \pm 6$  Jahre.

Auf der Oberfläche der distalen Metaphyse des linken Radius ist eine durch Hitze stark beschädigte Struktur, die auf den ersten Blick jedoch klar als von anthropogener Herkunft erkannt worden ist; eine Masse, die verschmolzenem Glas ähnelt. Diese Masse ist fest, hart und fragil, ihre Oberfläche mit Sand bedeckt und nicht klar erkennbar, aber an abgebrochenen Fragmenten als porig und weiß-grünlich verfärbt zu beurteilen. Es könnte sich um Reste eines Armbandes aus Glas bzw. Glasperlen, Kupfer, oder aus kupferlegierten anderen

Materialien handeln. Ein organischer Ursprung ist unwahrscheinlich, weil das Objekt klare Spuren der Verbrennung aufweist, organische Gegenstände (Harz, Bernstein, Leder o.ä.) wären völlig verbrannt. Die röntgenologische Untersuchung widerlegte die Vermutung des Vorhandenseins von Kupfer, da die Masse nahezu vollkommen radiolucent ist. Im Röntgenbild sind nur die Sandpartikel, die in die wohl durch das Feuer weiche Masse eingesunken waren, zu erkennen. Die lichtmikroskopische Untersuchung zeigt eine homogene Masse ohne erkennbare innere Struktur. Dies lässt als Diagnose nur Glas übrig. Dieser Stoff ist in die hitzebedingten Risse im Knochen gedrückt worden, was eindeutig nur in weichem, erhitztem Zustand passieren konnte, weil die Masse in kaltem Zustand keine Elastizität aufweist. Somit kann dieses Objekt als ein Bestandteil der Tracht oder Schmuck (Armband, Halskette) interpretiert werden, die gleichzeitig mit dem Verstorbenen verbrannt wurde.

### **Očkov 6/53**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 6/53 ist makroskopisch als tendenziell männlich, Alter Adultus – Maturus bestimmt worden. Die HML Untersuchung ergab ein Alter von 20-25 (30) Jahre, die HMM weicht mit dem Ergebnis von 10,0-18,9 ± 6 Jahre leicht ab. Die Merkmale eines jungen Individuums mit noch intensiven Knochenumbauaktivitäten, die bei der HML Untersuchung beobachtet worden sind, aber gleichzeitig die mit Sicherheit bestimmten Merkmale eines Erwachsenen (verschlossene Epiphysen) erlauben die zuverlässige Altersschätzung in die frühadulte Klasse. Die HMM Auswertung ist durch die schlechte Erhaltung der Knochenfragmente beeinflusst, im gesamten untersuchten Knochenfragment sind als zuverlässig nur drei Werte (die Zählungen der intakten Osteone in zwei Untersuchungsbereichen und die äußere GL in einem Bereich) ausgewertet worden. Weitere fünf Werte (Anzahl der fragmentierten Osteone und Nicht-Havers'schen Kanäle in zwei und die äußere GL in einem Untersuchungsbereich) sind als unvollständig bewertet worden und können nur bedingt als „Mindestanzahl“ berücksichtigt werden. Die Altersberechnung aufgrund dieser Zählungen ergab ein höheres Alter (18,9 Jahre), welches mit der Berechnung einer standardmäßigen Abweichung der Methode von ± 6 Jahren mit den anderen Ergebnissen vergleichbar ist. Die niedrige Altersbestimmung (10,0 Jahre) ist aber als inakzeptabel und Folge der schlechten Erhaltung zu bewerten, es handelt sich mit Sicherheit nicht um einen Kinderknochen. Die Abweichung der Untersuchung ist in diesem Fall eindeutig auf die postmortale Beschädigung des Knochengewebes zurückzuführen und die HMM Auswertung solcher Knochenfragmente sollte möglichst gemieden werden.

**Očkov 6/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 6/55 ist makroskopisch als wahrscheinlich weiblich, Alter Maturus (II) – Senilis bestimmt worden. Die HML Untersuchung ergab ein Alter von 30-45 Jahren, welches durch die HMM Auswertung ( $38,5-40,0 \pm 6$  Jahre) präzisiert und bestätigt worden ist. Folglich ist anzunehmen, dass die histologische Untersuchung zuverlässige Ergebnisse lieferte und die makroskopische Altersbestimmung vom tatsächlichen biologischen Alter des Individuums abweicht. Das Alter ist anhand der Symphysis pubica (St. IV nach Nemeskéri 1960) und der von innen obliterierten Sutura sagittalis geschätzt worden. Osteoporose wurde nicht diagnostiziert. Die altersbedingte Morphologie der Symphyse setzt in dieser Stufe beim Alter ab ca. 40 Jahre aufwärts mit dem Schwerpunkt zwischen 51,1 und 64 Jahren ein (vgl. Nemeskéri 1960). Die Obliteration der Schädelnähte ist häufig variabel (s. Ind. Oc 1a/53). Die Anwesenheit von Resten der äußeren GL limitiert das Alter auf 45 (50) Jahre. Als die wahrscheinlichste Altersbestimmung kann in diesem Fall ein Alter von wohl Ende spätadult bis matur, d.h. 35-50 Jahre, angenommen werden.

**Očkov 7/55**

Die makroskopische Bestimmung interpretierte das Skelet aus dem Grab Očkov 7/55 als wahrscheinlich männlich und wahrscheinlich Maturus (Adultus II – Senilis). Die Geschlechtsbestimmung basiert auf morphologischen Merkmalen des Schädels (Protuberantia occipitalis externa und Planum nuchale) und metrischen Untersuchungen nach Gejvall (1948). Die Altersbestimmung basiert auf der Obliteration der Schädelnähte und dem Zustand der Compactaknochen (Spuren von Osteoporose und altersbedingte Verdünnung des Gewebes). Die HML Altersbestimmung ergab ein Alter von ca. 30-45 Jahren, die HMM Altersbestimmung ein Alter von im Durchschnitt  $31,5-34,6 \pm 6$  Jahren, die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein.

Bei der histologischen Untersuchung wurden in der Knochenmarkröhre des Femurs Spongiosabälkchen festgestellt, die regelmäßig gegen die innere Oberfläche geordnet waren. Diese Bälkchen liefern zusätzliche Unterstützung gegen den Muskelzug und weisen darauf hin, dass der Knochen stark belastet wurde und die Muskeln sehr ausgeprägt waren. Dies wäre ein Hinweis auf ein eher männliches Geschlecht, wobei es nur als „tendenziell männlich“ zu bezeichnen ist und dieser Bestimmung dieselbe eher niedrige Gewichtung zuzuordnen ist, wie auch bei der morphologischen Geschlechtsdiagnose die Größe und Stärke der Muskelansätze lediglich eine unterstützende Rolle spielen.

Fragmente des Schädeldaches wiesen in der makroskopischen und lupenmikroskopischen Untersuchung Spuren eines pathologischen Umbaus auf. Die Lamina externa zeigte eine unregelmäßige, grob poröse Oberfläche, die an eine teilweise reorganisierte, verheilte Hyperostose erinnerte. Dies führte zu einem Verdacht auf einen anämisch bedingten Bürstenschädel, der sich im Prozess der Ausheilung („remodeling“) befand. Die Dicke des Schädeldaches, die mit 12 mm deutlich über der normalen Stärke des Schädeldaches bei Leichenbrand liegt (bis 10 mm bei Männern, Gejvall 1948), stützte die erste Diagnose. Die wulstige, vernarbte Oberfläche der Lamina interna mit häufigen intravital bedingten Öffnungen (Kanäle der Blutgefäße) spricht dagegen eher gegen eine Anämie. Die Diagnose ist wahrscheinlich ein entzündlicher Prozess, differentialdiagnostisch ein tumoröser Prozess innerhalb der harten Hirnhaut (Meningeom), welcher sich in das Schädeldach ausgebreitet hat. Die Fragmente sind röntgenologisch und histologisch untersucht worden, um die Diagnose zu überprüfen. Beim röntgenologischen Befund wurden Verdichtungen der Spongiosa festgestellt, die als entweder tumoröser oder entzündlicher Prozess zu interpretieren sind. Es könnte sich um einen wachsenden, bösartigen Tumor (z.B. Meningeom) handeln, aber auch die Diagnose einer reparativen Aktivität (Verheilung) bei einer Entzündung wäre denkbar. Die röntgenologische Untersuchung bestätigt also in diesem Fall die Diagnose eines pathologischen Prozesses, was im Fall von Brandknochen mit häufigen pseudopathologischen Erscheinungen durchaus wertvoll ist, jedoch nicht für eine präzise und zuverlässige Diagnose ausreicht. Die röntgenologische Untersuchung bestätigt die Notwendigkeit einer histologischen Überprüfung des Befundes. Im mikroskopischen Befund ist eine unspezifische Entzündung der harten Hirnhaut (Meningitis) mit daraus resultierender Ostitis diagnostiziert worden. Die Veränderungen der Diploë sind ein Nachweis für einen lange Zeit bestehenden Prozess, der entweder verheilt war, oder sich im Verheilungsstadium befand. Die sklerosierten Verdickungen der Diploë sind als ein Reparatonsprozess zu interpretieren. Die Howship'schen Lakunen deuten jedoch darauf hin, dass der entzündliche Prozess nicht vollständig ausgeheilt war. Es kann vermutet werden, dass der Prozess in ein chronisches Stadium überging, möglicherweise mit Phasen erhöhter Aktivität. Die Howship'schen Lakunen könnten als Nachweis für eine dieser Phasen interpretiert werden. Weitere Nachweise des aktiven Prozesses (neugebildete Knochenstrukturen, eine periostitische Auflagerung auf der Oberfläche) sind nicht vorhanden. Die Bestimmung der Howship'schen Lakunen ist bei Brandknochen nicht als zuverlässiger Beweis der Aktivität des Prozesses zu bewerten, weil in solchen Fälle die postmortalen Veränderungen des Knochens stellenweise Howship'schen Lakunen vortäuschen können. Die Entzündung muss als „möglicherweise verheilt“ beurteilt werden. Die Verdickung des Schädeldaches ist als Folge

der Umbauaktivitäten zu sehen, als integrierte neugebildete Strukturen, die im Verlauf der aggressiven Phase des entzündlichen Prozesses entstanden sind. Die vollständig integrierten Strukturen ohne erkennbare Grenzen zwischen neugebildeten Schichten des Knochens und der ursprünglichen Oberfläche sind ein Nachweis zur Vermutung, dass der Prozess über einen sehr langen Zeitraum bestanden haben muss. Eine komplette Integration der Auflagerungen ist ein Prozess, der mehrere Jahre dauert und wäre im Erwachsenenalter kaum zu erwarten. Der Knochenumbau ist beim Erwachsenen langsamer als bei einem subadulten Individuum. Deswegen ist zu vermuten, dass der Prozess erst im adulten Alter entstand, da der Schädel sich nicht mehr im Wachstum befand, sonst wären die Neubildungen in Folge des appositionellen Wachstums abgebaut. Das Individuum war aber noch verhältnismäßig jung. Die makroskopisch beobachtete Porosität der Lamina externa ist im mikroskopischen Befund nicht zu bewerten. Das Präparat hat lediglich die nicht repräsentativen Bereiche der porösen Oberfläche getroffen, weshalb eine zuverlässige Diagnose nicht zu treffen ist. Es kann sich um ein postmortales Artefakt handeln, welches dem Verbrennungsprozess zuzuschreiben wäre, ein möglicher intravitale Ursprung des Prozesses (Hypervaskularisation) ist jedoch nicht auszuschließen. Die auf makroskopischer Grundlage geäußerte vorläufige Diagnose, dass es sich um einen teilweise reorganisierten (remodellierten) Bürstenschädel handelt (Anämieverdacht) ist ausgeschlossen worden, die mikroskopischen Befunde bestätigen keines der typischen Merkmale einer Anämie. Die Strukturen der beobachteten Veränderungen schließen eine Diagnose der Paget-Krankheit aus. Differentialdiagnostisch ist noch an einen tumorösen Prozess zu denken. Für tumoröse Veränderungen fehlen aber die typischen Merkmale (starke Umbauaktivität mit häufigen Howship'schen Lakunen, vgl. Schultz 1986, 2003; „Faserfölkosteone“, Knese et al. 1954, usw.).

### **Očkov 7a/53**

Das Individuum aus dem Grab Oc 7a/53 ist makroskopisch als Adultus-Maturus mit unbestimmbarem Geschlecht bestimmt worden. Die histomorphometrische Altersbestimmung ergab das Alter von  $33,4-38,2 \pm 6$  Jahre, falls es sich beim zweiten Präparat um das Femur handelt, für eine Tibia liegt die Gesamtauswertung bei  $30,8-36,1 \pm 6$  Jahre. Die histomorphologische Altersbestimmung schätzt das Alter auf (30)35-45(50) Jahre, mit einem Vorbehalt, der weiter diskutiert wird. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein.

Im mikroskopischen Bild ist ein unerwarteter Befund zu beobachten: Das Knochengewebe der beiden zur histologischen Auswertung ausgewählten Fragmente beinhaltet einen

hohen Anteil tangentialer Lamellen und auch zahlreiche vergrößerte Lakunen, die als Osteoporose zu interpretieren sind. Das poröse Knochengewebe wäre als altersbedingte Osteoporose zu interpretieren, was auf ein Alter von mindestens 55 (60) Jahren hinweist. Ein so hohes Alter dieses Individuums ist aber anhand der HMM Methoden, sowie auch der HML Schätzung auszuschließen. Das Vorhandensein tangentialer Lamellen im kompakten Knochengewebe ist bei einem erwachsenen Individuum ein Merkmal eines pathologischen Prozesses. Das lamelläre Knochengewebe ist häufig bei infantilen Individuen, es kann aber auch im Knochen juveniler Individuen, deren Knochen sich noch im aktiven Umbau- und Wachstumsprozess befinden, gefunden werden. Der Anteil des lamellären Gewebes nimmt aber mit Abschluss des Wachstums ab und bei einem Erwachsenen im Alter von ca. 30-50 Jahre ist sein Vorhandensein umbaubedingt nicht mehr zu erwarten. Ein erhöhter Anteil von Lamellen mit scheinbar primären Osteonen ist ein typisches Merkmal einer Inaktivitätsatrophie, kein normales Merkmal altersbedingter Osteoporose. In Zusammenhang mit dieser Diagnose können auch die Spuren der Osteoporose interpretiert werden. Das Gewebe des unbelasteten Knochens wird abgebaut, d.h. der Compactaknochen wird porös und das Gewebe lamellär umgebaut. Auf den Oberflächen beider Fragmente sind auch Strukturen festgestellt worden, die an eine äußere GL erinnern. Die Kollagenfibrillen der beiden Lamellen verlaufen unregelmäßig, nicht parallel zueinander und zur Oberfläche des Fragmentes. Dies ist für eine echte GL eher untypisch und die Struktur daher als eine Schicht tangentialer Lamellen zu interpretieren. Da die Differentialdiagnose als altersbedingte Osteoporose auszuschließen ist, ist als wahrscheinlichste Diagnose eine Inaktivitätsatrophie zu sehen. Eine genaue Ursache für diese Inaktivitätsatrophie ist in diesem Fall nicht bestimmbar. Als mögliche differentialdiagnostische Ursachen für Inaktivitätsatrophie sind Beweglichkeit eingrenzende Prozesse zu nennen (wie z.B. Kinderlähmung – Poliomyelitis, Schlaganfälle – cerebrovaskuläre Apoplexie, Paralyse – Paresa, Hemi-, Tetra- oder Paraplegie), unter andere Gründe fällt z.B. ein langzeitiger bettlegerischer Zustand (langfristige Erkrankungen). Der Zustand der Leichenbrände, bei denen sich die Unterschiede zwischen verschiedenen bilateralen Langknochen des Skelets nicht bestimmen lassen (eine Diagnose der Kinderlähmung an unterschiedlich entwickelten Langknochen der rechten und der linken Seite), lässt sich ohne Hilfe der Histologie nicht bewerten. Es kann nicht bestimmt werden welche, bzw. ob alle Knochen des Skelets betroffen worden sind (eine normale Entwicklung der oberen Extremitäten und eine Lähmung der unteren bei einer Paraplegie). Dies ermöglicht keine genauere Diagnose und lässt alle Ursachen einer Inaktivitätsatrophie als interpretativ zu. Es ist kein Nachweis eines anderen pathologischen Prozesses identifiziert worden, der als Ursache eines langfristigen bettlegerischen Zustands inter-

pretierbar ist, die Differentialdiagnose einer leichten Inaktivitätsatrophie durch eine lange Erkrankung (bzw. Verletzung o.ä.) vor dem Tod kann nicht ausgeschlossen werden.

### **Očkov 9a/53**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 9a/53 ist makroskopisch in das Alter Adultus – Maturus mit unbestimmbarem Geschlecht eingeordnet worden. Die HML Untersuchung präzisiert die Altersbestimmung auf 20-40 Jahre, die HMM bestätigt dieses Ergebnis mit einem Wert von  $22 \pm 6$  Jahre. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein.

Eines der untersuchten Fragmente (Präparat Oc 9a/53 2: Tibia) weist in der mikroskopischen Betrachtung regelmäßige, fast rechtwinklig gegen die Oberfläche organisierte Spongiosabälkchen auf. Das Präparat stammt aus einem Bereich des Muskelansatzes, was die Struktur des ganzen Knochens beeinflusst hat. Die parallel ausgerichteten Spongiosatrabekel sind wahrscheinlich als eine zusätzliche Unterstützung des stark belasteten Muskelansatzes zu interpretieren (vgl. Očkov 7/55). Der Compactaknochen wird außerhalb des direkten Vektors der einwirkenden Kraft durch vermehrte Bildung von Osteonen mit vergrößertem Lumen entlastet, die unter anderen Umständen auch als Zeichen von Osteoporose zu deuten wären. Eine altersbedingte Osteoporose beträfe aber den gesamten Querschnitt des Knochens und ist keinesfalls nur in einem der Bereiche zu erwarten. In diesem Fall handelt es sich höchst wahrscheinlich nicht um eine altersbedingte oder pathologische Osteoporose. Die Oberfläche des Knochens, die am stärksten von der erhöhten mechanischen Belastung durch Muskelaktivität beeinflusst ist, weist eine teilweise unterschiedliche Struktur auf. Die Osteone sind kleiner, mit verhältnismäßig größerem Lumen (erhöhte Versorgungsansprüche) und dichter, dementsprechend sind auch mehrere Osteone im Sichtfeld zu beobachten. Ein höheres Niveau des Knochenbaus führt dazu, dass auch fragmentierte Osteone gehäuft zu beobachten sind. Diese Umstände können die Ergebnisse der histomorphometrischen Untersuchungen wesentlich verändern, nämlich falls ein höheres Alter bestimmt werden würde, wie in der Diskussion über die Auswertungen der Methoden für Altersbestimmungen besprochen wird.

### **Očkov 9b/55**

Das Individuum aus dem Grab Oc 9b/55 ist makroskopisch als Adultus II – Maturus mit unklarem Geschlecht bestimmt worden. Die histomorphometrische Altersbestimmung ergab ein Alter von  $30,6-30,9 \pm 6$  Jahre, die histomorphologische Untersuchung schätzt das Alter auf 20-30 (35) Jahre. Die makroskopische Altersbestimmung ist anhand der Auswertung

der Obliteration der Schädelnähte getroffen worden, die von Individuum zu Individuum stark unterschiedlich verlaufen kann (vgl. Očkov 1a/53).

In der erhaltenen rechten Maxilla ist eine poröse, wulstige Oberfläche des Sinus maxillaris festgestellt worden. Dies ist als ein Nachweis eines wohl chronischen entzündlichen Prozesses zu interpretieren. Eine Kieferhöhlenentzündung (Sinusitis maxillaris) ist eine Erkrankung der oberen Atemwege, die zum einen als Folge von viralen oder bakteriellen Krankheiten der Atemwege oder als Folge von Reizungen der Schleimhöhlen (z.B. Reizung durch Rauch in schlecht gelüfteten Räumlichkeiten, Gresky 2006, Kreutz 1997, Schultz 1987) entsteht. Sie wird häufig als eine typische Krankheit der unteren sozialen Schichten bewertet (Gresky 2006, Kreutz 1997, Schultz 1987), im vorliegenden Fall von nur einem nachgewiesenen Prozess unter den gesamten Individuen der untersuchten Population wäre aber eine solche Interpretation unzulässig. Bei diesem Individuum ist diese Diagnose als Einzelbefund bestimmt worden.

Auf einem Fragment des Schädeldaches sind makroskopisch Strukturen beobachtet worden, die an eine hämorrhagisch bedingte Neubildung (eine flache poröse Auflagerung mit Abdrücken der Blutgefäße) erinnerten. Als die wahrscheinliche Differentialdiagnose ist an eine hämorrhagisch-entzündliche Reaktion der Hirnhaut zu denken, wahrscheinlich ein teilweise integriertes epidurales Hämatom. Diese sind als Folge von Mangelerscheinungen (Skorbut), Verletzungen der venösen Leitbahnen (Sinus sagittalis superior, Sinus transversus, sigmoideus) oder z.B. in Zusammenhang mit anderen Erkrankungen der Hirnhaut (Blutungen bei entzündlichen Prozessen der Hirnhaut, Meningitiden) zu interpretieren. Die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung identifizierte diese Veränderungen jedoch als postmortales Artefakt. Die Lamina interna weist hitzebedingt feine Risse auf, die durch bodenlagerungsbedingte Erosion der Oberfläche eine regelmäßige, rundliche Form angenommen haben und bei niedriger Vergrößerung intravital angelegte Strukturen vortäuschten. Bei der vermutlichen Auflagerung handelt es sich in der Tat um eine beschädigte, aufgeplatzte Lamelle des Knochengewebes, die sich durch Versinterung von der Knochenoberfläche abhebt, so dass die unregelmäßigen Ränder an eine poröse Platte erinnern.

In der Markröhre sind Reste der Spongiosierung bei einem jungen Individuum zu beobachten. Die hitzebedingten Veränderungen haben zur Deformation der Strukturen geführt. Die Spongiosabälkchen sehen wie eine kompakte Schicht aus, die mit vielen Resorptionshöhlen und vergrößerten Osteonen durchsetzt ist. Ohne mikroskopische Untersuchung sind sie nicht von einem porösen Compactknochen zu unterscheiden. Dies führte zu einer falschen

Bestimmung im Sinne eines osteoporotischen Prozesses. In Wirklichkeit handelt es sich jedoch um eine Pseudopathologie.

### **Očkov 11/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 11/55 ist makroskopisch als ein juveniler Mensch mit unbestimmbarem Geschlecht bestimmt worden. Diese Altersbestimmung basiert auf den nicht verschlossenen Epiphysen des Oberschenkels, die ein zuverlässiger Nachweis eines nicht abgeschlossenen Wachstums sind und somit ein Alter von höchstens 20 Jahren (Ferembach et al. 1980) bzw. 23 Jahren (Schwartz 1995) zulassen. Das Individuum ist histologisch auf ein Alter von 20-35 Jahre (HML), bzw.  $28,3-30,1 \pm 6$  Jahre datiert worden, eine Bestimmung, die von der makroskopischen Auswertung abweicht. Trotzdem die beiden mikroskopischen Altersbestimmungen übereinstimmen, ist in diesem Fall die makroskopische Altersbestimmung klar zu bevorzugen. Die mikroskopische Struktur eines frühadultes Individuums unterscheidet sich nicht sonderlich von der Struktur eines (spät-) juvenilen Menschen. Durch die Reduktion der inneren GL und der Wachstumsspuren (regelmäßige Resorptionslakunen mit flachen Howship'schen Lakunen, Anteil der tangentialen Lamellen, große Osteone mit großem Lumen), lässt sich das Alter zuverlässig der Kategorie Adultus zuordnen. Die HMM Untersuchung überschätzte das Alter bei zwei von drei untersuchten Fragmenten. Als Erklärung dieser Abweichung kann ein erhöhter „turnover“ (Umbau) des Knochens bei diesem Individuum in Erwägung gezogen werden. Die Geschwindigkeit des Knochenumbaus eines jungen Menschen ist individuell von genetischen, gesundheitlichen und umweltbedingten Faktoren abhängig. Dies widerspricht aber der Beobachtung der HML Untersuchung, die keinen deutlichen Umbau festgestellt hat und das Individuum deswegen als älter einschätzte. Dieser Widerspruch ist anhand der Beobachtungen nicht zu klären und der Grund bleibt lediglich spekulativ. Auch wenn die tatsächliche Ursache dieser Beobachtung bei diesem Individuum nicht sicher festzustellen ist, wäre die folgende Erklärung zu überlegen: Das Individuum befand sich in einer intensiven Wachstumsphase (Pubertät). Dadurch ergibt sich eine sehr schnelle und intensive Knochenumbauaktivität, die Knochen wachsen in die Länge sowie auch in schwächerem Maße in die Breite. Diese Phase endet, ob auf natürlichem Weg (das Individuum ist ausgewachsen) oder durch pathologische Einwirkung (Mangelernährung, Krankheit o.ä.). Die Knochen behalten zunächst ihre Struktur mit Spuren des intensiven Umbaus, sie werden nach und nach in normaler Geschwindigkeit weiter umgebaut. Das Wachstum des Menschen kommt durch nicht genauer determinierbare Gründe zu einem Stillstand (Mangelernährung, Krankheit usw.), die Knochen werden nur minimal umgebaut und der

Mensch verstirbt kurz darauf, ohne dass das Knochengewebe auf den pathologischen Prozess reagiert. Die Knochen bleiben im unveränderten Zustand mit hohem „turnover“ aus der Pubertät, weisen aber keine (bzw. minimale) Spuren eines weiterhin aktiven Umbaus auf, so, wie es beim vorliegenden Individuum der Fall ist. Da aber genauere Diagnosen, die eine solche Überlegung bestätigen oder widerlegen könnten, aufgrund nicht ausreichender Beobachtungen und fehlender Beweise nicht getroffen werden können, kann diese Theorie lediglich als eine Arbeitshypothese angenommen werden.

### **Očkov 12/55**

Das Individuum aus dem Grab Oc 12/55 ist makroskopisch als erwachsener Mensch (Adultus+) mit unbestimmbarem Geschlecht ausgewertet worden. Die kleine Menge an Brandknochen (70g), der extrem hohe Fragmentierungsgrad und die unvollständige Repräsentanz der Knochenüberreste verhindern eine genauere Bestimmung. Die HML Altersbestimmung ergab anhand der fortgeschrittenen altersbedingten Osteoporose, in Kombination mit kleiner Osteonengröße, ein Alter von mindestens 60 Jahren. Die HMM Untersuchung bestimmte das Alter auf  $37,6-41,7 \pm 6$  Jahre für das Femur, falls sich bei dem unbestimmten zweiten Präparat um einen Fragment der Tibia handelte, läge die Altersbestimmung bei  $47,9-50,3 \pm 6$  Jahre. Die Methoden der HMM Altersbestimmung stoßen hier an ihre Grenzen (vgl. Oc 2/53).

Im Präparat Oc 12/55 – 1 tibia? ist ein Muskelansatz identifiziert worden. Das Gewebe des Muskelansatzes ist im physiologischen Zustand leicht porös, häufig werden diese Bereiche durch eine zusätzliche Spongiosierung verstärkt (vgl. Oc 7/55). In diesem Fall ist der gesamte Bereich des Ansatzes bis zur Oberfläche stark rarefiziert, das Knochengewebe ist deutlich abgebaut und die osteoporotischen Veränderungen reichen bis zur Oberfläche des Fragmentes. Dies ist so zu erklären, dass der Muskel keine große Kraft mehr entwickeln konnte und das massive Gewebe des knöchernen Ansatzes durch die Osteoporose vorrangig abgebaut wurde. Dies würde die Vermutung auf ein altes Individuum unterstützen. Differentialdiagnostisch kommen Erscheinungen einer extrem ausgeprägten Inaktivitätsatrophie in Frage. Eine Inaktivitätsatrophie des Knochengewebes wird im Regelfall von einem Umbau der Compacta im Sinne eines verminderten Anteils des sekundären Knochengewebes (Osteone) gegen das lamelläre Gewebe (tangente Lamellen) begleitet. Dies wäre bei einer derart ausgeprägten inaktivitätsbedingten Osteoporose zu erwarten, eine Diagnose als Inaktivitätsatrophie ist folglich auszuschließen.

Das zweite Fragment (Oc 12/55 – 2 fem/tib) bestätigt die oben genannte Diagnose einer fortgeschrittenen altersbedingten Osteoporose. Auf der Oberfläche des Fragmentes ist eine lamelläre Schicht des Knochens nachgewiesen worden, die an eine äußere Generallamelle erinnert. Die äußere GL verschwindet in der Regel bis zum Alter von 45 Jahren (vgl. die Kap. 10.2. *HML Altersbestimmung*), das Individuum ist, wie nachgewiesen, deutlich älter. Gegen die Interpretation die in Frage stehenden Struktur als äußeren GL sprechen auch die häufig auftretenden subperiostalen Gefäße, die in die Schicht eingemauert worden sind, und die in der GL nicht vorkommen. Eine Differentialdiagnose ist eine gut integrierte Auflagerung. Unter der lamellären Schicht des Gewebes ist eine Reihe kettenförmig angeordneter intravitale Öffnungen beobachtet worden. Die Öffnungen besitzen keine lamelläre Struktur von regelmäßigen Osteonen, überwiegend verlaufen sie parallel zur Längsachse des Knochens. Einige der Öffnungen sind aber im Querschnitt tangential getroffen, was bedeutet, dass der Kanal quer zur Längsachse des Knochens verläuft. Sie sind wohl als die Kanäle der subperiostalen Blutgefäße zu interpretieren, die in Folge eines pathologischen Prozesses mit neugebautem Knochen ummauert wurden. Dieses würde die beobachtete lamelläre Schicht als eine Neubildung, nämlich eine periostotische Auflagerung, identifizieren. Das Knochengewebe unter den Gefäßöffnungen ist durch den vermuteten Prozess auf der Oberfläche nicht betroffen, die Neubildung ist auf der originalen Oberfläche des Knochens aufgelagert. Alle diese aufgeführten Merkmale deuten auf ein nicht physiologisches appositionelles Wachstum hin. Da die Auflagerung sehr gut organisiert ist und kein Faserknochen festgestellt wurde, ist anzunehmen, dass es sich um eine alte, längerfristig bestehende und langsam wachsende Struktur handelt.

### **Očkov 15/55**

Das Individuum aus dem Grab Oc 15/55 ist makroskopisch als Adultus – Maturus eher männlichen Geschlechts bestimmt worden. Die HMM Altersbestimmung ergibt ein Alter von 38,7-40,1 ± 6 Jahre. Die HML Altersbestimmung liegt bei (30) 35-45 Jahre, die Ergebnisse der verschiedenen Methoden zur Altersbestimmung stimmen überein.

Ein Fragment des Langknochens stammt wahrscheinlich aus der Tibia oder möglicherweise aus dem Humerus. Der makroskopische Befund interpretierte die Oberfläche als intravitale Streifung, was ein Zeichen eines pathologischen Prozesses im Sinne einer Periostose oder Periostitis sein kann. Die histologische Untersuchung stellte fest, dass es sich um postmortale hitzebedingten Artefakte handelt. Die durch Verbrennung entstandenen Risse zusammen mit der Schrumpfung und Deformation des Knochengewebes haben das Aussehen

der Oberfläche geändert, so dass die Strukturen spezifischen Polstern ähneln. Die Polster sind Knochenneubildungen, die als Merkmal spezifischer Entzündungen (z.B. bei Syphilis) gedeutet werden (Schultz – Teschler-Nicola 1987). In diesem Fall sind aber anhand von Spuren postmortaler Beschädigung die „Polster-ähnlichen Strukturen“ eindeutig als pseudopathologisches Artefakt zu bewerten. Die histologische Untersuchung hat in diesem Fall eine falsche makroskopisch bestimmte Diagnose (Periostose/Periostitis) ausgeschlossen und die Diagnose als Pseudopathologie bestätigt.

Die poröse Oberfläche eines Fragmentes der Orbita ist makroskopisch als Nachweis eines möglichen entzündlichen Prozesses in der Stirnhöhle interpretiert worden, die Öffnungen wurden als Spuren einer Hypervaskularisation bewertet. Die mikroskopische Untersuchung hat eine starke postmortale hitzebedingte Beschädigung des Fragmentes festgestellt, die porösen Strukturen sind als hitzebedingte Artefakte zu interpretieren. Ob es sich um wirkliche intravitale Veränderungen handelt, die durch Hitze verformt und verfälscht worden sind, kann anhand der mikroskopischen Untersuchung nicht mit Sicherheit bestimmt werden, ist jedoch unwahrscheinlich. Die unregelmäßigen Knochenbälkchen der Diploë im Bereich des Arcus superciliaris, die in der Tat durch Hitze entstanden sind, könnten auch als entzündlich bedingte neugebildete Spongiosastrukturen ausgewertet werden. Die Bruchränder der Bälkchen und die Deformationsmuster der Fibrillen und Osteozytenlakunen deuten allerdings darauf hin, dass es sich um deformierte gesunde Spongiosa handelt. Die durch Hitze beschädigten und nachträglich durch Bodenerosion unregelmäßig erodierten Bruchränder sowie weitere Oberflächen zeigen pseudopathologische Veränderungen, die an Howship'sche Lakunen erinnern. Im Vergleich zu echten Howship'schen Lakunen sind diese pseudopathologischen, hitzebedingten Exemplare unregelmäßig in ihrer Form und von unterschiedlicher Größe. Es handelt sich um eine Pseudopathologie.

Zwischen den menschlichen Brandknochen aus dem Grab Očkov 15/55 ist ein Fragment eines Knochens identifiziert worden, das vermutliche Spuren von Bearbeitung aufweist. Die glatte Oberfläche wurde als bearbeitet bestimmt, somit handelt es sich tatsächlich um Reste einer Durchlochung. Es könnte sich um einen Teil der Kleidung (z.B. Klammer oder Knopf) oder den Teil eines Schmuckes handeln. Die nachträglich durchgeführte histologische Untersuchung bestätigte, dass das Fragment von einem Tierknochen stammt. Die Oberflächen des Knochens sind beidseitig gleichmäßig geglättet, die ursprüngliche originale Knochenoberfläche ist nicht erhalten. Dies bestätigt die Theorie der anthropogenen Bearbeitung im Sinne eines Artefaktes, dessen ursprüngliche Funktion nicht bestimmt werden kann. Auch im mikroskopischen Befund sind anhand der hitzebedingten Veränderungen keine Nachweise der Art

der Bearbeitung (Werkzeug, Methode) zu identifizieren. Die elektronenmikroskopische Untersuchung bietet in diesem Fall keine Aussagemöglichkeiten, die ihr Einsetzen befürworten könnte. Die histologische Untersuchung dagegen bietet Möglichkeiten zur Überprüfung des Herstellungsmaterials sowie die Bestätigung der vermuteten Bearbeitung des Objektes.

### **Očkov 17/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 17/55 ist makroskopisch als erwachsener (wohl Adultus bis Maturus) Mensch mit unbestimmbarem Geschlecht ausgewertet worden. Die HML Untersuchung bestimmt das Individuum anhand altersbedingter Osteoporose als spätmatur oder senil (55-70 Jahre), die HMM ergibt ein niedrigeres Alter von  $39,1-52 \pm 6$  Jahre. Die HML Auswertung ist als maßgeblich anzunehmen (vgl. Oc 2/53).

### **Očkov 19/55**

Im Grab Očkov 19/55 sind makroskopisch zwei Individuen identifiziert worden. Der Inhalt des Grabes bestand aus schlecht erhaltenen Fragmenten des Schädels und zwei Fragmenten der Langknochen. Eines der Fragmente ist anhand seines Verbrennungsgrades und des Erhaltungszustands wohl zugehörig zu den anderen Knochen des Grabes, das andere ist aber anhand seines deutlich unterschiedlichen Verbrennungsgrades als wahrscheinliche Beimengung identifiziert worden. Die Altersbestimmung eines wahrscheinlich zusätzlichen Fragmentes ist makroskopisch anhand einer fortgeschrittenen Osteoporose als wahrscheinlich über 55 Jahre bestimmt worden. Die makroskopische Bestimmung der anderen Fragmente ergab keine genaue Altersdiagnose, das Geschlecht des Individuums ist nicht bestimmbar gewesen. Die HML ergab bei dem ersten Fragment ein Alter von wahrscheinlich über 60 Jahren, beim zweiten Fragment 35-45 Jahre. Die HMM ergab  $46,7-52,6 \pm 6$  Jahre beim ersten Fragment und  $31,3 \pm 6$  Jahre bei dem anderen. Die Altersbestimmungen des jüngeren Individuums (Ind. 2) stimmen überein, das Alter des überwiegend vertretenen Individuums wird unterschätzt. Dies ist ein weiteres Beispiel für die Abweichungen, die ein osteoporotisch veränderter Knochen bei der HMM Auswertung hervorruft. Diese Ergebnisse bestätigen gleichzeitig die Diagnose, dass es sich um Fragmente aus zwei verschiedenen Brandbestattungen handelt.

### **Očkov 20/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 20/55 ist makroskopisch als Adultus – Maturus mit unbestimmbarem Geschlecht eingestuft worden. Die HML Altersbestimmung ergibt ein

Alter von 20 – 30 Jahren, die HMM Untersuchung bestimmt ein frühadultes Alter. Falls sich bei dem zweiten histologisch untersuchten Fragment um einen Teil des Femurs handelt, liegt die HMM Untersuchung bei  $21,6-23,1 \pm 6$  Jahre, sollte es sich um eine Tibia handeln, ergäbe die Methode ein Alter von  $19,2-22,5 \pm 6$  Jahre. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden zur Altersbestimmung stimmen überein.

Auf der Oberfläche eines näher nicht bestimmbar Fragmentes eines Langknochens ist makroskopisch eine streifige Struktur beobachtet worden, die an eine longitudinale Längsstreifung erinnert. Differentialdiagnostisch könnte es sich um eine postmortale Beschädigung handeln, das Fragment wurde deswegen histologisch untersucht. Die mikroskopische Untersuchung bestätigte den intravitalen Ursprung der Veränderungen und identifizierte sie als Abdrücke subperiostaler Blutgefäße. Die festgestellten Gefäßimpressionen auf der Oberfläche des Fragmentes sind als Nachweis eines pathologischen Prozesses zu bewerten. Anhand der starken diagenetischen Beschädigung ist eine genaue Diagnose auch histologisch ausgeschlossen, es kann vermutet werden, dass es sich eher um einen periostotischen Prozess handelte. Die longitudinale Streifung auf der Oberfläche der Langknochen wird als ein unspezifischer Stressmarker bewertet (vgl. Braulke 2005). Als eine mögliche Differentialdiagnose wäre an unspezifische periostotische Veränderungen, wie z.B. an ein Hämatom, eine kleine Verletzung (Mikrotrauma) oder z.B. an ein Muskeltrauma zu denken. Der Prozess ist aber wahrscheinlich unter die Kategorie der unspezifischen Stressmarker einzuordnen, ähnlich wie z.B. Harrislinien (vgl. Schultz 1988b). Sollte es sich um ein anderes pathologisches Geschehen handeln, wäre dieses sehr gut verheilt und integriert, es wäre anzunehmen, dass es eine sehr alte und in Folge des Knochenumbaus ins Knochengewebe eingebaute Veränderung war, die lange vor dem Tod des Individuums (mindestens mehrere Jahre) entstanden ist.

### **Očkov 21/55**

Das Individuum aus dem Grab 21 ist makroskopisch als Kind (Infans I) bestimmt worden. Die HML bestätigt das Alter von Infans I – Infans II. Die HMM schätzt das Alter auf  $15,7-20,5 \pm 6$  Jahre. Der Knochen besteht aus primärem Lamellenknochen mit primären Osteonen, die nach der Methode Kerley 1965 als Nicht-Havers'sche Systeme zu bewerten sind. Der unregelmäßige Aufbau des Knochens (wenige Osteone und Fragmente, viele Nicht-Havers'sche Systeme und eine massive äußere GL) ist durch den schnellen Umbau und das Wachstum des Knochengewebes eines Kindes verursacht. Diese schnelle Umbaurate erhöht die Zahl der Osteone und fragmentierten Osteone und somit fälschlicherweise auch das berechnete durchschnittliche Alter nach der Gleichung Kerley – Ubelaker 1978. Aufgrund die-

ser Erfahrung muss empfohlen werden, die HMM Altersbestimmung nicht nur für Knochen alter Individuen (Osteoporose), sondern auch für Knochen kleiner Kinder mit starker Umbauaktivität mit Vorsicht zu betrachten. Die standardisierten makroskopischen anthropologischen Methoden, unterstützt und verifiziert durch die HML Auswertung, haben sich als zuverlässiger erwiesen.

### **Očkov 22/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 22/55 ist makroskopisch als Erwachsener (Adultus +) mit unbestimmbarem Geschlecht ausgewertet worden. Die HML Untersuchung identifiziert bei diesem Individuum eine deutliche altersbedingte Osteoporose, das Alter wird somit auf (55) 60+ bestimmt. Die HMM Altersbestimmung ergibt ein Alter von  $48,1-51,6 \pm 6$  Jahre, eine deutliche Unterschätzung. Das HMM bestimmte Alter ist durch die Rarefizierung des Knochengewebes in Folge der Osteoporose als zu niedrig berechnet worden, wie es auch bereits bei anderen ähnlichen von Osteoporose betroffenen Fällen geschehen ist (vgl. Oc 2/53).

### **Očkov 25/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 25/55 ist makroskopisch als tendenziell weiblich und ausgewachsen (Adultus +) bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung identifiziert das Alter als 25-35 Jahre, die HMM bestätigt mit einer Aussage von  $36,3-37,4 \pm 6$  Jahre diese Diagnose. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden zur Altersbestimmung stimmen überein.

Ein Fragment flachen Knochens, das auf einer Seite mit Spongiosa bedeckt war, ist makroskopisch eindeutig als Schädeldachfragment bestätigt worden. Die oberflächige Vertiefung ist als Teil eines der Sulci der venösen Blutleitern der harten Hirnhaut bestimmt worden, eine Prädispositionsstelle für eine hämorrhagisch bedingte Auflagerung. Eine histologische Untersuchung, die ursprünglich nur diese Diagnose überprüfen sollte, lieferte ein überraschendes Ergebnis. Die dünne Kortikalis (vermutete Lamina interna), dünne Spongiosabälkchen und vergrößerte Räume des roten Knochenmarkes wären bei einem Schädelfragment als Spuren eines pathologischen Prozesses zu interpretieren. In Frage kämen z.B. Prozesse, die als Folge eine Hypertrophie des roten Knochenmarkes haben, wie etwa Anämie. Der regelmäßige Aufbau der Bälkchen und das Fehlen von Merkmalen, die auf einen pathologischen Prozess deuten würden, schließen aber die Hypothese eines pathologisch veränderten Schädeldachknochens aus. Mikroskopische Strukturen der Kortikalis sowie Aufbau und Größe der Räume der

Spongiosa sind aber typisch für Fragmente der flachen Knochen des postkranialen Skelets, wie z.B. des Beckens, wahrscheinlich des Os iliums. Die oberflächlichen Strukturen sind anhand der histologischen Untersuchung eindeutig als postmortale, hitzebedingte Veränderungen identifiziert worden.

Die histologische Untersuchung kann in diesem Fall daher die Zuordnung des Knochenfragmentes ermöglichen.

### **Očkov 27/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 27/55 ist makroskopisch als Erwachsener (Adultus +) unbestimmten Geschlechts zugeordnet worden. Die Brandknochen sind stark fragmentiert und durch Erosion beschädigt. Die HML Untersuchung bestimmte das Alter anhand der beginnend vorliegenden Osteoporose als ein am wahrscheinlichsten spätmatures Individuum, Altersbestimmung (50) 55-65. Die HMM Untersuchung unterstützt mit einem Ergebnis von  $54,1-60,6 \pm 6$  Jahre diese Bestimmung.

Die wenigen vorhandenen Fragmente des Schädeldaches mit einer auswertbaren Oberfläche wiesen Spuren auf, die auf einen pathologischen Prozess zurückzuführen waren. Es handelt sich um ein Fragment des Stirnbeins im Bereich der Glabella, ohne erhaltene Lamina externa, mit einem vorhandenen Teil der Wand der Stirnhöhle und ein Fragment der Os occipitale mit einem Teil des Sinus transversus (wahrscheinlich der linken Seite) und der Sutura lambdoidea.

Die Oberfläche des Stirnbeinfragmentes (die Lamina interna) weist Spuren einer Hypervaskularisation auf, im Sinne von Gefäßimpressionen entlang der Crista frontalis. Die grob vernarbte Oberfläche weist auf einen wahrscheinlich verheilten meningealen Prozess hin. Die Oberfläche der Stirnhöhle ist wahrscheinlich durch einen entzündlichen Prozess verändert worden. Die Strukturen des Os occipitale weisen Spuren eines entzündlich-hämorrhagischen Prozesses auf, mit zungenartigen, flachen Neubildungen, die teilweise in die Oberfläche integriert sind. Als mögliche Diagnose wird eine verheilte Entzündung (Meningitis) in Betracht gezogen. Differentialdiagnostisch kann es sich um eine postmortale Veränderung durch Hitze handeln. Mikroskopische Untersuchungen bestätigten einen intravitalem Ursprung der Veränderungen, die auf einen entzündlichen Prozess zurückzuführen sind. Die Gefäßimpressionen auf der Oberfläche sind teilweise durch diagenetische Prozesse (Verbrennung) beschädigt worden, der intravitale Ursprung der Abdrücke ist aber nachweisbar. Auf der Lamina interna des Os frontale sowie auf der des Os occipitale sind integrierte Auflagerungen identifiziert worden. Die Diploë des Fragmentes des Os occipitale ist stellenweise sklerotisiert, verdickt

und weist eine unregelmäßige Struktur auf. Die Befunde deuten auf einen entzündlichen Prozess (Meningitis) hin. Differentialdiagnostisch kommt nur ein osteoblastisch-osteoklastisches tumoröses Geschehen in Frage, dafür fehlen aber einige der wichtigen Merkmale (Howship'sche Lakunen, Destruktion des Gewebes ohne Spuren einer Reparatur, unregelmäßig aufgebaute Neubildungen). Die Veränderungen im Sinus frontalis deuten mikroskopisch auf einen entzündlichen Prozess (Sinusitis frontalis) hin. Spuren einer Hypervaskularisation (Gefäßimpressionen) sind vorhanden, deshalb besteht der Verdacht auf einen Abbau des Gewebes durch Lakunen mit Resten Howship'scher Lakunen, welche aber histologisch nicht bestätigt werden konnten, da das Gewebe durch die Verbrennung zu beschädigt ist. Differentialdiagnostisch könnte es sich in ähnlichen Fällen um hitzebedingte Veränderungen handeln. In einem solchen Fall hätte man aber Spuren einer postmortalen Veränderung in Form von Rissen im Gewebe und Schrumpfung erkannt, spätestens bei einer Untersuchung mit hoher Vergrößerung, was nicht der Fall war. Die mikroskopische Untersuchung bestätigt einen intravitalen Ursprung des Prozesses.

### **Očkov 29a/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 29a/55 ist makroskopisch als tendenziell männlich, Adultus – Maturus, bestimmt worden. Die HML Untersuchung zweier Fragmente der Langknochen bestimmte das Alter auf ca. 30-45 Jahre und die HMM Untersuchung ergab ein Alter von  $25,6-28,8 \pm 6$  Jahre. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein. Außerdem ist zusätzlich ein längeres (ca. 11 cm) Fragment des Femurs geröntgt worden. Das Röntgenbild zeigte ein durch Hitze stark beschädigtes, aber ansonsten unauffälliges kompaktes Gewebe ohne Spuren von Osteoporose.

An einigen Fragmenten des Schädeldaches (ein Fragment des Os parietale in der Nähe der Sutura sagittalis und ein Fragment der Os occipitale im Bereich des Sinus transversus) befinden sich Spuren eines wahrscheinlich integrierten, hämorrhagisch-entzündlichen Prozesses in Form netzartiger Blutgefäßimpressionen und einer porösen Oberfläche der Lamina interna der Os parietale. Die histologische Untersuchung bestätigte einen intravitalen Prozess. Die Veränderungen sind als verheilte, gut integrierte meningeale Reizung zu interpretieren, wahrscheinlich eine hämorrhagisch-entzündliche Reaktion. Da die Veränderungen sehr gut in die ursprünglichen Oberfläche integriert sind, ist es wahrscheinlich das bestmögliche Diagnoseergebnis, das in solchen Fällen zu treffen ist.

**Očkov 30/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 30/55 ist makroskopisch als subadult (Inf. II – Juvenis) mit unbestimmbarem Geschlecht identifiziert worden. Die HML Untersuchung kann aufgrund des unregelmäßigen Aufbaus des Knochengewebes keine genauere Diagnose treffen, als 20-45 Jahre, die HMM Bestimmung berechnet  $20,8-27,4 \pm 6$  Jahre. Es handelt sich um ein typisches Beispiel für eine histologisch falsche Diagnose, da die wachsenden Knochen (besonders bei den schnell wachsenden Jugendlichen) oft einen Aufbau besitzen, welcher in der Dichte des sekundären Knochengewebes und seiner Struktur an das Gewebe von Knochen junger Erwachsener erinnern (vgl. Oc 21/55).

**Očkov 34/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 34/55 ist makroskopisch als wahrscheinlich weiblich, Adultus II – Maturus, bestimmt worden. Für die histologische Untersuchung des Lebensalters sind zwei Brandknochenfragmente ausgewählt worden. Das Präparat Nr. 1 hat die makroskopische Altersbestimmung bestätigt, mit der HMM Bestimmung von 27,2 Jahren ( $\pm 6$  J.) und HML Bestimmung von 30-40 (45) Jahren. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein. Der zweite Dünnschliff ist aber als ein nicht erwachsenes Individuum, Infans II – Juvenis, zu bestimmen. Dies schließt einen Zusammenhang mit dem ersten Präparat aus. Es ist zu vermuten, dass es sich um eine Beimengung eines zweiten, deutlich jüngeren Individuums handelt.

**Očkov 36/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 36/55 ist makroskopisch als tendenziell männlich, Alter Adultus – Maturus bestimmt worden. Die histologische Untersuchung bestätigt diese Altersschätzung mit einem bestimmten Alter von (30) 35-45 (HML), bzw. 30-47 Jahren ( $\pm 6$  Jahre, HMM).

An einigen der Fragmente der näher nicht bestimmbaren Langknochen ist makroskopisch eine Struktur beobachtet worden, die an longitudinale Streifung erinnerte. Diese könnte differentialdiagnostisch als Spuren einer periostalen Reaktion (Periostose oder Periostitis) verschiedenen Ursprungs bewertet werden. Im Fall der Präparate 3 und 4 sind die Strukturen als eindeutig postmortal identifiziert worden. Die hitzebedingte Schrumpfung der Oberfläche, die Deformation der restlichen Bereiche der äußeren GL und die länglichen Risse der Oberfläche haben im makroskopischen Bild eine längsstreifungs-ähnliche Struktur vorgetäuscht.

Die Fragmente der Schädelknochen wiesen makroskopisch vermutete pathologische Merkmale auf. An einem Fragment des Orbitadaches und des Arcus superciliaris, wurde eine Porosität im Sinne einer Hypervaskularisation bestimmt. Dies ist am wahrscheinlichsten als Nachweis eines entzündlichen Prozesses in der Stirnhöhle (Sinusitis frontalis) zu interpretieren. Im histologischen Bild ist der intravitale Ursprung des Prozesses nicht zu bestätigen. Die Lamina externa ist durch diagenetische Prozesse beschädigt, die Porosität ist nicht auswertbar. Die Diploë sowie die Lamina interna sind nicht merkbar betroffen worden, dies lässt sich aber anhand der Hitzeveränderungen nicht mit Sicherheit beurteilen. Im rasterelektronenmikroskopischen Bild ist die Lamina externa durch Hitze stark beschädigt, der intravitale Ursprung der porösen Oberfläche ist aber nachweisbar. Da es aber an anderen sicheren Nachweisen mangelt, kann der Fall nur als Hypervaskularisation und Verdacht auf eine Stirnhöhlenentzündung interpretiert werden.

Ein Fragment, wahrscheinlich aus der Schädelbasis, ist nicht sicher zugeordnet worden. Die Lamina externa weist eine leicht poröse, regelmäßige Oberfläche auf, die in Abhängigkeit zu der unsicheren Stelle der Probenentnahme als physiologisch zu bewerten ist. Die Lamina interna ist stark diagenetisch (Verbrennung und Erosion) beschädigt, die histologische Untersuchung bestätigt aber die Existenz intravitale Gefäßimpressionen. Dies kann als Nachweis einer Hypervaskularisation im Sinne einer meningealen Reizung (z.B. ein hämorrhagisch-entzündlicher Prozess) interpretiert werden. Differentialdiagnostisch muss mit einer Möglichkeit gerechnet werden, dass einige kleine Gefäßimpressionen in bestimmten Bereichen der Schädelbasis auch physiologisch bedingt sein können. Die unsichere Zuordnung des Fragmentes verhindert die Diagnose eines pathologischen Prozesses. Die makroskopisch vermuteten Reste einer Auflagerung sind mikroskopisch nicht bestätigt worden, anhand der postmortalen Beschädigung ist die Aussage unzuverlässig. Die Diploë des Fragmentes ist deutlich aufgelockert, mit vergrößerten Spongiosaräumen, stellenweise ist die Diploë sklerosiert, mit dichten Stellen, die mit Osteonen organisiert sind. Diese Veränderungen könnten als Nachweis eines entzündlichen Prozesses interpretiert werden. Für eine zuverlässige Diagnose der Entzündung sind aber bei dem Präparat keine überzeugenden Merkmale nachgewiesen worden. Die Strukturen, die an einen pathologischen Prozess erinnern, weisen keine Spuren unregelmäßigen Abbaus des Knochengewebes (Howship'sche Lakunen) auf. Die Sklerosierung der Diploë ist eher auf die unmittelbare Nähe einer Schädelnaht zurückzuführen. Dieses kann aber nicht mit Sicherheit bestätigt werden, weil es nicht bekannt ist, um was für einen Bereich der Schädelbasis es sich handelt. In diesem Fall kann eine zuverlässige Diagnose

nicht getroffen werden, sogar mit Hilfe beider histologischen und der elektronenmikroskopischen Untersuchungen.

### **Očkov 37/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 37/55 ist makroskopisch als Infans (Infans Ib/II) bestimmt worden. Zusätzlich wurden wahrscheinlich als Beimengung zwei Fragmente von Erwachsenenknöcheln identifiziert. Die mikroskopische Altersbestimmung bestätigt die Altersdiagnose in beiden Fällen. Das subadulte Individuum ist HML als Infans (wahrscheinlich Infans Ib/II), HMM als  $9,8 - 13,2 \pm 6$  Jahre bestimmt worden. Die Ergebnisse stimmen überein. Die Fragmente der Erwachsenenknöcheln wurden histologisch untersucht, um herauszufinden, ob es sich um ein einziges Individuum handeln könnte oder ob die Fragmente von verschiedenen Skeleten stammen. Die HMM Untersuchung ergab bei einem der Fragmente ein Alter von  $26,6 \pm 6$  Jahren, bei dem anderen  $20,1 \pm 6$  Jahre. Die HML Untersuchung bestimmte beide Fragmente als Adultus, das erste Präparat als 20-30 Jahre, das andere als 25-35 Jahre. Die Bestimmung des eher etwas älteren Individuums stimmt nicht mit der histomorphometrischen Untersuchung überein, die das andere Fragment als zu einem etwas älteren Individuum gehörig bestimmt hat. Anhand dieser Aussage kann nicht entschieden werden, ob es sich in diesem Fall um zwei unterschiedliche Individuen handeln kann, da mit einer Variabilität der Ergebnisse sowie postmortal unterschiedlich veränderten Merkmalen am vorliegenden Knochenmaterial zu rechnen ist.

### **Očkov 39/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 39/55 ist makroskopisch als tendenziell weiblich, Alter Adultus – Maturus bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung ergab ein Alter von 20 – 35 Jahren, die HMM Auswertung bestätigt diese Diagnose mit einem Wert von  $22,7 - 24,4 \pm 6$  Jahre.

Die histologische Untersuchung eines Tibiafragments ergab eine Struktur auf der Oberfläche, die bei niedrigerer Vergrößerung an eine Auflagerung in Sinne einer Periostose erinnerte. Die Diagnose einer solchen Veränderung wäre am wahrscheinlichsten eine subperiostale Blutung, bzw. ein integriertes Hämatom. Differentialdiagnostisch könnten andere Gründe für nicht-entzündliche Neubildungen auf der Oberfläche der Langknochen in Erwägung gezogen werden (z.B. Pierre-Marie-Bamberger Syndrom, tumorbedingte Periostose). Eine genaue Untersuchung identifizierte jedoch dieses Objekt als eindeutig postmortal, die

durch Hitze beschädigte Oberfläche täuscht eine intravitale Veränderung vor. Somit handelt es sich um den Fall einer Pseudopathologie.

Auf der Oberfläche eines Arcus superciliaris ist bei der makroskopischen Untersuchung eine poröse Fläche beobachtet worden, die als Verdacht auf eine Entzündung der Stirnhöhle (Sinusitis frontalis) diagnostiziert wurde. Die histologische Untersuchung ergab, dass die Oberfläche des Arcus postmortal erodiert war und die Oberfläche lässt sich nicht mit Sicherheit interpretieren. Es ist anzunehmen, dass die makroskopisch beobachteten Veränderungen ebenfalls der postmortalen Beschädigung zuzuschreiben sind. Von der inneren Seite des Fragmentes (vermuteter Sinus frontalis) ist bei einem histologischen Präparat eine unregelmäßige Struktur beobachtet worden, die an eine massive Auflagerung auf der Oberfläche des Sinus erinnerte. Da diese erste Untersuchung nicht alle Fragen klären konnte (eine derart massive poröse Auflagerung, bzw. poröse Verfüllung des Sinus entspricht nicht dem Krankheitsbild der Sinusitis frontalis), ist ein zweiter Dünnschliff etwa einen Millimeter medial vom ersten entfernt vorbereitet worden. Dieser Dünnschliff identifizierte die vermutlichen Neubildungen als postmortal (hitzebedingt) deformierte Diploëbälkchen und somit als Pseudopathologie.

### **Očkov 41/55**

Das Individuum aus dem Grab 41/55 ist makroskopisch als Infans I (Inf. Ia) ausgewertet worden. Eines der Fragmente wurde als Beimengung aus einem anderen Grab bewertet, da es sich makroskopisch von den restlichen Fragmenten unterschied und wohl von einem Erwachsenen stammte. Im mikroskopischen Bild stellte sich jedoch heraus, dass es sich ebenfalls um einen Kinderknochen handelte, weshalb nicht unterschieden werden kann, ob es in der Tat um eine Beimengung handelt oder um Knochen desselben Individuums. Ein anderer Verbrennungsgrad kann durchaus auch innerhalb eines Brandgrabes auftreten (ein anderer Bereich des Scheiterhaufens, ein Knochen, der am Rand gelegen hat etc., Dokládál 1999, Großkopf 2004, Schultz 1986). Das Fragment ist im Vergleich mit anderen untersuchten Fragmenten deutlich dicker, was auch innerhalb der Knochen eines Individuums auftreten kann, wie z. B. wenn das dickere Fragment vom Femur stammt und die anderen vom z. B. Arm entnommen worden wären. Die histologische Untersuchung kann in diesem Fall nicht unterscheiden, ob es sich um ein oder mehrere Individuen handelt. Auch die HMM Auswertung kann in diesem Fall keine entscheidenden Ergebnisse liefern. Die Untersuchung ist zwar durchgeführt worden, aber von insgesamt drei Präparaten, die zur Verfügung standen, ist nur einziger Wert auswertbar gewesen (12,5 Jahre laut Anzahl der intakten Osteone in einem der

Felder des ersten Präparates). Die gesamte Anzahl der Werte, deren Durchschnitt dann die HMM Altersbestimmung repräsentieren würde, beträgt im idealen Fall für drei Präparate insgesamt 48 Werte (vier Felder pro Präparat und jeweils vier Werte pro Feld). Auch wenn bei Brandknochen nur ein oder zwei Felder pro Präparat zur Verfügung stehen (was meistens der Fall ist), ist die Anzahl der Werte für drei Dünnschliffe 12 oder 24. Das Ergebnis der Untersuchung des Grabes 41/55 kann mit einem einzigen Wert von drei Präparaten nicht als zufriedenstellend betrachtet werden und kann nicht als relevant für die Diagnose in Betracht gezogen werden.

### **Očkov 43/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 43/55 ist makroskopisch als Maturus – Senilis bestimmt worden. Die HML Untersuchung bestimmt das Alter auf (55) 60-(70). Die HMM Altersbestimmung konnte aufgrund der deutlichen Osteoporose, Knochenverdünnung, Spongiosierung der Markröhre und postmortalen hitzebedingten Beschädigung nicht durchgeführt werden. Das Geschlecht des Individuums ist nicht bestimmbar.

Makroskopisch wurden auf der Lamina interna des Schädeldaches entzündlich bedingte Veränderungen bestimmt. An einen Fragmenten des Os parietale sind intravitale Gefäßimpressionen und eine Auflagerung im Sinne einer regelmäßigen, teilweise integrierten Platte gefunden worden. Ein weiteres Fragment des Schädeldaches wies eine unregelmäßige, höckerige, vernarbte Oberfläche mit häufigen Gefäßimpressionen im Sinne eines vernarbten integrierten Prozesses auf.

Histologisch sind die Veränderungen als intravital entstanden bestätigt worden. Es handelt sich um eine verheilte, entzündliche Reaktion der Hirnhaut (Meningitis), welche auch die Diploë des Schädeldaches beeinflusst hat. Auf der Oberfläche des Os parietale befinden sich intravitale Gefäßimpressionen, die auf eine Hypervaskularisation der Hirnhaut hindeuten. Die Abdrücke sind zum Teil durch hitzebedingte Veränderungen verfälscht worden. Anhand des Verlaufes der Lamellen sowie der Form, Entfernung und Größe der Osteozytenlakunen können sie jedoch eindeutig als intravital entstanden bestimmt werden. Dies deutet differentialdiagnostisch auf eine hämorrhagisch-entzündliche Reaktion der Hirnhaut hin. Eine aufgelagerte Platte hat einen direkten Zusammenhang mit der abgebauten Lamina interna des Schädeldachknochens. Dies deutet ebenso wie die veränderte Struktur der Diploë auf einen entzündlichen Prozess hin. Der Prozess ist wahrscheinlich völlig verheilt und lange Zeit überstanden gewesen, da alle nachgewiesenen Strukturen Spuren von Integration und Organisierung aufweisen.

An einem der wenigen Fragmente des postkranialen Skelets ist makroskopisch ein Verdacht auf Spuren eines kleinen Muskel- oder Sehnentraumas geäußert worden. Die vermuteten unregelmäßigen, neugebildeten Strukturen am Rand des Muskelansatzes weisen deutliche postmortale, hitzebedingte Beschädigungen auf, sie wurden deshalb mit dem Rasterelektronenmikroskop untersucht. Die elektronenmikroskopische Untersuchung schließt den intravitalen Ursprung der Veränderungen aus, es handelt sich um eine hitzebedingte Beschädigung der Oberfläche. Die Risse der beschädigten Knochenoberfläche und die Deformation durch hitzebedingte Spannung verfälschten die makroskopische Aussage.

### **Očkov 44/55**

Das Individuum aus dem Grab Očkov 44/55 ist makroskopisch als Erwachsener (Adultus +) mit unbestimmbarem Geschlecht identifiziert worden. Die HMM Untersuchung lieferte ein Ergebnis von  $46,5 - 54,1 \pm 6$  Jahre. Dagegen wurden bei der HML Altersbestimmung Spuren altersbedingter Osteoporose und somit ein Alter von mindestens (55) 60 Jahre (55 – 70 Jahre). Es ist anzunehmen, dass die HMM Altersbestimmung das Alter des Individuums unterschätzt (vgl. Ind. Oc 2/53).

### **10.9. Gräberfeld Šitbořice**

Die Altersbestimmung der Population des Gräberfeldes in Šitbořice lieferte ein durchschnittliches Sterbealter von 40,4 Jahren. Das ist im Durchschnitt 7,3 Jahre höher als der Wert für das Gräberfeld in Očkov (durchschnittliches Sterbealter 33,1 Jahre). Dieser Unterschied könnte auf die statistische Abweichung beider recht kleinen Serien zurückgeführt werden (nur 29 bzw. 51 Individuen), als tendenzzeigend ist dieser Vergleich jedoch zulässig. Der Unterschied lässt sich nicht durch die Lebensbedingungen oder unterschiedliche Kulturen beider Populationen erklären. Beide Populationen stammen aus der germanischen Bevölkerung des nördlichen Mitteldonauraums (vgl. Tejral 1971), aus geographisch, klimatisch und ökologisch sehr nahen Regionen (südöstliches Mähren, bzw. westliches Slowakei) und beide datieren überwiegend in die jüngere Römische Kaiserzeit (2. Hälfte des zweiten bis viertes Jahrhundert n. Chr. bzw. drittes bis viertes Jahrhundert n. Chr.). Somit sind keine größeren Unterschiede in der Lebensqualität anzunehmen. Der Unterschied im ermittelten Sterbealter könnte sich anhand der unterschiedlichen Erhaltungszustände beider Knochenserien erklären lassen. Die Erosion der Oberfläche der Knochen aus Šitbořice könnte zur Zerstörung der ursprünglich vorhandenen Generallamellen geführt haben. Dies würde zur einer Änderung der HML Altersbestimmung führen. Nicht einmal im mikroskopischen Bild ist in manchen Fällen zu un-

terscheiden, ob die Oberfläche original vorhanden, aber durch Erosion beschädigt ist, oder ob sie durch Erosion komplett abgewaschen wurde. Die Übergangszone zwischen den äußeren Osteonen und der äußeren GL ist in der Regel glatt und mit der fehlenden GL (und etwas Erosion) kann sie leicht mit der ursprünglichen Oberfläche verwechselt werden, dasselbe gilt auch für die besser geschützte, aber dünnere und so anfälligere innere GL. Damit könnten die Fragmente öfters als „intravital ohne GL“ bewertet worden sein. Mit der Auswertung der Osteonengröße wird dieser Fehler teilweise behoben, er erreicht keinesfalls mehr als 10-15 Jahre Abweichung. Allerdings kann das Unterscheidungskriterium zwischen „25-35 Jahre“ und „35-45“ Jahre (d.h. innere GL in Fragmenten vorhanden bzw. nicht vorhanden), oder „(30)35-45“ und „(40)45-55“ (d.h. äußere GL vorhanden, die innere nicht, bzw. keine GL vorhanden, aber keine Spuren der Osteoporose) nur auf Grundlage der Osteonengröße nicht getroffen werden. Das Gräberfeld Šitbořice lieferte durch den extrem schlechten Erhaltungszustand seiner Knochen nur wenig paläopathologisch relevante Information. Die insgesamt schwächere Verbrennung (III-IV nach Dokládál 1999), die bodenlagerungsbedingte Erosion und das wahrscheinliche Waschen der Funde führten zur fast vollständigen Zerstörung der originalen Knochenoberflächen. Zufälligerweise lieferte trotzdem ein Grab dieses Gräberfeldes die interessanteste Diagnose dieser Untersuchung. Das Individuum aus dem Grab Šitbořice 14 litt an einem metastasierenden osteoblastisch-osteoklastischen Tumor, z.B. ein Prostata- oder Mammakarzinom (als Primärtumor), der als die wahrscheinliche Todesursache zu bewerten ist. Ansonsten ist in einem Fall eine stark beschädigte Auflagerung im Sinne eines hämorrhagisch-entzündlichen Prozesses auf der Oberfläche eines Langknochens identifiziert worden (Präparat Si 36:1) und ein näher nicht identifizierbarer osteolytischer Prozess im Compactknochen (Präparat Si 39:1). Mit diesen Ergebnissen ergibt sich eine Häufigkeit nachgewiesener pathologischer Prozesse von insgesamt 3 (10,3%, 3/29), und zwar bei extrem schlecht erhaltenen Brandknochen.

### **Šitbořice Y**

Die Brandknochen aus dem Komplex, der vorläufig als Grab Šitbořice Y bezeichnet ist, stammen aus einer unklaren Situation. Nach Angaben der Archäologen handelte sich beim Grab Šitbořice Y um eine nicht sicher bestimmbare Kumulation von Brandknochen, ohne Klarheit darüber, ob es möglicherweise nur eine Anhäufung von Fragmenten ohne Zusammenhang sein könnte. Die makroskopische Untersuchung ergab keine Ergebnisse, die eine zuverlässige Bestimmung anbieten würden. Die unterschiedlichen Auswertungen der beiden histologischen Präparate aus dem Komplex mit der Bezeichnung Šitbořice Y deuten darauf

hin, dass es sich mit großer Wahrscheinlichkeit um verschiedene Individuen handelt. Das Präparat Nr. 1 mit Resten der inneren GL und der mikroskopischer Struktur eines jungen Individuums kann nicht mit dem anderen Präparat mit deutlichen Spuren von Osteoporose in Zusammenhang gebracht werden, sie stammen von Individuen mit deutlich unterschiedlichem Alter. Das erste Individuum ist histomorphologisch als 25-35 Jahre alt bestimmt worden. Die HMM Bestimmung weicht mit ihrem Ergebnis von  $16,1 \pm 6$  Jahre deutlich ab. Diese Altersbestimmung basiert allerdings nur auf einem einzigen messbaren Wert (Anzahl der Osteone in einem Bereich), womit sie als unzuverlässig zu betrachten ist. Das zweite Individuum ist HML 50-65 Jahre alt bestimmt worden. Die deutliche Osteoporose und die Erhaltung des Fragmentes (auch in diesem Fall ist nur ein einziger Wert, die Anzahl der Osteone in einem Bereich ausgewertet worden) lieferten in der HMM Altersbestimmung eine Auswertung von  $12,5 \pm 6$  Jahre. Dieses Ergebnis ist dementsprechend als klar unzuverlässig zu sehen.

Das zweite Fragment (das vermutete Individuum 2) weist auf der Oberfläche eine auflagerungsähnliche Struktur auf. Mit einer genaueren Untersuchung in höherer Vergrößerung sind Kollagenfibrillen entdeckt worden, die in einem scharfen Winkel gegen die Oberfläche angeordnet waren. Das Objekt entspricht nur teilweise den Strukturen der Muskelansätze, die Schicht der Kollagenfibrillen ist sehr kompakt, ohne sekundären Knochenumbau, wie es im Regelfall bei beobachteten Muskelansätzen der Fall ist. Eine wahrscheinliche Erklärung ist die Möglichkeit eines massiven, stark belasteten Muskelansatzes, bei welchem das Gewebe nicht aufgelockert wurde, oder eine kleine, verheilte Muskelverletzung (Myotendopathia), die durch „Zumauerung“ des beschädigten Bereiches verheilt war. Diese Diagnose ist wegen des unregelmäßigen Aufbaus des Objektes, aufgrund des Erhaltungszustandes und der unbekanntem Lokalisation des Fragmentes im Knochen, nicht sicher zu bestätigen. Eine Differentialdiagnose als alte integrierte Auflagerung oder Rest der deformierten Generallamelle kann nicht ausgeschlossen werden. Falls es sich in der Tat um Reste der äußeren GL handeln würde, wären die osteoporotischen Veränderungen als ein pathologischer Prozess unbekannter Genese zu bewerten. Es sind keine Nachweise für einen pathologischen Ursprung der Osteoporose gefunden worden (z.B. osteoklastischer Abbau mit irregulären Howship'schen Lakunen o.ä.), die Hypothese des Vorhandensein von Resten der äußeren GL kann in diesem Zusammenhang eher ausgeschlossen werden. Sollte es sich um eine integrierte Auflagerung handeln, kämen nur ein integriertes subperiostales Hämatom oder eine unspezifische periostotische Reaktion in Frage. Die Struktur weist keine klare Abgrenzung gegen die darunter liegende originale Knochenoberfläche auf, eine nur scheinbare Trennung bilden die regelmäßigen Havers'sche Kanäle und die hitzebedingt entstandene Risse. Diese Trennung wäre ein typisches

Merkmal einer subperiostalen Reaktion und, da sie im Fall Si Y-2 nicht nachgewiesen wurde, schließt diese Diagnose aus. Der schräge Verlauf der Kollagenfibrillen gegen die Oberfläche ist für eine integrierte Auflagerung nicht zu erwarten, die Kollagenfibrillen sind in solchen Fälle eher parallel zur Oberfläche orientiert. Eine spezifische Entzündung (beispielsweise Syphilis) ist mit Sicherheit auszuschließen, da diese als systemische Erkrankung an verschiedenen Knochen des Skelets nachweisbar ist, was nicht gegeben ist, und die Unterarme werden eher selten betroffen (Steinbock 1976). Die Knochenneubildungen der spezifischen Entzündungen weisen eine andere Struktur auf (Polsterbildung, Schultz – Teschler-Nicola 1987) als die beobachtete Struktur. Somit bleibt als die einfachste und wahrscheinlichste Diagnose ein durch Hitze stark veränderter und deformierter Muskelansatz mit möglichen Spuren einer verheilten Myotendopathie.

Mit Hilfe der histologischen Untersuchung kann in einigen Fällen bestimmt werden, ob es sich um ein einzelnes Individuum handelt, oder ob die Knochenüberreste mit Sicherheit nicht zu ein und derselben Person gehören können.

### **Šitbořice 9**

Das Individuum aus dem Grab Šitbořice 9 ist makroskopisch als wahrscheinlich erwachsenes Individuum (Juvenis +) mit unbestimmbarem Geschlecht zugeordnet worden. Die HML Altersbestimmung lieferte ein Ergebnis von 30-40 Jahren, die HMM Bestimmung ergab ein Alter von 54,0-69,5 ±6 Jahre. Hier handelt es sich um den einzigen Fall unter allen untersuchten Brandgräbern, bei dem sich nicht entscheiden lässt, welche Altersbestimmung als wohl zuverlässiger anzusehen ist. Die extrem schlechte Erhaltung der wahrscheinlich gewaschenen Fragmente der Brandknochen lieferte vermutlich abweichende Ergebnisse der HML Untersuchung. Möglicherweise sind die durch Erosion (Waschen) auf der neu entstandenen Oberfläche freigelegten Tangentiallamellen fälschlich als äußere GL ausgewertet worden und bei der HML Altersbestimmung wurde dadurch das Individualalter unterschätzt. Eine kontinuierliche Schicht Tangentiallamellen direkt auf der Oberfläche des Knochens ist von der äußeren GL nur schwierig zu unterscheiden (vgl. Kap. 9.2.2.). Aufgrund der Schrumpfung des Knochengewebes erreichten aber auch die Ergebnisse der HMM höhere Bereiche. In diesem Fall kann nicht entschieden werden, wie das Individuum zu bestimmen ist und es verbleibt bei einer unbefriedigenden Altersdiagnose von Adultus + (wohl 30-70) Jahren. Hier handelt es sich um ein Ergebnis, das sich von den Möglichkeiten der makroskopischen Untersuchungen nicht unterscheidet. Es ist aber anzumerken, dass es sich hier um den einzigen Fall unter allen

untersuchten Brandgräbern handelt, in dem die histologische Untersuchung kein präziseres und zuverlässigeres Ergebnis lieferte als die makroskopische Auswertung.

#### **Šitbořice 14**

Das Individuum aus dem Grab Šitbořice 14 ist makroskopisch als erwachsenes Individuum (Adultus +) mit unbestimmbarem Geschlecht identifiziert worden. Histologisch wurde im Grab das Vorhandensein zweier verschiedener Individuen festgestellt. Das Individuum 1 ist überwiegend vertreten, bei dem Individuum 2 handelt es sich wahrscheinlich um eine Beimengung aus einem anderen Grab. Die HML Altersbestimmung interpretiert das erste Individuum aufgrund von Osteoporose als über 50 (wohl 55-65) Jahre. Die HMM unterschätzt aufgrund der Rarefizierung des osteoporotischen Knochengewebes das Alter auf 37,8-44,8 ±6 Jahre. Die HML Untersuchung ist in diesem Fall, so wie in den anderen beschriebenen Fälle mit vorliegender Osteoporose, als zuverlässig zu sehen, und die HMM kann nicht berücksichtigt werden (vgl. Ind. Oc 2/53).

Das Individuum 2 ist anhand der mikroskopischen Struktur des Knochens HML als subadult (wohl Infans II oder Juvenis, 7-20 Jahre) bestimmt worden. Eine makroskopische Altersbestimmung ist nicht durchgeführt worden, weil dieses Individuum als vermutliche Beimengung erst histologisch identifiziert wurde. Die HMM Auswertung konnte nicht durchgeführt werden, weil der untersuchte Knochen (Humerus) für die Methode nach Kerley (1965) nicht geeignet ist. Die Identifikation der juvenilen Knochen ist aber mit Hilfe der Histomorphologie in der Regel zuverlässig (vgl. Kap. 9.2.2.1.).

An einem der nicht identifizierbaren Fragmente aus dem Grab, vermutlich einem Wirbelbogenfragment des überwiegend vertretenen Individuums (Ind. 1), ist bei der makroskopischen Untersuchung ein Bereich mit feiner, unregelmäßiger Spongiosa beobachtet worden. An dem unvollständigen und stark erodierten Knochen war eine Diagnose kompliziert, nach der lupenmikroskopischen Beobachtung ist sie als Verdacht auf eine Metastase festgelegt worden. Die histologische Untersuchung bestätigte diesen Verdacht. Es handelte sich um einen metastasierenden, tumorösen Prozess, ein osteoblastisch-osteoklastisches Karzinom. Die Metastase stammt mit höchster Wahrscheinlichkeit aus einem bösartigen Karzinom des Weichgewebes. Da es nicht möglich ist, die genaue Lokalisation der Metastase zu ermitteln, fehlen auch weitere Nachweise für eine Bestimmung, um welche Art Karzinom es sich genau handelte. Knochenmetastasen können in nur wenigen Formen beobachtet werden. Die häufigsten Knochenmetastasen sind osteoklastisch (bzw. osteolytisch), somit handelt es sich um Abbau des Knochengewebes. Dieses ist zystisch-schalig, es können osteoklastische Lochde-

fekte („Zysten“) mit einer „Schale“ auf der Oberfläche, beobachtet werden. Seltener sind osteoblastische Metastasen (Verdichtung des Knochengewebes ohne größere osteoklastische Beteiligung), oder gemischte, osteoklastisch-osteoblastische Knochenmetastasen, bei denen gleichzeitig ein übermäßiger Auf- sowie Abbau des Knochengewebes stattfindet (vgl. Adler 1998, Hellner 1950). In diesem Fall handelt es sich eindeutig um eine gemischte, osteoklastisch-osteoblastische Metastase. Von der Struktur der Neubildungen her handelt es sich möglicherweise um ein Prostatakarzinom, dessen Metastasen eine ähnliche Beschaffenheit besitzen (die Knochenmetastasen des Prostatakarzinoms sind meistens osteolytisch, in eher seltenen Fällen auch osteoblastisch, Hellner 1950, vgl. Schultz et al. 2007b). Im vorliegenden Fall würde es sich um ein früheres, weniger ausgeprägtes Stadium handeln, als es etwa beim Skelet des Skytischen Fürsten von Arzhan festgestellt wurde (Schultz et al. 2007b). Weitere Differentialdiagnosen wären die Metastasen eines Mammakarzinoms (die Knochenmetastasen sind zu 95% osteoklastisch, 5% osteoblastisch oder gemischt, so, wie es bei diesem Präparat der Fall ist, Metastasenbildung ist auch in den Wirbeln zu finden, Hellner 1950), oder Magen- bzw. Darmkrebs (osteoblastische Knochenmetastasen sind eher selten, kleinzellige osteoblastische Metastasen sind aber aus den Wirbeln bekannt, Hellner 1950). Es kann angenommen werden, dass das metastasierende Karzinom als die wahrscheinliche Todesursache zu sehen ist, was eine wertvolle und bei Brandknochen herausragende Diagnose darstellt. Es handelt sich dabei um den zweiten bekannten und ersten histologisch untersuchten und publizierten Fall eines metastasierenden Karzinoms bei Brandknochen (Schultz, mündl. Mitt.).

### **Šitbořice 16**

Das Individuum aus dem Grab Šitbořice 16 ist makroskopisch als Maturus – Senilis mit unbestimmbarem Geschlecht zugeordnet worden. Die HML Altersbestimmung unterstützt diese Diagnose mit einem Ergebnis von 55-65 Jahren, die HMM Altersbestimmung ergibt aber nur 38,5-49,7 ±6 Jahre. Bei diesem Individuum ist altersbedingte Osteoporose festgestellt worden, die HMM Methode kann daher als unzuverlässig und ungenau betrachtet werden (vgl. Ind. Oc 2/53).

### **Šitbořice 17**

Das Individuum aus dem Grab Šitbořice 17 ist makroskopisch als Maturus – Senilis mit unbestimmbarem Geschlecht identifiziert worden. Die HML Bestimmung bestätigt anhand der nachgewiesenen altersbedingten Osteoporose ein Alter von 55-70 Jahren. Die HMM Altersbestimmung weicht mit einem Ergebnis von 20,6-33,3 ±6 Jahre deutlich von diesem

Ergebnis ab. Aufgrund der stark ausgeprägten Osteoporose und somit niedrigen Anzahl morphologischer Strukturen, die durch die HMM ausgewertet werden, kann angenommen werden, dass die HMM in diesem Fall keine zuverlässige Altersdiagnose anbieten kann und deshalb für die Endauswertung nicht berücksichtigt werden darf.

### **Šitbořice 26**

Das Individuum aus dem Grab Šitbořice 26 ist makroskopisch als Adultus – Maturus mit unbestimmbarem Geschlecht zugeordnet worden. Es sind keine Nachweise einer Osteoporose oder pathologischen Prozesse nachgewiesen worden. Die mikroskopische Altersbestimmung ergab ein überraschendes Ergebnis. Die HML Untersuchung bestimmte das erste Fragment (Femur) als (25) 30-45 Jahre, die HMM Auswertung bestätigt mit  $19,2-20,5 \pm 6$  Jahre dieses Ergebnis und stimmt auch mit der makroskopischen Altersdiagnose überein. Das andere Fragment weist aber deutlich andere Werte auf. Die HML Untersuchung ergab deutliche Spuren von Knochenrarefizierung, die auf eine physiologische, altersbedingte Osteoporose zurückzuführen sind. Somit ist das Individuum, von dem dieses Knochenfragment stammte, als zweifellos über 55 (60) Jahre alt zu bewerten. Die HMM Altersbestimmung ergibt in diesem Fall ein Ergebnis von  $46,9 \pm 6$  Jahre, eine deutliche Unterschätzung. Dies ist mit Hilfe der von Stout (Stout - Gehlert 1982) definierten Grenze der Zuverlässigkeit der HMM Altersbestimmungsmethoden von 58,39 Jahre zu erklären. Die HMM Altersbestimmung ist in diesem Fall als völlig unzuverlässig anzusehen, also nicht zu berücksichtigen und das Fragment durch die HML Altersbestimmung als wohl Spät matur oder wahrscheinlich Senilis zu bewerten. Dies bedeutet, dass es sich um ein anderes Individuum handeln muss, als das Individuum, von welchem das erste Fragment stammt. Da bei der makroskopischen Untersuchung keine Osteoporose festgestellt wurde, ist anzunehmen, dass das poröse Fragment wohl als Beimengung in das Grab eines jüngeren Individuums gekommen ist. Trotzdem ist es als selbständiges Individuum und das Grab als eine nicht intentionelle Doppelbestattung zu interpretieren und auszuwerten. Die wahrscheinlichste Erklärung ist ein zufälliges Einsammeln eines Fragmentes von einem anderen verbrannten Leichnam (z.B. auf dem Verbrennungsplatz) bei der Bestattung. Dieser Fall ist ein Beweis dafür, dass die histologische Untersuchung auch durch die Auswertung zweier zufällig ausgewählter Fragmente unerwartete Ergebnisse liefern kann. Eine Sicherheit, wie viele und welche Individuen genau sich im jeweiligen Grab befinden, wäre nur mit der histologischen Untersuchung des gesamten Grabinhaltes zu erreichen, was selbstverständlich nicht in Frage kommt.

**Šitbořice 27**

Das Individuum aus dem Grab Šitbořice 27 ist makroskopisch als erwachsenes Individuum (Adultus +) mit unbestimmbarem Geschlecht identifiziert worden. Die HML Altersbestimmung präziserte diese Aussage anhand der nachgewiesenen schwachen, altersbedingten Osteoporose auf mindestens 55 bis wohl 65 Jahre, die HMM dagegen ergibt ein Alter von nur  $32,0-49,1 \pm 6$  Jahre. Die schwache Osteoporose führte zu einer in diesem Fall relativ geringen Unterschätzung des Alters durch die HMM.

**Šitbořice 28**

Im Grab Šitbořice 28 ist in der makroskopischen Untersuchung ein erwachsenes, wohl älteres (Maturus – Senilis) Individuum mit unbestimmbarem Geschlecht identifiziert worden. Die Altersbestimmung war durch die makroskopisch und lupenmikroskopisch vermuteten Spuren der Osteoporose begründet. Für die histologische Untersuchung des Alters sind zwei Fragmente von Langknochen ausgewählt worden. Die histologische Auswertung lieferte ein überraschendes Ergebnis. Eins der Fragmente bestätigte die Diagnose eines erwachsenen Individuums, allerdings identifizierte die HML Untersuchung die vermuteten Spuren der Osteoporose als postmortal (hitzebedingt) entstandene Risse. Das Individuum ist anhand der vorhandenen inneren GL als höchstens 30-35 Jahre zu bewerten, mit einer Altersspanne 20-30(35) Jahre. Die HMM bestätigt dies mit einem Ergebnis von  $28,6-31,1 \pm 6$  Jahre. Die histologischen Methoden stützen sich gegenseitig und die Auswertungen können damit als Korrektur einer ungenauen makroskopischen Auswertung bewertet werden. Das andere Fragment stammte jedoch aus dem Knochen eines nicht erwachsenen, wohl spätinfantilen oder juvenilen Individuums (7-20 Jahre nach die HML,  $17,7 \pm 6$  Jahre nach HMM Untersuchung). Da die makroskopische Untersuchung keine Nachweise eines subadulten Individuums lieferte (keine nicht verschlossenen Epiphysen etc.), ist das Fragment des Kinderknochens als Beimengung aus einem anderen Grab zu bewerten.

**Šitbořice 36**

Das Individuum aus dem Grab Šitbořice 36 ist makroskopisch als Adultus – Maturus eines unbestimmbaren Geschlechts bestimmt worden. Die histologische Untersuchung bestätigt und präzisiert diese Aussage mit den Ergebnissen von 20-30 Jahre (HML) bzw.  $28 \pm 6$  Jahre (HMM).

Auf der Oberfläche eines Fragmentes der Tibia oder des Humerus, das in der makroskopischen Untersuchung unauffällig war, ist in der histologischen Untersuchung eine Aufla-

gerung-ähnliche Struktur zu identifizieren. Es handelt sich um eine „aufgelagerte“ Schicht des Knochengewebes, das „auf der originalen Oberfläche“ liegt und scheinbar „durch eine Kette der Lakunen“ getrennt ist. Außerdem sind einige „Gefäßimpressionen“ auf der Oberfläche der „Auflagerung“ zu finden. Dieser Befund wäre, wenn es sich um eine echte Auflagerung gehandelt hätte, am wahrscheinlichsten auf ein integriertes subperiostales Hämatom zurückzuführen (vgl. Schultz 2001). In der Tat handelt es sich bei diesem Befund um eine hitzebedingte Veränderung. Die „Lakunen“ für Blutgefäße in der Auflagerung sind überwiegend nicht in kettenförmigen Linien auf der vermuteten ursprünglichen Oberfläche organisiert (vgl. Schultz 2001), unterschiedliche Farbe der oberflächennahen Schichten des Knochens (vermeintliche Auflagerung ist heller, als die „originale Oberfläche“, die mit Ruß verfärbt ist) sowie optische Aktivität (die Oberfläche besitzt in der polarisierten Beleuchtung keine optische Aktivität der Kollagenreste) sind als Folge der Verbrennung zu interpretieren (vgl. Kap. 9.1 *Postmortale Veränderungen*). Die vermeintlichen Blutgefäßimpressionen sind längs aufgeplatzte Osteone direkt unter der Oberfläche, die durch die Hitze leicht geschrumpft und deformiert eine scheinbare intravitale Vertiefung darstellt. Somit ist dieser Fall als eine Pseudopathologie identifiziert.

### **Šitbořice 39**

Das Individuum aus dem Grab Šitbořice 39 ist makroskopisch als ein erwachsenes Individuum (wohl Adultus – Maturus) eines unbestimmbaren Geschlechts bestimmt worden. Die histologische Untersuchung lieferte keine eindeutig interpretierbaren Ergebnisse. Die beiden histologisch untersuchten Fragmente ergaben in der HML Auswertung ein Alter von etwa 35-50 Jahre (40-50, bzw. 35-45 Jahre). Die HMM Untersuchung lieferte dagegen eine deutlich niedrigere Altersbestimmung von  $21,7-33,7 \pm 6$  Jahre. Eins der untersuchten Fragmente zeigte deutliche Spuren einer osteoklastischen Resorption, Form der Resorptionshöhlen mit häufigen Reste der Howship'schen Lakunen. Diese Resorptionshöhlen besitzen unregelmäßige Formen, die Howship'schen Lakunen sind vergleichsweise tief. Diese Strukturen sind als nicht physiologisch zu bewerten. Es handelt sich um einen näher nicht identifizierbaren osteoklastischen Prozess, differentialdiagnostisch könnte an einen Tumor oder eine Knochenentzündung gedacht werden, eine präzise Diagnose ist jedoch nicht möglich. Der Prozess scheint zweifellos zum Todespunkt des Individuums aktiv gewesen zu sein, einige der Resorptionshöhlen sind offenbar kurz vor dem Tod entstanden. Ein Zusammenhang mit der Todesursache ist somit nicht auszuschließen. Da der Prozess aber nicht identifizierbar ist, kann nur vermutet werden, dass das Individuum z.B. an einem metastasierenden Tumor oder an

den Folgen einer Entzündung gestorben ist. Der in Frage kommende Prozess muss aber nicht zwangsläufig einen direkten Zusammenhang mit dem Tod des Individuums gehabt haben.

#### **10.10. Die kaiserzeitlichen Gräber aus Bílovice, Kostelec, Morkovice und Náklo**

Die Auswertungen der kaiserzeitlichen Gräber ergeben eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse der makroskopischen, HMM und HML Methoden. Da anhand der Anzahl der Individuen keine weiteren Auswertungen möglich sind, werden diese lediglich einzeln als Fallstudien diskutiert.

Die paläopathologischen Diagnosen an den Einzelgräbern aus der Römischen Kaiserzeit ergaben zwei Fälle mit hämorrhagisch – entzündlichen Veränderungen der Lamina interna des Schädeldaches (Präparate Bi 1:2 und Mo1:P9070). Diese Ergebnisse ermöglichen keine weiteren Auswertungen, sind aber im Rahmen der Fallstudien der Gräber, sowie als Beweise für die Möglichkeiten der mikroskopischen Untersuchungen an Brandknochen relevant.

##### **Bílovice 1**

Das Individuum aus dem Grab Bílovice 1 ist makroskopisch als Erwachsener (Adultus +) mit nicht bestimmablem Geschlecht ausgewertet worden. Die histomorphologische Altersbestimmung ermittelt ein Alter von (20) 25-35 Jahren, die histomorphometrische Untersuchung von  $34,2-37,7 \pm 6$  Jahre. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein.

Makroskopisch wurden auf einem Fragment des Schädeldaches Spuren eines möglichen pathologischen Prozesses beobachtet. Es handelte sich wahrscheinlich um intravitale Gefäßimpressionen auf der Lamina interna eines näher nicht bestimmaren Schädeldachfragmentes, die im Sinne eines hämorrhagisch-entzündlichen Prozesses, der offenbar in Form einer platten- oder zungenartigen Auflagerung auf der Lamina interna eines Os parietale unbestimmbarer Seite in der Nähe der Sutura squamosa nachweisbar ist. Dies führte zu der vorläufigen Diagnose einer entzündlich-hämorrhagischen Reaktion der Hirnhaut. Das Ergebnis der histologischen und elektronenmikroskopischen Untersuchungen soll die Diagnose präzisieren.

Die elektronenmikroskopische Untersuchung des Fragmentes bestätigt eindeutig eine postmortale Beschädigung der Oberfläche, die durch hitzebedingte Veränderungen und Bodenerosion eine mögliche zungen- oder plattenartige Auflagerung vortäuscht oder verfälscht. In diesem Fall kann die elektronenmikroskopische Untersuchung keine zuverlässigen Ergebnisse liefern und eine histologische Untersuchung ist notwendig.

Das Ergebnis der lichtmikroskopischen Untersuchung belegt lediglich Blutgefäßimpressionen. Eine mögliche integrierte Auflagerung, die mit Hilfe der Elektronenmikroskopie festgestellt wurde, ist nicht beobachtet worden. Das Fragment des Schädeldaches, an welchem durch die elektronenmikroskopische Untersuchung ein Verdacht auf eine Auflagerung bestimmt wurde, weist mikroskopisch keine Nachweise eines pathologischen Prozesses auf. Die Oberfläche des Fragmentes ist völlig glatt, ohne Spuren einer Auflagerung. Es muss vermutet werden, dass es sich im Fall der im Elektronenmikroskop beobachteten auflagerungs-ähnlichen Struktur um eine Blase unter der Oberfläche handelte, die während der Verbrennung entstanden ist. Somit können nur die beobachteten Gefäßimpressionen auf einem Fragment der Squama temporalis als zweifelfrei intravital interpretiert werden, die vermutliche Auflagerung aber als ein pseudopathologischer Prozess. Die Blutgefäßimpressionen können als Spuren einer alten, gut verheilten und integrierten meningealen Reizung im Sinne einer hämorrhagisch-entzündlichen Reaktion beurteilt werden.

### **Kostelec (6)**

Beim Knochenmaterial, welches vermutlich aus dem Grab 6 aus Kostelec na Hané stammt, handelt es sich um einen Fund mit unsicherer Zugehörigkeit. Nach der archäologischen Dokumentation könnte es sich um eine Mischung aus mehreren Brandgräbern aus Kostelec handeln. Im Vordergrund der makroskopischen sowie mikroskopischen Untersuchung stand die Bestimmung, ob sich die Vermutung, dass es sich um mehrere Individuen handelt, bestätigen lässt.

Die mikroskopische Untersuchung kann die Zugehörigkeit der Knochenfragmente zu einem Individuum weder bestätigen noch widerlegen. Bei der makroskopischen Untersuchung wurden zwei Gruppen von Knochen mit unterschiedlicher Robustizität voneinander getrennt, die eine Interpretation als zu zwei unterschiedlichen Individuen gehörig ermöglichen. Eine zuverlässige Bestimmung war aber nicht durchführbar, weil keine identifizierbaren Fragmente bestimmt worden sind, die mit Sicherheit zu zwei unterschiedlichen Individuen. Aus den unterschiedlich robusten Knochen wurden die Proben für die histologische Altersbestimmung entnommen, drei Präparate aus dem vermuteten ersten Individuum mit robusteren Knochen (Präparate Ko (6) 1, 2 und 5) und zwei vom vermuteten zweiten Individuum mit grazilerem Knochenaufbau (Präparate Ko (6) 3 und 4).

Im mikroskopischen Bild ist eine Differenz im Erhaltungszustand der unterschiedlichen Präparate festgestellt worden. Die Präparate vom vermuteten ersten Individuum sind stärker durch hitzebedingte Veränderungen beschädigt worden, die vom vermuteten zweiten

Individuum weisen Spuren einer niedrigeren Verbrennungstemperatur/Dauer auf (weniger Risse, höheres Niveau der Verkohlung durch eingelagertes Kohlenoxid). Dies kann entweder als Nachweis zweier unterschiedlicher Feuerbestattungen gesehen werden, oder als unterschiedliche Verbrennungsbedingungen in verschiedenen Bereichen eines einzigen Scheiterhaufens. Da die Unterscheidung der Knochen sowohl anhand deren Robustizität als auch anhand der unterschiedlichen Erhaltungszustände übereinstimmt, kann vermutet werden, dass es sich in der Tat um zwei unterschiedliche Individuen handelt. Die histologische Struktur der untersuchten Knochengewebe deutet auf ein eher junges Individuum/junge Individuen hin. Bei der histomorphologischen Altersbestimmung wurden sämtliche Knochen in die Alterskategorie Adultus (25-40) eingeordnet, es sind keine weiteren individuellen Merkmale nachweisbar. Es zeigt sich eine Tendenz in der histomorphometrischen Altersbestimmung, dass das vermutete „Individuum II“ im Durchschnitt ein deutlich niedrigeres Alter ( $16,9-27,2 \pm 6$  Jahre) als das „Individuum I“ ( $29,7-33,1 \pm 6$  Jahre) aufweist. Diese Untersuchung ist aber stark von Erhaltungszustand der Präparate abhängig. Die Präparate vom „Individuum I“, welches mit deutlich höherer Temperatur verbrannt worden ist, könnten eine höhere Schrumpfung des Knochengewebes aufweisen, was zu einer Überschätzung des Alters führen würde. Weiterhin sind im Fall des „Individuums II“ die fragmentierten alten Osteone in geringerer Zahl vorhanden (bzw. sichtbar durch Verkohlung) und auswertbar, was in Folge auch zu einem niedrigeren bestimmten Alter führt. Die histomorphometrische Untersuchung kann nicht als das entscheidende Merkmal akzeptiert werden. Die histologischen Untersuchungen können in diesen Fall die Anzahl der Individuen nicht mit Sicherheit unterscheiden, bieten aber unterstützende Informationen an. Mit Berücksichtigung der oben genannten Fakten liegt die Vermutung nahe, dass es sich wahrscheinlich um (mindestens) zwei Individuen handelt.

### **Kostelec 161**

Das Individuum aus dem Grab Kostelec 161 ist makroskopisch anhand des hohen Robustizitätsgrades der Knochen als tendenziell männlich, mit erwachsenem Alter (Adultus +), bestimmt worden. Die makroskopische Bestimmung ließ nicht vermuten, dass im Grab mehrere Individuen vorhanden sein könnten. Die histologische Untersuchung identifizierte eins der Präparate als den Knochen eines subadulten Individuums, im Alter von ca. Infans II bis Juvenis. Der Knochen weist typische Merkmale eines subadulten Knochens auf, mit starker Generallamelle, sehr großen Osteonen mit großem Lumen des Havers'schen Kanals und regelmäßigen Resorptionslagunen im Compactaknochen mit flachen Howship'schen Lakunen. Die histomorphometrische Altersbestimmung bestätigt das Alter anhand der beiden Präparate

des erwachsenen Individuums als 20,3 – 28,0 ( $\pm$  6 Jahre), was mit der histomorphologischen Altersschätzung von 25-40 (45) Jahren übereinstimmt. Die Altersbestimmung des subadulten Individuums ergibt ein Ergebnis von 7,7 – 15,0 ( $\pm$  6 Jahre), was der Altersschätzung anhand der histomorphologischen Merkmale von Infans II – Juvenis entspricht. Da es makroskopisch keine Nachweise für eine zweite Bestattung im Grab 161 gab und alle Brandknochen einem erwachsenen Individuum zugeordnet wurden, kann als wahrscheinlich betrachtet werden, dass es sich im Fall des festgestellten Kinderknochens um eine Beimengung handelt.

Ein Fragment mit sehr massivem Knochengewebe ohne erkennbare Strukturelemente, die für einen menschlichen Knochen typisch sind (z.B. im Bruch erkennbare Kanäle), ist makroskopisch als wahrscheinlicher Tierknochen bestimmt worden. Die histologische Untersuchung identifizierte das Fragment jedoch als menschlichen Knochen, nämlich den robusten Langknochen eines adulten Individuums, wahrscheinlich Oberschenkel. Das Gewebe weist im Bereich des inneren Viertels Spuren von Entlastung auf, eine poröse Organisation, die an eine schwache oder beginnende altersbedingte Osteoporose oder pathologisch bedingte Osteoporose erinnern kann. Im vorliegenden Fall handelt sich um regelmäßige, gut organisierte Strukturen, der Verdacht auf einen pathologischen Prozess ist ausgeschlossen. Die vorhandene äußere GL schließt die Interpretation als altersbedingte Osteoporose aus. Dies stimmt mit der makroskopischen Geschlechtsbestimmung überein, eine genauere Geschlechtsdiagnose ist mit der Hilfe der histologischen Untersuchung nicht durchführbar.

### **Morkovice 1 und 2**

Die Individuen aus den Gräbern Morkovice 1 und 2 sind beide als subadult bestimmt worden. Das Individuum Mo 1 ist anhand der Größe und Stärke seiner Knochen als wahrscheinlich spätes Infans I (Infans Ib) oder Infans II bestimmt worden, Mo 2 ist vermutlich Infans II oder Juvenis. Die Knochenüberreste aus dem zweiten Grab scheinen robuster, der Unterschied kann aber teilweise auch an der geringen Menge des vorliegenden Knochenmaterials aus dem Grab Nr. 1 und der sehr starken Erosion liegen. Beide Skelete sind stark postmortal beschädigt, der Verbrennungsgrad liegt in beiden Fällen bei Stufe III-IV (nach Dokládál 1999) und die weichen Oberflächen der kreidig verbrannten Knochen sind stark erodiert.

Die histologische Altersbestimmung bestätigt die makroskopische Altersdiagnose der beiden Individuen als subadult. Die Altersbestimmung beim Individuum Morkovice 1 fällt histologisch höher aus als makroskopisch. Makroskopisch wurde es als Infans Ib oder frühes Infans II bestimmt. Die histomorphologische Bestimmung deutet auf ein Alter von Infans II – Juvenis hin, was auch histomorphometrisch zu bestätigen ist. Da das Fragment nicht sicher

identifiziert wurde, ist die Altersbestimmung sowohl für einen Femur als auch für eine Tibia durchgeführt worden. Falls es sich um einen Oberschenkelknochen handelt, liegt das Alter der histomorphometrischen Untersuchung nach zwischen 11,6 und 19,8 Jahren ( $\pm 6$  Jahre), falls es sich um den Unterschenkelknochen handelt, ist es als 13,3 – 18,4 Jahre ( $\pm 6$  Jahre) einzustufen. Das Individuum aus dem Grab Morkovice 2 ist makroskopisch sowie histomorphologisch als Infans II – Juvenis geschätzt worden. Auch in diesem Fall ist unsicher, ob es sich um Femur oder Tibia handelt, die histomorphometrische Altersbestimmung liegt deshalb zwischen 12,9 und 20,0 Jahren ( $\pm 6$  Jahre) für Femur und zwischen 14,0 und 17,3 ( $\pm 6$  Jahre) für Tibia. Beide Präparate weisen einen sehr ähnlichen Knochenaufbau auf, die Individuen sind wahrscheinlich in einem fast gleichen Alter gestorben. Es ist nicht auszuschließen, dass die Knochen bei einer alten Ausgrabung (30er Jahre des 20. Jahrhundert) vermischt oder falsch beschrieben worden sind, dies wäre wahrscheinlich auf einen Fehler bei der Ausgrabung selbst oder bei der späteren Bearbeitung im Museum zurückzuführen.

Auf den Oberflächen der Schädeldachknochen bei beiden Individuen sind Merkmale festgestellt worden, die trotz der Erosion an eine Hirnhautreaktion erinnern, im Sinne einer hämorrhagisch-entzündlichen Reizung. Auf der Lamina interna sind Gefäßimpressionen festgestellt worden, die an die Organisation eines subperiostalen Hämatoms erinnern, bei wenigen Fragmenten sind Strukturen bestimmt worden, die als flache poröse Neubildung interpretierbar sind. Zusätzlich wurde auf einem Fragment der Langknochen auf der Oberfläche eine ähnliche Struktur bestimmt, nämlich eine flache, poröse Neubildung, die ebenfalls als hämorrhagisch-entzündliche Veränderung zu interpretieren wäre. Die makroskopische Untersuchung sowie die Untersuchung mit Hilfe des binokularen Mikroskops konnten allerdings die differentiale Diagnose als hitzebedingte Veränderung nicht ausschließen. Die Fragmente mit ausgeprägten Merkmalen sind für die elektronenmikroskopische Untersuchung entnommen worden, um den intravitalen Ursprung der Veränderungen zu prüfen.

Die elektronenmikroskopische Untersuchung bestätigt die Veränderungen als postmortale Artefakte, die vereinzelt intravitalen Merkmale sind nicht als pathologisch zu interpretieren. Die postmortalen Einflüsse beinhalten die des Verbrennungsprozesses (Risse, die teilweise Längsstreifung oder verschiedene Ebenen zwischen der ursprünglichen Oberfläche und der neugelagerten Knochenstruktur simulieren), die durch Bodenlagerung bedingte Erosion (sowie die durch anthropogene Aktivitäten entstandenen Artefakte. Die einzigen bestätigten intravitalen Strukturen, Öffnungen der Blutgefäßkanäle des Präparates des Schädeldaches aus dem Grab Morkovice 1 (9070), sind wahrscheinlich als physiologisch zu betrachten und deuten auf aktives Wachstum des subadulten Individuums hin. Die anderen Veränderungen

sind eindeutig als postmortal identifiziert worden und wurden im Kap. 8. dargestellt und beschrieben.

### **10.11. Haiger – Kalteiche**

Die Untersuchungen der Gräber aus Haiger-Kalteiche bestätigen eine gute Übereinstimmung der makroskopischen und histologischen Methoden der Altersbestimmung. Die makroskopische Altersbestimmung ergibt breit gefächerte Altersklassen, da eine präzise Altersbestimmung erwachsener Individuen und eine Unterscheidung zwischen jüngerem erwachsenen Alter (Adultus), mittlerem Alter (Maturus) und fortgeschrittenem Alter (Senilis) in der makroskopischen Betrachtung äußerst kompliziert und nur selten zuverlässig möglich ist. Die mikroskopische Altersbestimmung präzisiert diese Ergebnisse und ermöglicht eine Einteilung in engere Altersklassen, die einem Vergleich mit den Ergebnissen der Untersuchungen der nicht verbrannten Knochen standhält, ein Zustand, der bei Brandknochen sonst nur selten, wenn überhaupt, erreichbar ist. Gleichzeitig zeigen sich aber auch die Grenzen dieser Untersuchungen auf. In zwei Fällen unterscheiden sich die Ergebnisse der HML und der HMM Altersbestimmung deutlich. In beiden hier vorliegenden Fällen lassen sich die Unterschiede durch intravitale oder postmortale Einflüsse erklären, die zu einer veränderten Bestimmung bei der HMM führen, wobei die Ergebnisse der HML Untersuchung sich als zuverlässig erklären lassen. Dies muss aber nicht zwangsläufig immer der Fall sein, auch die HML kann von den Tatsachen abweichen. Generell wurden alle Knochenfragmente, die makroskopisch einen Verdacht auf mögliche krankhafte Veränderungen erweckten, licht- und rasterelektronenmikroskopisch untersucht. So ließen sich in fünf Gräbern Strukturen identifizieren, die als Verdacht auf pathologische Veränderung interpretiert worden sind. Einer dieser Fälle (arthrotische Veränderungen der Wirbelsäule) benötigte keine histologische Untersuchung, die anderen sind histologisch oder rasterelektronenmikroskopisch untersucht worden. In den meisten Fällen erwies sich die makroskopisch als krankhaft eingestufte Veränderung tatsächlich als Produkt des Verbrennungsprozesses und/oder der postmortalen Bodenerosion (Diagenese).

#### **Haiger – Kalteiche Gr. 1**

Das Individuum aus dem Grab H-K 1 ist makroskopisch als tendenziell weiblich, Adultus bis Maturus, bestimmt worden. Die HMM Altersbestimmung ergab einen Altersdurchschnitt von  $25,9 \pm 6$  Jahre und die HML Altersbestimmung ein Alter von (20) 25-35 Jahren. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein.

Ein interessantes Ergebnis lieferte die Untersuchung eines kleinen Schädelfragmentes. Makroskopisch fiel das Fragment durch seine vergleichsweise große Dicke auf. Es handelte sich um ein Fragment der Schädelbasis, das scheinbar eine krankhafte Verdickung der knöchernen Bälkchenstruktur des roten Knochenmarkes aufwies. In solchen Fällen könnte es sich um einen Nachweis poröser Hyperostose gehandelt haben (wie z.B. bei Anämie oder Rachitis), oder um einen entzündlich oder tumorös bedingten Umbau der Diploë. Differentialdiagnostisch war an eine hitzebedingte, postmortale Veränderung zu denken. Die mikroskopische Untersuchung eines Dünnschliffpräparates, das dem als pathologisch verdächtig bezeichneten Bereich entnommen worden war, ergab einen eindeutig pseudopathologischen Befund: Die makroskopisch diagnostizierte Verdickung erwies sich als ein Konglomerat abgebrochener und durch Hitze deformierter Knochenbälkchen.

### **Haiger – Kalteiche Gr. 2**

Das Individuum aus dem Grab H-K 2 ist makroskopisch als tendenziell männlich, das Alter als wohl Adultus bestimmt worden. Die HMM Untersuchung bestimmte das Alter auf 22,7-26,8 ± 6 Jahre und die HML Altersbestimmung ergab ein Alter von 20-35 Jahren. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein.

Eins der Fragmente der Langknochen wies bei der makroskopischen Betrachtung eine streifige Oberfläche auf. Die erste Diagnose lautete, dass es sich um longitudinale Streifung als Nachweis einer unspezifischen Stressbelastung handelt. Die rasterelektronenmikroskopische Untersuchung identifizierte diese Veränderungen als ein eindeutig postmortales Artefakt. Die Herkunft dieser Veränderung ist auf die Erosion der durch Hitze beschädigten Knochenoberfläche zurückzuführen. Eine dünne Schicht der ursprünglichen Oberfläche war erodiert und infolge dessen waren die Kanäle der Blutgefäße dicht unter der Oberfläche geöffnet, was bei einer Betrachtung in niedriger Vergrößerung von intravital angelegten Streifen nicht zu unterscheiden ist. Eine unvorsichtige Reinigung des Fragmentes führte zu weiterer Beschädigung, eine harte Bürste hinterließ streifen-ähnliche Kratzer in der weichen Oberfläche, die makroskopisch unsichtbar, unterm Elektronenmikroskop aber klar zu erkennen sind. Es handelt sich um den Fall einer Pseudopathologie.

Einen weiteren Befund lieferte die makroskopische Untersuchung eines Fragmentes des Ober- oder Unterschenkels. Eine Stelle auf der Oberfläche in der Größe von ca. 3x2 mm erinnerte an einen intravital angelegten Lochdefekt, auf dessen Boden sich eine knöcherne Neubildung entwickelt hat. In Frage käme in diesem Fall eine kleine Muskelverletzung (Myotendopathia), ein Riss der Sehne eines Muskels aus seiner Befestigung im Knochen, gefolgt

von der Nekrose des beschädigten Knochengewebes (Lochdefekt) und einhergehend mit einer Blutung und möglicherweise einer sterilen Entzündung an der Stelle der Verletzung (die Neubildung). Als weitere, weniger wahrscheinliche differentiale Diagnosen kämen z.B. osteoblastisch-osteoklastische Prozesse (Tumore, Entzündungen), oder druckatrophische Prozesse (z.B. eine Gefäßaneurysma, gefolgt von einer Blutung) in Frage. Die elektronenmikroskopische Untersuchung identifiziert diese Veränderung eindeutig als ein postmortales Artefakt. Ein Fragment der Spongiosa wurde durch Versinterung auf der Oberfläche einer durch Hitze entstandenen Vertiefung befestigt. Es handelt sich um eine Pseudopathologie.

Im histologischen Bild zeigte sich eine aufgelockerte Stelle des Compactaknochens, die sich deutlich vom restlichen Gewebe unterscheidet. Es handelt sich um einen ca. 5 mm breiten Bereich am Bruchrand des Präparates direkt unterhalb der Spongiosa in der Knochenmarkhöhle, also dem tiefsten Drittel der Compacta. Die wahrscheinliche Erklärung des Befundes ist, dass es sich um ein Gebiet tief innerhalb der Compacta unter einem massiven Muskelansatz handelt. Das Gewebe unter Muskelansätzen ist häufig aufgelockert, da es direkt am Ansatz häufig massiv ausgeprägt ist und dadurch bedingt die tiefe Schicht des Knochens keine Belastung erfährt und in Folge dessen abgebaut wird. Da es sich um einen Bruchrand handelt, und die Oberfläche mit dem vermuteten Muskelansatz nicht vorhanden ist, kann diese Hypothese in diesem Fall nicht überprüft werden, weshalb differentialdiagnostisch auch ein pathologisches Geschehen nicht ausgeschlossen werden kann. Die vergrößerten Osteonenlakunen erinnern an eine schwache Osteoporose, unterscheiden sich aber von dieser durch ihre regelmäßige Form und fast gleichförmige Größe der Lakunen, was bei der Osteoporose nicht der Fall wäre. Die osteoporotischen Lakunen sind unregelmäßig in ihrer Form sowie ihrer Größe. Außerdem ist eine Osteoporose ein systemischer Prozess, der nicht nur einen begrenzten Bereich des Knochens betreffen würde. Dies schließt die auf den ersten Blick wahrscheinlichste Diagnose bei einem aufgelockerten Knochen, eine Osteoporose, aus. Von den relativ häufig auftretenden pathologischen Konditionen der Knochengewebe kommen als mögliche Erklärungen nur noch eine Knochenentzündung oder eine Inaktivitätsatrophie in Frage. Bei einer Ostitis ergibt sich auch poröses Knochengewebe, das aber unregelmäßig aufgebaut ist, außer vergrößerten („osteoporotischen“) Osteonenlakunen sind auch durch Osteoklasten produzierte Resorptionshöhlen mit Howship'schen Lakunen zu erwarten, sowie Veränderungen in der Markröhre und häufig auch auf der Oberfläche (Schultz 2001). Dies ist nicht der Fall. Die Inaktivitätsatrophie ist ein systemischer Prozess, bei dem ein nicht belasteter Knochen in seiner Mikrostruktur völlig umgebaut wird und die osteoporotischen Erscheinungen lediglich ein der Merkmale des Umbaus darstellen (Schultz 2001). Bei diesem Präpa-

rat ist nur ein kleiner Teil der Compacta umgebaut, dystrophische Spongiosabälkchen oder vermehrte tangenzielle Lamellen sind nicht vorhanden, die Osteone sind regelmäßig und vollständig entwickelt. Somit sind keine Hinweise auf Vorliegen einer Inaktivitätsatrophie vorhanden.

### **Haiger – Kalteiche Gr. 2?**

Der Komplex „Grab 2?“ ist nach den Ergebnissen der makroskopischen Untersuchung als eine vollständige Bestattung identifiziert worden. Es handelt sich wahrscheinlich um ein männliches Individuum im Alter von Adultus bis Maturus. Die HML Untersuchung bestimmte das Individuum als 20-30 (35) Jahre, die HMM Untersuchung weicht mit einer Bestimmung von  $47,7 - 58,5 \pm 6$  Jahre deutlich ab. Die HML Altersbestimmung ist anhand der massiven Ausprägung der inneren Generallamelle als zuverlässig zu betrachten, eine solche ununterbrochene und in starken Schichten vorhandene innere GL ist ab einem Alter über 35 Jahren nicht zu erwarten (s. Kap. 10.2. HML Altersbestimmung, vgl. Schultz 1997a, 1997b). Es handelt sich um eine echte GL, nicht um eine Schicht tangentialer Lamellen oder um beschädigte Bälkchen der Spongiosa. Auch die häufigen Nachweise aktiven Knochenumbaus (regelmäßige Resorptionshöhlen als Spuren neu gebildeter Osteone („BMU“ – „Basic Multicellular Units“, Frost 1969) sind eher bei einem jüngeren Individuum zu erwarten, ein Individuum im Alter von Maturus II weist solche Spuren im Regelfall nicht auf. Somit ist zu folgern, dass die HMM Altersbestimmung in diesem Fall wahrscheinlich eine fehlerhafte Auswertung lieferte. In Frage kommen hierfür im Prinzip zwei wahrscheinliche Gründe. Es kann sich einerseits um einen lokal akzelerierten „turn-over“ des Knochengewebes handeln („RAP“ – „regional acceleratory phenomenon“, Frost 1983). RAP ist eine Erhöhung der Geschwindigkeit des Knochenumbaus, welches durch verschiedene physiologische Prozesse verursacht werden kann und in eng begrenzten Regionen des Knochens auftritt. Die intensiveren Umbauprozesse führen zu einer höheren Anzahl an Osteonen und fragmentierter Osteonen und so zu einer höheren HMM Altersbestimmung. Eine Untersuchung mehrerer Knochenquerschliffe aus einem Individuum und deren Vergleich, wie vorgeschlagen von Samson und Branigan (1987), eliminiert den Einfluss des RAP auf die Auswertung. Die Brandknochen ermöglichen nicht immer eine wiederholte Untersuchung an mehreren Knochen. Aus diesen Gründen sollte die HMM Untersuchung nach Möglichkeit immer an mehreren Präparaten pro Individuum erfolgen und sie sollte mit weiteren Methoden (vor allem der HML Altersbestimmung) kombiniert werden, um derartige Fehler zu vermeiden. Eine weitere Variante von höherem biologischem Alter des Knochengewebes kann durch übermäßige körperliche Belastung verursacht worden

sein. Die Überbelastung führt in den betroffenen Knochen zu erhöhtem Knochenumbau und dadurch ähnlich wie das RAP zu einer erhöhten Anzahl von Osteonen und fragmentierten Osteonen sowie folglich einer höheren Altersberechnung nach HMM. Da es sich in archäologischen Knochen nur schwierig überprüfen lässt, wie intensiv die Knochen eines Individuums tatsächlich belastet waren (die massiven Muskelansätze können, aber müssen nicht aus einem Zeitraum lange vor dem Tod stammen), ist dieser Einfluss auf das Knochengewebe nicht zu beurteilen. Als einzige Möglichkeit muss eine wiederholte Untersuchung mehrerer Knochenpräparate und die Anwendung mehrerer Untersuchungsmethoden empfohlen werden.

Ein Fragment des Hinterhauptbeines weist bei der makroskopischen Betrachtung vermutlich intravital angelegte Rinnen auf, die im querverlaufenden venösen Hirnblutleiter (Sinus transversus durae matris) zu finden sind. In der Rinne, in der ursprünglich dieser wichtige Hirnblutleiter verlief, finden sich Impressionen sehr kleiner, feiner Blutgefäße, die sich teilweise büschelförmig verzweigen, teilweise auch eine netzartige Struktur aufweisen. Diese Gefäßimpressionen belegen den krankhaften Prozess. Die lichtmikroskopische Untersuchung eines Knochendünnschliffes belegt eindeutig den intravitalem Ursprung dieser Veränderungen und erlaubt die Diagnose eines mit Blutungen einhergehenden Entzündungsprozesses der Wand des venösen Hirnblutleiters, die sich einige Wochen vor dem Tod dieses Mannes im Ausheilungsstadium befand. Differentialdiagnostisch kann entweder an eine entzündlich-hämorrhagische Reaktion (z.B. in Folge einer Meningitis), oder an eine hämorrhagisch-entzündliche Reaktion der Hirnhaut (z.B. bei Sinusthrombose, in Folge eines Traumas als epidurales Hämatom oder Blutung durch Mangelerscheinung, wie Skorbut) gedacht werden. Der Prozess befand sich im Stadium der Ausheilung, es ist also nicht als direkte Todesursache zu interpretieren, die Veränderungen sind jedoch nicht vollständig integriert und ausgeheilt, der Tod erfolgte also erst innerhalb einer kürzeren Zeit nach der Entstehung dieses Prozesses. Es kann somit also nicht ausgeschlossen werden, dass dieser Mann an den Spätfolgen dieses Prozesses verstorben ist.

### **Haiger – Kalteiche Gr. 5**

Das Individuum aus dem Grab H-K 5 ist als wahrscheinlich männlich, das Alter als wohl Adultus bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung ergibt ein Alter von (20) 25-35 Jahren, die HMM Untersuchung  $29,1-32,6 \pm 6$  Jahre. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein.

Die paläopathologische Befundung ergab einige interessante Ergebnisse. An einem Wirbelkörperfragment (Halswirbel) ist eine unregelmäßige Vertiefung in der unvollständig

erhaltenen Grundplatte beobachtet worden. Dieser Lochdefekt ist als ein Schmorl'sches Knorpelkötchen zu interpretieren, also eine traumatische Beschädigung der Wirbelplatte durch den eingedrückten Nucleus pulposus der Bandscheibe („Bandscheibenvorfall“). Am Rand der cranialen Gelenkfläche eines anderen Wirbels (wahrscheinlich Brustwirbel) sind Randwulstbildungen (Osteophyten) nachgewiesen worden. Dieser Befund deutet auf eine Verschleißerkrankung der Wirbelsäule (Spondylosis) hin, die bei einem Individuum dieser Altersgruppe in der Regel nicht so häufig gefunden wird wie bei einem maturen oder senilen Menschen. Sehr wahrscheinlich können diese Trauma- und Verschleißspuren mit übermäßiger physischer Belastung (z.B. schwere körperliche Arbeit) in Verbindung gebracht werden.

### **Haiger – Kalteiche Gr. 6**

Das Individuum aus dem Grab H-K 6 ist makroskopisch als Maturus – Senilis mit nicht bestimmbarom Geschlecht interpretiert worden. Die HML Altersbestimmung identifiziert das Alter auf (40) 50-60 Jahre, diese Altersbestimmung ist aber aufgrund pathologischer Veränderungen des Präparats nicht eindeutig. Die HMM Methode bestimmt das Alter auf  $46,5 \pm 6$  Jahre. Anhand der genauen Untersuchung ist das Alter wohl als (40)50-60 Jahre zu bewerten, die Gründe dieser Diagnose werden im folgenden Absatz vorgestellt.

Das untersuchte Präparat wies einige Merkmale auf, die bei nicht Beachten die Methoden der histologischen Altersbestimmung zu falschen Ergebnissen führen können. Auf der Oberfläche des Fragmentes ist eine Schicht lamellären Knochengewebes festgestellt worden, die bei einer oberflächlichen Auswertung als äußere Generallamelle bewertet werden könnte, und die HML Altersbestimmung wäre damit beeinflusst. Diese Lamelle erweist sich bei einer genaueren Betrachtung als Schicht der Tangentiallamellen und z.T. als ein postmortales Artefakt. Eine echte GL könnte in keinem Fall mit sekundären Osteonen (gekennzeichnet durch die Anwesenheit der Zementlinie), sondern mit primären Osteonen ohne Zementlinie durchsetzt sein. Damit ist eine Diagnose dieser Schicht als echte GL ausgeschlossen. Die Differentialdiagnose einer integrierten Auflagerung ist abzulehnen. Die scheinbare Trennung einer integrierten, in solchen Fällen periostotischen Auflagerung, besteht in der Wirklichkeit aus hitzebedingt aufgeplatzten Osteonen als auch zur Knochenoberfläche parallelen hitzebedingten Rissen.

Das Knochenfragment weist Spuren einer schwachen Osteoporose auf, welches bei der HMM Altersbestimmung leicht zur Unterschätzung des Alters führen kann (vgl. Kap. 9.3.6. *Rezentes Knochenmaterial*). Die schwache Osteoporose kann differentialdiagnostisch als schwache Inaktivitätsatrophie im Sinne eines längeren bettlägerigen Zustands (lange Er-

krankung) vor dem Tod interpretiert werden. Dies lässt sich aus diesem mikroskopischen Präparat nicht mit Sicherheit ausschließen. Die HML Altersbestimmung muss dementsprechend diese Alternative berücksichtigen, so unwahrscheinlich sie auch sein mag. Das Alter kann also nur als (40)50-60 Jahre beurteilt werden.

#### **Haiger – Kalteiche Grhg. 4**

Das Individuum aus dem Grabhügel H-K 4 ist makroskopisch als tendenziell weiblich, sein Alter als Adultus bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung ergab ein Alter von (30) 35-45 (50) Jahren, die HMM bestimmt das Individuum auf  $25,3-26,2 \pm 6$  Jahre. Die etwas niedrigere HMM Altersbestimmung ist als Folge der postmortalen Beschädigung des Knochengewebes und der als Folge nicht erkennbaren mikroskopischen Strukturen zu erklären. Eines der mikroskopischen Präparate (H-K 2 Fibula oder Tibia) ist aufgrund der sehr schlechten Erhaltung (der einzige bestimmbare Wert ist die Anzahl der Osteone in einem Untersuchungsbereich) deutlich unterschätzt worden (falls es sich um eine Fibula handelt,  $16,9-18,5 \pm 6$  Jahre, falls das Fragment aus einer Tibia stammt, sogar nur  $10,7-12,5 \pm 6$  Jahre). Auf einem Fragment des Beckens sind makroskopisch longitudinale Streifen beobachtet worden, die auf eine Knochenhautreizung zurückgeführt wurden. Solche Veränderungen wären als Nachweis einer unspezifischen Stressbelastung zu interpretieren, differentialdiagnostisch könnte es sich um eine integrierte periostale Reaktion (im Sinne einer hämorrhagisch-entzündlichen Reizung) handeln. Die lichtmikroskopische Untersuchung identifizierte diese Strukturen jedoch als hitzebedingtes Artefakt. Die weiche Oberfläche des kreidig verbrannten Knochens (Stufe III-IV) litt durch die Wassererosion während der Bodenlagerung, einige der Havers'schen Kanäle der oberflächennahen Osteone sind dadurch längsseits geöffnet worden, was in der makroskopischen Betrachtung mit einer Lupe zu einer scheinbar streifigen Oberfläche führte. Diese Veränderung ist als Pseudopathologie zu interpretieren.

#### **10.12. Oerlinghausen**

Die Untersuchung des Gräberfeldes in Oerlinghausen ist im Vergleich mit den anderen Gräberfeldern mithilfe zweier zusätzlicher histologischer Altersbestimmungsmethoden ausgewertet worden. Außer den üblichen histomorphometrischen und histomorphologischen Bestimmungen fanden noch die histologischen Untersuchungen der Rippen und der Zahnmentzuwachsringe Verwendung. In beiden Fällen hat sich herausgestellt, dass diese Methoden in der vorliegenden Untersuchung keinen Erfolg brachten. Die Untersuchung der Rippen, auch wenn bei unverbrannten Knochen sehr zuverlässig, ist für die Anwendung bei Brand-

knochen völlig ungeeignet. Die Untersuchung der Zahnzementzuwachsringe war für die vorliegende Arbeit aus methodischen Gründen nicht möglich und die begrenzte Aussagekraft ermöglichte lediglich in wenigen Fällen eine Begrenzung des Mindestalters des Individuums (s. Kap. 9.3.4.5. *Untersuchung der Zahnzementringe*; Kap. 10.6. *Altersbestimmung anhand der Zahnzementannulation*). Dagegen lieferten die HMM und HML, ähnlich wie bei den anderen untersuchten Skeletüberresten, vergleichbare Resultate, mit denselben Schwächen (Unterschätzung des Alters der Individuen mit einer ausgeprägten Osteoporose bei HMM, Überschätzung des Alters der subadulten Individuen bei beiden HMM sowie HML), die schon bei den anderen Gräberfelder beschrieben wurden. Die Auswertung der pathologisch bedingten Merkmale ergab, außer mehreren Diagnosen, welche makroskopisch als ein Verdacht auf eine Pathologie und histologisch als eine Pseudopathologie bewertet wurden, in vier Gräber (4/19, 21%) Nachweise intravital oder perimortal bestehender pathologischer Prozesse.

### **Oerlinghausen II, 10/10a**

Das Individuum aus dem Grab Oerlinhausen II, Fundstelle 10/10a ist makroskopisch als Adultus – Maturus eines unbestimmbaren Geschlechts ausgewertet worden. Die HML Altersbestimmung ergibt ein Alter von 25-40 Jahren, die HMM bestätigt mit einer Bestimmung von 36,2-37,2  $\pm$ 6 Jahre dieses Ergebnis.

Auf dem Rand des Processus alveolaris mandibulae, an den Rändern nicht näher bestimmbarer Zahnalveolen, sind kleine, intravital angelegte Öffnungen festgestellt worden. Diese Veränderungen deuten auf einen entzündlichen Prozess des Zahnfleisches, eine Parodontitis, hin. Pathologische Prozesse am Kieferknochen sind im verbrannten Knochenmaterial schwer nachweisbar. Dieses Fall stellt die einzige Diagnose von Parodontopathien dar, die im Rahmen dieser gesamten Untersuchung möglich war. Veränderungen des Knochens sind generell ausschließlich am Rand der Zahnalveolen nachweisbar, bei Parodontose in Form eines Abbaus der Alveole bei Parodontitis als unregelmäßige zapfenartige Neubildungen und kleine Lochdefekte durch Hypervaskularisation (vgl. Schultz 1988b). Die Alveolen, die von einer dünnen Schicht lamellären Knochengewebes gebildet und durch ihre oberflächennahen Lage im Körper dem direkten Einfluss des Feuers des Scheiterhaufens ausgesetzt werden, sind in Brandgräbern selten erhalten, in einer nicht erodierten Form stellen sie die Ausnahme dar. Dabei reicht allein schon eine leichte Erosion der Ränder der Alveolen, um die möglichen pathologischen Veränderungen nicht diagnostizierbar zu machen.

**Oerlinghausen II, 11**

Das Individuum aus dem Grab Oerlinghausen II, Fundstelle 11 ist makroskopisch als Infans bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung bestätigt diese Aussage mit einem Ergebnis von 7-14 Jahren. Die HMM Altersbestimmung interpretiert dieses Individuum dagegen in das frühadulte Alter,  $24 \pm 6$  Jahre. Dieser deutliche Unterschied ist wahrscheinlich anhand der Wachstumsprozesse zu erklären (vgl. Oc 21/55).

**Oerlinghausen II, 12**

Die makroskopische Untersuchung interpretierte das Individuum aus dem Grab Oerlinghausen II, Fundstelle 12 als Juvenis eines unbestimmbaren Geschlechts. Die makroskopische Altersbestimmung basiert auf mehreren (insgesamt 5) nicht verschlossenen Epiphysenfugen näher nicht bestimmbarer Langknochen und der nicht verschlossenen Crista iliaca Ossis ilii, das Alter ist als „unter 23“ zu interpretieren. Die HML als auch die HMM Altersbestimmung ergaben ein höheres Alter (20-40 bzw.  $28,6-30,2 \pm 6$  Jahre). Es ist anzunehmen, dass die Wachstumsprozesse eines schnell wachsenden Individuums, ähnlich wie bei dem letzten Fall, zu einer Abweichung der mikroskopischen Struktur des Knochens führten. Eine zuverlässige Unterscheidung zwischen (spät-)juvenilem und frühadultem Knochen ist HML kompliziert (vgl. Kap. 9.2.2.), und die makroskopische Bestimmung ist somit als wahrscheinlich richtig in den Vordergrund zu stellen. Das schnelle Wachstum kann ebenfalls (wie beim letzten Präparat besprochen) zu einer erhöhten Umbaurate des Knochengewebes („turnover“) führen und folglich zu einer höheren Anzahl mikroskopischer Strukturen, die für die HMM Altersbestimmung entscheidend sind. Die HMM Altersbestimmung kann also vermutlich als eine Überschätzung bewertet werden.

Auf einem Fragment des Femurs wurde in der makroskopischen Untersuchung ein Verdacht auf longitudinale Streifung auf der Oberfläche (wohl als Spuren einer unspezifischen Stressbelastung, differentialdiagnostisch postmortale hitzebedingte Risse und Schrumpfung) geäußert. Die mikroskopische Untersuchung bestätigte zweifellos einen postmortalen Ursprung dieser scheinbaren Veränderungen. Die „polster-ähnlichen“ Strukturen auf der Oberfläche, die bei einer weniger genauen Untersuchung auf spezifische Entzündungen (vgl. Schultz – Teschler-Nicola 1987, Schultz 2001) zurückgeführt werden könnten, sind in Wirklichkeit durch hitzebedingten Risse und Deformation der Oberfläche hinzugefügte pseudopathologische Veränderungen. Diese Risse und die erodierten Osteone in der Nähe der Oberfläche,

deren Havers'schen Kanäle offen liegen, führten zur dieser falschen makroskopischen Diagnose.

Aus alten Untersuchungen aus den 1980er Jahren stammte ein Präparat des Schädeldaches (Os parietale) mit einem Verdacht auf einen pathologischen Prozess. Zur damaligen Untersuchung gibt es keine schriftlichen oder bildlichen Unterlagen, weshalb die ursprüngliche Diagnose nicht klar auszumachen war. Bei der erneuten Untersuchung dieses Präparates sind keine Nachweise eines pathologischen Prozesses festgestellt worden. Die Lamina interna wies Spuren einer hitzebedingten Deformation und Risse auf. Es kann vermutet werden, dass dies makroskopisch zu einem Verdacht auf einen pathologischen Prozess (z.B. meningeale Reaktion) führte.

Ein histologisch untersuchtes Fragment einer Rippe unterscheidet sich deutlich von den restlichen Fragmenten der Knochen aus diesem Grab, obwohl bei der makroskopischen Betrachtung keine Unterschiede festgestellt worden sind. Das Fragment weist nur minimale Spuren der Verbrennung auf, es ist nicht zerplatzt, weist nur wenige hitzebedingte Risse und fast keine Verkohlung auf. Es ist anzunehmen, dass es sich lediglich eine sehr kurze Zeit lang im Feuer befand, oder aber dass es außerhalb der starken Hitzeeinwirkung lag. Die Verbrennung der sonstigen Knochen dieses Grabes zeigt im Postcranium überwiegend die Stufe V. Es könnte daher vermutet werden, dass es sich um einen Knochen eines anderen Individuums handelt, welches bei geringerer Temperatur verbrannt wurde. Dagegen spricht allerdings eine auffällige Ähnlichkeit des mikroskopischen Aufbaus der beiden untersuchten Rippenfragmente (vgl. Oer II 12: Costa/1 und Oer II 12: Costa/2), deren dichte Spongiosa mit kleinen Spongiosaräumen auf ein junges Individuum schließen lässt. Dies entspricht auch den Ergebnissen der anderen Altersbestimmungen. Als weitere Differentialdiagnose kann vermutet werden, dass dieses Fragment sich außerhalb des intensiven Feuers befand. Es handelt sich um einen flachen Teil der Rippe und somit um ein sternales Fragment. Bei den Verbrennungsprozessen sind Fälle beschrieben worden, in denen der Brustkorb durch eine Expansion der Gasse explosionsartig aufplatzte, so dass z.B. der Processus xiphoideus sterni ohne Verbrennungsspuren (also wohl weit von Feuer entfernt und später eingesammelt und mitbestattet) gefunden worden ist (vgl. Dokládál 1999). Eine ähnliche Situation könnte auch in diesem Fall vorgelegen haben, eine „Explosion“ des Brustkorbes müsste allerdings sehr stark sein, damit (mindestens) eine Rippe bricht, ein Fragment sich aus der Verbindung mit dem Weichgewebe löst und in einige Entfernung geschleudert wird.

### **Oerlinghausen II, 13**

Das Individuum aus dem Grab Oerlinghausen II, Fundstelle 13, ist makroskopisch als Adultus – Maturus eines unbestimmbaren Geschlechts bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung ergab ein Alter von 20-40 Jahren, die HMM dann ca.  $28 \pm 6$  Jahre. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein.

Eines der für die Cementochronologie ausgesuchten Zahnfragmente (oberer Schneidezahn, ein Eckzahn oder möglicherweise Prämolare), welches in der makroskopischen Untersuchung unauffällig war, wies bei der mikroskopischen Untersuchung Merkmale eines pathologischen Prozesses auf. Die Oberfläche des Zahns, die Zahnzementschicht, die für die Zementochronologie ausgewertet werden sollte, ist unregelmäßig. In der Schicht sind wenige Ringe des Zahnzements zu erkennen, die ungleich dick sind und nicht parallel verlaufen, folglich ist ein nicht physiologisches Wachstum anzunehmen. Als die wahrscheinlichste Differentialdiagnose kommt hier eine schwache Hyperzementose in Frage. Es handelt sich um die Folge eines entzündlichen Prozesses in der Alveole, vermutlich einem apikalen Abszess. Die durch Entzündung bewirkte Reizung der Weichteile des Zahnhalteapparats führt zu einem unregelmäßigen Anbau des neuen Zahnzements, was in extremen Fällen bis zu völliger Deformation der Zahnwurzel führen kann (Schultz 1988b). In der makroskopischen Untersuchung ließen sich auf einigen Fragmenten der Lamina externa des offenbar unverdickten Schädeldaches Merkmale feststellen, die auf eine intravital entstandene Porosität hindeuteten. Diese Beobachtung wurde im Sinne eines Verdachts auf einen beginnenden Bürstenschädel, eine Kopfschwartenentzündung oder differentialdiagnostisch eine Hitzeveränderung, die an eine pathologische Veränderung erinnert, interpretiert. Die histologische Untersuchung sollte eine dieser Aussagen bestätigen, oder zumindest unterstützen. In der histologischen Betrachtung lassen sich die Veränderungen eindeutig als postmortale Hitzebeschädigung interpretieren. Es handelt sich um postmortal entstandene Risse, die vor allem die dem Feuer und der Hitze stärker ausgesetzte äußere Lamina betreffen. Die innere Lamina ist jedoch, wenn auch in schwächerem Maß, auch betroffen. Somit handelt es sich um einen pseudopathologischen Fall.

### **Oerlinghausen II, 17**

Das Individuum aus dem Grab Oerlinghausen II, Fundstelle 17, ist makroskopisch als Adultus – Maturus eines unbestimmbaren Geschlechts bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung ergab ein Alter von 25-40 Jahren, die HMM etwa  $30-40 \pm 6$  Jahre. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein.

Von der vorangegangenen Untersuchung aus den 1980er Jahren ist ein Präparat des Schädeldaches vorhanden, lediglich ohne weitere schriftliche oder bildliche Dokumentation. Es kann daher nur vermutet werden, dass es sich um ein Fragment handelte, bei dem ein Verdacht auf einen pathologischen Prozess bestand. Das histologische Präparat wurde ausgewertet, war jedoch ohne nachweisbare Spuren einer Pathologie. Somit ist dieses Präparat als Beispiel einer Pseudopathologie zu bewerten, eine offensichtlich häufige Fehldiagnose bei der makroskopischen Auswertung von Brandknochen.

### **Oerlinghausen II, 18**

Das Individuum aus dem Grab Oerlinghausen II, Fundstelle 18, ist makroskopisch als tendenziell männlich, mindestens Adultus oder älter bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung ergab ein Alter von 25-50 Jahren, die HMM ca. 39-42 ±6 Jahre. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein.

Auf einem Fragment eines Unterschenkels, das makroskopisch unauffällig war, bzw. dessen Oberfläche als postmortal hitzebedingt beschädigt ausgewertet wurde, konnten in der histologischen Untersuchung Nachweise eines pathologischen Prozesses festgestellt werden. Die beobachteten intravital angelegten Vertiefungen sind als Nachweis vermehrter Blutgefäßbimpressionen im Sinne einer Längsstreifung (vgl. Braulke 2005) zu bewerten. Die Längsstreifung kann nur als ein unspezifischer Stressfaktor diagnostiziert werden, möglicherweise als Folge einer alten, sehr gut verheilten periostalen Reaktion, im Sinne einer Periostose oder Periostitis ohne nähere Bestimmungsmöglichkeiten. Eine zuverlässige makroskopische Diagnose der Längsstreifung ist nicht möglich. Sie ist bei Brandknochen kaum zu unterscheiden von den Spuren hitzebedingter Schrumpfung und ihre mikroskopische Diagnose ist folglich lediglich ein „Glückstreffer“. Eine Diagnose von Längsstreifung auf den Oberflächen verbrannter Langknochen kann somit für einen interessanten Aspekt der Paläopathologie am Leichenbrand, oder auch für einen Versuch der Rekonstruktion der Lebensbedingungen des Individuums gehalten werden. Es ist jedoch nicht geeignet, eine statistisch auswertbare und relevante Untersuchung zur Epidemiologie durchzuführen. Der Nutzen dieser Aussagemöglichkeit ist also fraglich.

Ein runder Lochdefekt in der Lamina interna des Orbitadaches (Fossa cranii anterior) wurde makroskopisch als vermutliche Folge der Hitzeinwirkung, die nur zufällig an einen intravitalen Prozess (z.B. Druckatrophie, entzündlicher Prozess im Sinne einer Zyste, oder ein tumoröser Prozess) erinnert, ausgewertet. Um diese Diagnose zu überprüfen, wurde ein mikroskopisches Präparat angefertigt. Die Histologie identifiziert die Veränderung eindeutig als

postmortal entstanden, es handelte sich um ein durch Hitze geplatzt und postmortal herausgefallenes Knochenfragment.

Der Verdacht auf eine intravital entstandene Porosität der Lamina externa des linken Os parietale in der dorso–medialen Ecke kann im Sinne einer Kopfschwartenentzündung, oder eines beginnenden anämischen Bürstenschädels gedeutet werden, die wahrscheinliche Differentialdiagnose deutet auf eine pseudopathologische Hitzeveränderung hin. Die histologische Untersuchung bestätigt den intravitalen Ursprung der Lochdefekte. Häufig sind derartige Defekte postmortale, durch Risse entstandene Öffnungen, die an ihren scharf abgetrennten und unterbrochenen Kollagenlamellen zu erkennen sind. Einige der Öffnungen lassen sich aber aufgrund des kontinuierlichen Verlaufs der Lamellen als intravital entstanden charakterisieren. Die Diploë weist jedoch keine Spuren eines pathologischen Prozesses auf, die Bälkchen weisen eine regelmäßige Struktur mit keinerlei Merkmalen einer Anämie auf. Der Prozess ist somit von außen in die Lamina externa eingewandert, im Sinne einer Hypervaskularisation, die sich als vermehrte Eintrittsöffnungen der Gefäße präsentierte. Der Befund ist also als eine Kopfschwartenentzündung zu interpretieren und belegt, dass auch eine derartige Diagnose an einer der Hitze am meisten ausgesetzten Oberfläche des Körpers in manchen Fällen durchführbar ist.

Ein ähnlicher Fall mit poröser Lamina externa sowohl wie interna wurde bei diesem Individuum auch an einem Fragment aus der ventro–medialen Ecke der rechten Os parietale beobachtet. Die histologische Untersuchung identifiziert diese Veränderungen jedoch als postmortal entstandene Risse und somit eine Pseudopathologie. Die starke Erosion der äußeren Oberfläche lässt keine Aussage zu, ob es sich ursprünglich um eine tatsächlich intravitale Porosität handeln könnte.

Im rechten Sulcus Sinus transversus des Os occipitale desselben Individuums wurde makroskopisch eine poröse Neubildung beobachtet, die das Sinus Impression verfüllte und mit den Ränder des Sulcus Sinus begrenzt war. Diese Beobachtung legt einen Verdacht auf eine poröse, wahrscheinlich hämorrhagisch bedingte Auflagerung, die auf einen parasinuösen Prozess zurückzuführen sind, nahe. Als mögliche Differentialdiagnose ist an eine postmortale Hitzeveränderung und Erosion der durch Hitze beschädigten Oberfläche zu denken. Die histologische Untersuchung bestätigt zweifelsfrei einen intravitalen Ursprung der Veränderung, es handelt sich in der Tat um eine hämorrhagisch bedingte Auflagerung im Sulcus sinus transversus. Die Auflagerung ist nicht integriert, es handelte sich vermutlich um einen Prozess, der sich im Verheilungsstadium befand. Fraglich ist ein möglicher Zusammenhang mit der porö-

sen Oberfläche der Lamina externa. Eine Kopfschwartenentzündung kann, muss aber nicht zwangsläufig einen Zusammenhang mit einer Blutung innerhalb des Schädels haben.

### **Oerlinghausen II, 19**

Das Individuum aus dem Grab Oerlinghausen II, Fundstelle 19, ist makroskopisch als Adultus – Maturus eines unbestimmbaren Geschlechts bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung ergab ein Alter von 30-45 Jahren, die HMM ca. 40-41 ±6 Jahre. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein.

Eine deutliche Veränderung einer der unteren Alveolen (Zahn 46) deutet auf eine Zahnfleischtasche oder einen apikalen Abszess hin. Es kann, aufgrund der schlechten Erhaltung, nicht bestimmt werden, wie groß dieser ursprünglich war, oder ob es sich um eine zur Todeszeit verheilende oder aktive Veränderung handelte. Somit ist es nicht möglich, diese Diagnose für weitere Auswertungen (vgl. Schultz 1988b) zu verwenden.

Auf der Lamina interna eines Stirnbeinfragments, in der Nähe der Crista frontalis und bilateral des Sulcus sinus sagittalis superior, befand sich eine vermutlich intravitale sternförmige Häufung von Gefäßimpressionen. Solche Veränderungen sind aufgrund der makroskopischen Beobachtung als wahrscheinliche Spuren eines verheilten hämorrhagisch-entzündlichen parasinuösen Prozesses zu interpretieren. Als Differentialdiagnose der Untersuchungen am Leichenbrand muss eine postmortale, hitzebedingte Beschädigung, d.h. Pseudopathologie, in Betracht gezogen werden. Die histologische Untersuchung bestätigte den intravitale Ursprung dieser Veränderungen und somit, dass es sich um echte Gefäßimpressionen handelt.

### **Oerlinghausen III, 1**

Das Individuum aus dem Grab Oerlinghausen III, Fundstelle 1, ist makroskopisch als Adultus II – Maturus eines unbestimmbaren Geschlechts bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung ergab ein Alter von mindestens 50, bzw. wahrscheinlich ab 55-65 Jahre aufwärts, die HMM dagegen lediglich 48-53 ±6 Jahre. Die HML Untersuchung stellte eindeutige Spuren altersbedingter Osteoporose fest. Die Osteoporose konnte bei der makroskopischen Altersbestimmung nicht diagnostiziert werden, auch in der mikroskopischen Betrachtung handelte es sich nur um schwache Spuren einer beginnenden Knochenrarefizierung. Diese führte jedoch zu einer Verminderung der Anzahl der morphologischen Strukturen und damit zu einer

niedrigeren HMM Altersbestimmung. Die Abweichung zwischen dem HML geschätzten und dem HMM berechneten Alter ist in diesem Fall vergleichsweise niedrig (vgl. die Ergebnisse des Kap. 9.2.8.). Auch dies ist auf die eher schwache Ausprägung der Osteoporose und damit einhergehend auch schwächere Rarefizierung des Knochengewebes zurückzuführen. Die HML Altersbestimmung kann somit in diesem Fall als wahrscheinlich zuverlässig betrachtet werden, die HMM dagegen als nicht anwendbar.

### **Oerlinghausen III, 4**

Das Individuum aus dem Grab Oerlinghausen III, Fundstelle 4, ist makroskopisch als Adultus – Maturus eines unbestimmbaren Geschlechts bestimmt worden. Die HML Altersbestimmung ergab ein Alter von 30-50 Jahren, die HMM ca. 48-54 ±6 Jahre. Die Ergebnisse der verschiedenen Methoden der Altersbestimmung stimmen überein.

Die Brandknochen dieses Grabes weisen eine sehr starke postmortale Erosion auf, die auf den kreidigen Verbrennungsgrad der Knochen zurückzuführen ist. Im Vergleich mit den anderen Bestattungen ist der Leichenbrand aus dem Grab Oer III, Fdst. 4 stärker einem Erosionseinfluss (Wasser) ausgesetzt worden. Dies ist darauf zurück zu führen, dass die Knochenüberreste dieses Grabes einen im Durchschnitt niedrigeren Verbrennungsgrad aufweisen als die restlichen Knochen des Gräberfeldes. Bei den meisten Gräbern des Oerlinghausener Gräberfeldes ist die Verbrennungsstufe meistens als Stufe V., IV.-V. und nur teilweise als III.-IV. (alles nach Dokládál 1999) einzuschätzen, bei dem Grab III/4 wurde jedoch die Verbrennungsstufe V. gar nicht erreicht. Die kreidig verbrannten Knochen ließen sich durch die Erosion deutlich intensiver beschädigen. Es ist nicht zu vermuten, dass sich die Lagerungsbedingungen gerade an dieser Stelle von denen sämtlicher anderer Gräber des Oerlinghausener Gräberfeldes unterscheiden sollten. Ein Grund für eine klar abweichende (schwächere) Verbrennung ausschließlich bei diesem einen Grab lässt sich nicht bestimmen.

### **10.13. Zeytinli–Bahçe**

#### **ZB D5(10) K40 Ib**

Die Knochen aus dem Objekt einer byzantinisch datierten Abfallgrube ließen sich makroskopisch mit gewisser Wahrscheinlichkeit einzelnen Individuen zuordnen. Besonders die Knochen der unteren Extremitäten waren aufgrund ihrer Morphologie, Robustizität sowie in einigen Fällen der Kongruenz der Gelenkflächen mit Sicherheit einem Individuum zuzuordnen. Die histologische Altersbestimmung der einzelnen Knochenfragmente ergab jedoch ein überraschendes Ergebnis. Die HMM sowie auch die HML Altersbestimmung an den Prä-

paraten des Femurs sowie auch von der Tibia stimmen überein (HMM 35,3-41,3  $\pm$ 6 Jahre, bzw. die HML 35-45 Jahre), auch die makroskopische Bestimmung ergibt das gleiche Alter (30-50 Jahre). Die HMM Altersbestimmung der Fibula ergab jedoch ein Ergebnis von 20,6  $\pm$ 6 Jahre und lag somit außerhalb der Alterseingrenzung, die an den anderen Knochen festgestellt wurden. Die Methode für die HML Altersbestimmung ist für die Fibula nicht präzisiert (Schultz, mündl. Mitt.) und ist folglich nicht als zuverlässig zu betrachten. Sollte man die gleichen Merkmale wie für die HML Altersbestimmung an Femur und Tibia bewerten (s. Kap. 9.2.2. *Histomorphologische Altersbestimmung*), wäre die Bestimmung aufgrund der Mikromorphologie auf frühadult, bzw. bis höchstens 35 Jahre einzugrenzen. Dies stimmt mit der HMM Bestimmung überein, mit den anderen Präparaten dieses vermuteten einen Individuums jedoch nicht. Somit ist festzustellen, dass auch unter den Knochen bzw. Knochenfragmenten, die makroskopisch für ein Individuum gehalten wurden, doch mehrere gefunden werden können.

Die Knochen aus diesem Objekt sind einer eher niedrigen Hitze ausgesetzt worden. Auf eine Verbrennung deuten inselweise vorhandene Spuren der Verkohlung und verkleinerte Abstände zwischen den Lakunen der Osteozyten hin. Dieses Merkmal kann eine hitzebedingte Schrumpfung des Gewebes nachweisen, auch wenn andere Hinweise fehlen (vgl. Schultz 1986). Die wenig verkleinerten Abstände deuten auch auf eine eher niedrige Temperatur der Verbrennung hin, in der nur eine schwache Schrumpfung stattgefunden hat. Die durch Bodenlebewesen verursachte Beschädigung des Gewebes ist als Nachweis einer erst späteren Verbrennung zu erklären, es handelt sich ursprünglich nicht um eine Feuerbestattung. Im Fall einer Feuerbestattung wären die organischen Stoffe, die als Nahrungsmittel der Bakterien und Pilze dienen, verbrannt oder zumindest beschädigt und eine weite Ausbreitung der Lochdefekte und Gänge, wie sie bei diesem Individuum (besonders in den Präparaten des Femurs) beobachtet wurde, wäre eher unwahrscheinlich (vgl. Schultz 1986). Das weitgehende Fehlen hitzebedingter Risse ist ebenfalls durch eine Verbrennung der schon längere Zeit dekomponierten Knochen zu bewerten, da der Knochen in nicht mehr lebensfrischem Zustand (wie bei Feuerbestattungen normalerweise der Fall) auf Hitze anders reagiert. Einfluss nimmt auch das Fehlen von Weichgewebe (die Gase, die sich aus dem brennenden Weichgewebe lösen, beeinflussen die Sprengungen des Knochengewebes). In wenigen Fällen sind bei den Knochen dieses Individuums auch deformierte, also wohl hitzebedingte Risse beobachtet worden. Es handelt sich aber um deutlich andere Rissmuster, als sie von der Verbrennung lebendfrischer Knochen bekannt sind. Die Deformation führte zu einer Sprengung der Osteone in un-

regelmäßiger Art und Weise, nicht vergleichbar mit dem einen oder meistens zwei gegeneinander verlaufenden Rissmuster lebendfrischer Osteone.

#### **ZB D5(14) 1aS Bone S.**

Das Individuum aus diesem Grab wurde makroskopisch als wahrscheinlich männlich, wohl erwachsen (20-60 Jahre) bestimmt. Die HML Altersbestimmung ergibt ein Alter von 25-35 Jahren, die HMM Altersbestimmung weicht mit einem Wert von  $43,9 \pm 6$  Jahre deutlich ab. Die Aussage der HML Methode scheint aufgrund der Anwesenheit der inneren GL zuverlässig, das Individuum muss weniger als 30(35) Jahre alt gewesen sein (Schultz, mündl. Mitt.). Der Unterschied kann also eher auf eine Abweichung der HMM Bestimmung zurückgeführt werden. Die kann z.B. durch R.A.P. Phänomen, oder durch eine erhöhte physische Belastung (vgl. Kap. 10.3. *Diskussion*) erklärt werden.

#### **ZB D5(15) K40**

Die Untersuchung der Knochenfragmente dieses Individuums orientierte sich primär an der Auswertung der hitzebedingten Veränderungen, bzw. auf die Frage, ob es sich um eine echte Brandbestattung oder eine spätere Verbrennung von bereits über eine längere Zeit im Boden gelagerten Knochen aus einem älteren, gestörten, bronzezeitlichen Grab in einer byzantinischen Abfallgrube handelte. Die histologischen Präparate zeigten Merkmale, die eindeutig für eine Verbrennung lebendfrischer Knochen sprechen. Die Verbrennungsstufe aller Fragmente deutet aber auf eine eher niedrige Verbrennungstemperatur bzw. eine kurze Verbrennungszeit hin, sie erreicht lediglich die Stufe II-III (nach Dokládál 1999). Bei der Verbrennung kam es zur Einlagerung des Kohlendioxids, der Entstehung der ersten Risse in der Compacta und teilweise begann auch die sekundäre Verbrennung des CO<sub>2</sub> aus den oberflächennahen Knochenbereichen. Die Temperatur führte aber nicht etwa zur Rissentstehung innerhalb der Fragmente (oder nur in sehr geringer Menge) und es ist eher an einen niedrigen Temperaturbereich (ca. bis 350-400°C) zu denken. Die Gründe der Verbrennung bei einer niedrigen Temperatur lassen sich nicht bestimmen. Dies ist aber nur eine der möglichen Erklärungen. Eine andere Überlegung, die jedoch aufgrund der unvollständigen Erhaltung nicht zu überprüfen ist, wäre z.B. eine unvollständig verbrannte Leiche in Folge eines Unfalls o.ä. Die histologische Untersuchung dient offenbar auch in solchen fraglichen Fällen zur klaren

Unterscheidung, ob es sich um eine Brandbestattung (bzw. Verbrennung eines Körpers) handelte, oder um durch Zufall im Feuer in einer Abfallgrube verbrannte alte Knochen.

## 11. Ausblick

Ziel dieser Arbeit ist es, histologische Untersuchungsmethoden zur Altersbestimmung zu überprüfen sowie Merkmale pathologischer Prozesse an Knochenüberresten aus Leichenbränden zu diagnostizieren. Die durchgeführten Vergleichsuntersuchungen an Knochen von Individuen mit bekanntem Sterbealter zeigen auf, dass die histologische Untersuchung von Langknochen eine relativ genaue Altersbestimmung ermöglicht. Wie schon frühere Untersuchungen bewiesen haben, ist die histomorphometrische (quantitative) Altersbestimmung an Langknochen auch für die Anwendung an verbrannten Knochen einsetzbar. Ziel der vorliegenden Arbeit war die eingehende Überprüfung, ob auch Methoden der histomorphologischen (qualitativen) Altersbestimmung an Langknochen für die Untersuchung verbrannten Knochenmaterials geeignet und relevant sind. Die histomorphologischen Methoden ließen sich als sehr hilfreich für die Untersuchungen am Leichenbrand verifizieren. Wie sich im Rahmen dieser Untersuchung aufzeigte ist anzumerken, dass, so wie jede Methode, auch die mikroskopische Altersbestimmung ihre Grenzen und Schwachpunkte beinhaltet.

Insgesamt wurden 124 Individuen aus prähistorischen Brandgräbern (4 bronzezeitliche, 31 vorrömisch-eisenzeitliche und 89 römisch-kaiserzeitliche Bestattungen) auf der Grundlage von 354 mikroskopischen Dünnschliffen, sieben Röntgenaufnahmen sowie 13 rasterelektronenmikroskopischen Präparaten untersucht. Zusätzlich wurden 34 nicht verbrannte rezente Individuen mit bekanntem Sterbealter mit Hilfe von 45 mikroskopischen Dünnschliffen ausgewertet. Die Untersuchungsmethoden für die Altersbestimmung lieferten bei 28 der prähistorischen Individuen (22,6%) voneinander abweichende und somit unzuverlässige Ergebnisse. In 11 Fällen handelte es sich um Abweichungen von der makroskopischen Altersbestimmung, die auf den fragmentierten Erhaltungszustand des Knochenmaterials zurückzuführen waren, vor allem auf eine für diese Bestimmung zu geringe Menge erhaltener Knochenfragmente und die daraus resultierenden fehlenden Anhaltspunkte für die makroskopische Altersbestimmung. In einigen Fällen ließen sich in einem Grab erst mikroskopisch mehrere Individuen identifizieren, die makroskopisch nicht zu unterscheiden waren. In den übrigen 17 Fällen (13,7%) wurden Unterschiede in den Ergebnissen der verwendeten histomorphologischen und histomorphometrischen mikroskopischen Methoden festgestellt. Bei den rezenten Individuen mit bekanntem Sterbealter ergaben sich bei der Auswertung in neun Fällen (24,5%) Abweichungen vom realen kalendarischen Alter. Bei der Verwendung der standardisierten anthropologischen Kategorie „Senilis“ reduziert sich diese Abweichung auf lediglich zwei Individuen (5,9%).

Zu Vergleichszwecken wurde das Individualalter nicht nur mikroskopisch bestimmt, sondern es wurden auch die klassischen makroskopischen Methoden der physischen Anthropologie angewandt. In Bezug auf erwachsene Individuen erwies sich die Kombination beider angewandter mikroskopischer Methoden gegenüber der rein makroskopischen Untersuchung als präziser und somit zweifelsfrei überlegen. Bei der Bestimmung von subadulten Individuen zeigte sich jedoch, dass die makroskopischen Aussagemöglichkeiten in ihrer Präzision denen der mikroskopischen gleichen oder sie sogar in manchen Fällen übertreffen. Somit kann bei makroskopisch zweifelsfrei bestimmbareren Kinderskeleten auf die aufwändige mikroskopische Altersbestimmung verzichtet werden.

Die Schwächen der histomorphometrischen Methoden zeigten sich nicht nur anhand des Einflusses des schlechten Erhaltungszustands der verbrannten Knochen auf die Auswertung, sondern erwiesen sich als zum Teil auch in den Methoden selbst begründet. So können z.B. altersbedingte Veränderungen des Knochens die Genauigkeit der histomorphometrischen Methoden beeinträchtigen. Eine unterschiedlich stark ausgeprägte Osteoporose ist verantwortlich für eine reduzierte Osteonenanzahl sowie stark fragmentierte Osteone; dies führt bei Anwendung der histomorphometrischen Methode zu einer fälschlich niedrigen Sterbealtersbestimmung. Die „fehlenden“ senilen Individuen sind in Folge laut den Ergebnissen der histomorphometrischen Altersbestimmung fälschlich unter den adulten oder sogar subadulten zu finden, wobei die Kategorie Maturus mit ihrer extremen Dichte des Knochengewebes sozusagen übersprungen wird. Experimentell konnte dieses Ergebnis anhand der Präparate von Individuen mit bekanntem Sterbealter bestätigt werden, bei denen die gleiche Abweichung beobachtet wurde. Eine solche fehlerhafte Bestimmung kann durch die histomorphologische Altersbestimmung, bei der sich eine altersbedingte Osteoporose sicher identifiziert lässt, überprüft und korrigiert werden. Osteoporotische Individuen sollten somit aus der histomorphometrischen Altersbestimmung ausgeschlossen werden. Solche Fälle waren mit 12 (9,7% insgesamt, bzw. 70,6% der abweichenden Ergebnisse) die häufigste Ursache für Unterschiede innerhalb der mikroskopischen Altersbestimmung.

Von den restlichen Abweichungen bei der Altersbestimmung wurden weitere vier (3,2% insgesamt, bzw. 23,5% der abweichenden Ergebnisse) durch Komplikationen bei der Altersbestimmung subadulten Individuen hervorgerufen. Sowohl die histomorphometrische wie auch die histomorphologische Altersbestimmung ermöglichen eine zweifelsfreie Identifizierung subadulten Individuen. Bei der genauen Bestimmung des Alters der Kinder oder Jugendlichen weisen jedoch beide deutliche Schwächen auf. Die unterschiedlich intensiven Wachstumsprozesse führen zu einer gewissen Unregelmäßigkeit innerhalb der Struktur des

subadulten Knochens und beeinflussen somit auch die mikroskopische Altersbestimmung. Dadurch lassen sich morphologische Merkmale nur in etwa zwei nicht klar definierte Gruppen einteilen, in kleine Kinder und in Jugendliche bis junge Erwachsene, mit einem recht breiten Übergangsbereich. Es ist beinahe unmöglich, mit Hilfe der Histomorphologie die Altersklassen Infans II und Juvenis, oder Juvenis und Adultus I voneinander abzugrenzen. Auch die histomorphometrische Untersuchung liefert aufgrund des unregelmäßig wachsenden Knochengewebes, das in jedem Bereich des Knochens eine völlig andere Dichte und Struktur aufweisen kann, eher ungenaue Ergebnisse. Die mikroskopische Altersbestimmung erwies sich jedoch als entscheidend für die Untersuchung schlecht erhaltener Brandknochen, die sich makroskopisch lediglich als "wohl subadult" bestimmen ließen, indem sie in der Tat das subadulte Alter bestätigen oder widerlegen konnte.

Bei der Untersuchung der insgesamt 124 verbrannten Individuen konnte nur in einem einzigen Fall (0,8% insgesamt, 5,9% der fraglichen Fälle) nicht geklärt werden, warum sich die Ergebnisse der Altersbestimmungsmethoden unterschieden. Es muss angenommen werden, dass es noch weitere, nicht bestimmbare morphologische Merkmale gibt, die beispielsweise durch pathologische Prozesse, Wachstumsphasen oder körperliche Belastung verursacht werden und die sich auf die Altersbestimmung auswirken.

Keiner Methode darf blind vertraut werden, aber eine Kombination mehrerer Untersuchungsverfahren und ihr Vergleich lieferten in der überzeugenden Mehrheit der Fälle zuverlässige Ergebnisse. Es zeigt sich, dass auch die histologische Untersuchung keinesfalls allein stehend anzuwenden ist, sondern möglichst mit anderen Methoden kombiniert und kritisch verglichen werden sollte. Diese kombinierte Verwendung aller drei Verfahren sowie ihr Vergleich ermöglicht auch bei verbrannten Knochen eine Altersbestimmung, die sich in ihrer Genauigkeit und Zuverlässigkeit mit der Altersbestimmung an nicht verbrannten Knochenüberresten vergleichen lässt.

Spuren einiger pathologischer Prozesse lassen sich an verbrannten Knochen relativ einfach makroskopisch feststellen und benötigen keine weitere mikroskopische Untersuchung. Dazu gehören beispielsweise Veränderungen an den Zähnen und dem Kiefer. Die durch die lichtmikroskopische Untersuchung zusätzlich zu treffenden Diagnosen sind eher als Zufallsbefunde zu bezeichnen und werden somit lediglich als interessante Teilaspekte betrachtet. Sehr selten lassen sich bei Brandknochen pathologisch bedingte Veränderungen der Sinus paranasales und der Cavitas tympani feststellen. Dies liegt vor allem an der schlechten Erhal-

tung der Strukturen des Gesichtsschädels bzw. der hitzebedingten Erosion der Oberfläche der Cavitas tympani.

Vergleichsweise häufig konnten Veränderungen auf der Lamina interna des Schädeldaches festgestellt werden. Unter den 120 untersuchten Individuen aus Brandgräbern der Vor-römischen Eisenzeit und Römischen Kaiserzeit wurden bei 15 Spuren vermutlicher krankhafter Prozesse am Schädel identifiziert. Dies entspricht 12,5% der Individuen. Die mikroskopische Untersuchung konnte unter diesen 15 verdächtigen Fällen sechs als pseudopathologisch, d.h. postmortal entstanden, identifizieren. Als intravital entstanden erwiesen sich neun Fälle (7,5% der Gesamtpopulation). Bei diesen handelte es sich um hämorrhagisch-entzündliche Reaktionen der harten Hirnhaut, die auf unterschiedliche Arten meningealer Reizung zurückzuführen sind. Die Lamina interna des Schädeldaches gewährt offenbar mindestens während der früheren Phasen der Verbrennung einen gewissen Schutz für die neugebildeten Strukturen. Kein einziger der im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Schädel war zu mehr als 30-40% erhalten. Wichtiger für die Diagnosemöglichkeiten am Schädeldach sind folglich die Bedingungen nach der Bestattung. Trotz deutlicher postmortalen Beschädigung des untersuchten Knochenmaterials lassen sich derart wichtige Diagnosen relativ häufig an Leichenbränden treffen, was die Bedeutung der Möglichkeit einer paläopathologischen Untersuchung auch an verbranntem Knochenmaterial hervorhebt. Die mikroskopische Untersuchung sorgt dafür, dass auch postmortale Veränderungen identifiziert werden, die bei der makroskopischen Auswertung unentdeckt blieben. In dieser Hinsicht ist die lichtmikroskopische Untersuchung einzigartig in ihrer Bedeutung, da in manchen Fällen nicht einmal durch die Rasterelektronenmikroskopie pseudopathologische Strukturen als solche identifiziert werden können. Auch Veränderungen der Diploë können mit Hilfe röntgenologischer und mikroskopischer Techniken festgestellt werden. Dagegen sind Veränderungen der Lamina externa des Schädeldaches, wohl aufgrund der exponierten und somit dem Feuer besonders ausgesetzten Lage, nur selten nachweisbar. Die meisten zunächst bei der makroskopischen Betrachtung identifizierten "Neubildungen" der Lamina externa erwiesen sich bei der mikroskopischen Untersuchung letztendlich als postmortale Veränderungen.

Als besonders kompliziert erwies sich die Diagnose von Spuren pathologischer Prozesse an postcranialen Knochenüberresten. Durch postmortale Beschädigung sind Rippen und Wirbel beim Leichenbrand in der Regel in einem sehr schlechten, fragmentarischen Zustand, häufig fehlen sie sogar komplett. Trotzdem konnte in einem Fall die einmalige Diagnose eines kleinen bösartigen Tumors, wohl der Metastase eines Weichgewebstumors, festgestellt werden. Auch die Diagnosemöglichkeit von Veränderungen der Wirbelsäule und der Körperge-

lenke ist vom Erhaltungszustand und Fragmentierungsgrad der Brandknochen abhängig. So konnten bei keinem der Gräber aus der Römischen Kaiserzeit, die einen sehr hohen Fragmentierungsgrad aufwiesen, solche Spuren festgestellt werden. Dagegen waren sie im vorrömisch-eisenzeitlichen Leichenbrand, der in der Regel weniger fragmentierte Knochenüberreste aufweist, mehrmals zu beobachten. Bei der Diagnose der an unverbrannten Langknochen häufig zu beobachtenden Längsstreifung, die als Folge verschiedener Stressfaktoren entstehen kann, zeigten sich im Fall der verbrannten Knochen die Grenzen der Untersuchungsmöglichkeiten auf. Die hitzebedingte Beschädigung der Knochenoberfläche hinterlässt Spuren, die makroskopisch von der Längsstreifung kaum zu unterscheiden sind und die sich mikroskopisch in den meisten Fällen als eindeutige postmortale Veränderungen oder als postmortal zu stark beschädigt erweisen. Dies limitiert die seltenen Befunde einer tatsächlichen Längsstreifung zu einem lediglich eingeschränkt aussagekräftigen Zufallsbefund.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen deutlich, dass es bei Leichenbränden in Bezug auf die Paläopathologie unmöglich ist, die gleichen Aussagemöglichkeiten zu erreichen, wie sie bei nicht verbrannten Knochen mit Hilfe moderner Methoden möglich ist. Trotzdem kann eine paläopathologische Untersuchung, die mit Hilfe moderner Methoden durchgeführt wurde, das Spektrum der Erkenntnisse aus dem Leichenbrand um wichtige Aspekte erweitern. Es zeigte sich auch, dass lichtmikroskopische Methoden der Paläopathologie auf Brandknochen übertragen werden können - allerdings nur unter Berücksichtigung möglicher Auswirkungen der Brenntemperatur. Eine einfache makroskopische Untersuchung ohne einhergehende lichtmikroskopische Auswertung ist im Fall von Leichenbränden noch öfter als bei unverbrannten Knochen nicht ausreichend, um eine zuverlässige Diagnose zu treffen. Auch radiologische Untersuchungen, die oftmals nützliche Informationen liefern, können eine lichtmikroskopische Auswertung nicht ersetzen. In Bezug auf die Erhebung paläopathologischer Befunde am Leichenbrand erwies sich die Rasterelektronenmikroskopie als wenig sinnvoll, da sie keine Erweiterung der lichtmikroskopisch diagnostizierbaren Befunde darstellte. Als Fazit dieses Teils der Arbeit kann festgestellt werden, dass die auf einer gründlichen makroskopischen Auswertung basierende paläopathologische Untersuchung zweifelsfrei eine Bereicherung der Untersuchungsmöglichkeiten des Leichenbrandes darstellt und als solche einen Standardbestandteil der anthropologischen Forschung an verbranntem Knochenmaterial darstellen sollte.

**Literaturverzeichnis:**

Acsádi, G.; Nemeskéri, J. (1970): History of human life span and mortality. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Adler, C.-P. (1998): Knochenkrankheiten. Diagnostik makroskopischer, histologischer und radiologischer Strukturveränderungen des Skeletts, 2. Aufl. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Ahlquist, J.; Damsten, O. (1969): A modification of Kerley's method for the microscopic determination of age in bone. *J For Sci* 14, 205-212.

Amprino, R.; Marotti, G. (1964): A topographic quantitative study of bone formation and reconstruction. In: Blackwood, H. J. J. (ed.): Bone and Tooth Symposium, MacMillan, New York, 21-33.

Aschoff, L. (1928a): Pathologische Anatomie. Allgemeiner Teil. 7. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Aschoff, L. (1928b): Pathologische Anatomie. Spezieller Teil. 7. Auflage. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Asuming, R.; Schultz, M. (2000): Häufigkeit und Intensität transversaler Schmelzhypoplasien und ihre Korrelation mit den HARRIS-Linien dargestellt an der frühmittelalterlichen Population von Barbing-Kreuzhof. Schnittstelle Mensch – Umwelt in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft, Proceedings, 3. Kongress der Gesellschaft für Anthropologie (GfA), Cuvillier Verlag, Göttingen.

Aufderheide, A. C. – Rodríguez-Martín, C. (1998): The Cambridge Encyclopedia of Human Pathology. Cambridge University Press, Cambridge.

Baby, R. S. (1954): Hopewell Cremation Practices. *Papers in Archaeology* 1, The Ohio Historical Society, 1-17.

Bätge, B.; Renz-Polster, H. (2001): Schilddrüse. In: Renz-Polster, H.; Braun, J. (eds.): Basislehrbuch – Innere Medizin. Urban & Fischer, München, Jena, 2. Auflage.

Beninger, E. (1930): Germanische Brandgräber von Höflein a. d. Thaya (Havlín nad Dyjí) in Südmähren, *Eiszeit und Urgeschichte* 7, 124 – 131.

Berggerhoff, W. (1963): Allgemeine intrakranielle Drucksteigerung. In: Olssen, O.; Strnad, F. (eds.): *Handbuch der medizinischen Radiologie*, Teil 1, Springer Verlag, Berlin, 277-292.

Bertelsen, P. K.; Clement, J. G.; Thomas, C. D. L. (1995): A Mophological Study of the Cortex of the Human Femur from early Childhood to Advanced Old Age, *For Sci Internat* 74, 63-77.

Binford, L. R. (1963): An Analysis of Cremation from Three Michigan Sites. *Wis. Archeol.* 44, 98-110.

Bischoff, T. L. W. (1850): Zusätze und Bemerkungen zu der Abhandlung des Herrn Med.-Direktor Dr. Graf zu Darmstadt über die Todeart der Gräfin von Görlitz, mit besonderem

Hinblicke auf die Lehre von der Selbstverbrennung. Henke's Z. f. d. Staatsarzneikd. 60, 162-210.

Bouvier, M.; Ubelaker, D. H. (1977): A Comparison of Two Methods for the Microscopic Determination of Age at Death. *Am J Phys Anthropol* 46, 391-394.

Boyce, B. F.; Xing, L.; Jilka, R. L.; Bellido, T.; Weinstein, R. S.; Parfitt, A. M.; Manolagas, S. C. (2002): Apoptosis in Bone Cells. In: Bilezikian, J. P.; Raisz, L. G.; Rodan, G. A. (eds.): *Principles of Bone Biology* (Second Edition). Academic Press, 151-168.

Bradtmiller, B.; Buikstra, J. E. (1984): Effects of Burning on Human Bone Microstructure: A Preliminary Study. *J For Sci* 26, 535-540.

Braulke, F. (2005): Ergebnisse der paläopathologischen Untersuchungen an den Postcranien der frühneolithischen Erwachsenenskelete aus Wandersleben, Kreis Gotha. Diss. med., Universität Göttingen.

Bridges, P. S. (1989): Changes in activities with the shift to agriculture in the southeastern United States. *Curr Anthropol* 30, 385-394.

Broca, P. (1875): Instructions craniologiques et craniométriques. *Mém. Soc. Anthropol. Paris* 2, 1-103.

Bromage, T. G. (1984): Interpretation of Scanning Electron Images of Abraded Forming Bone Surfaces. *Am J Phys Anthropol* 64, 161-178.

Brothwell, D. R. (1972): *Digging up Bones*. Natural History Museum Publications, London.  
Brothwell, D.R. (1981): *Digging up Bones*. 3rd edition. British Museum (Natural History), Cornell University Press, Ithaca, New York.

Buikstra, J.; Goldstein, L. (1973): The Perrins Ledge Crematory. *Illinois State Mus. Rep. of Invest.* 28.

Burkhardt, L. – Fischer, H. (1970): *Pathologische Anatomie des Schädels*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Burr, D. B.; Ruff, C. B.; Thompson, D. D. (1990): Patterns of Skeletal Histologic Change Through Time: Comparison of an Archaic Native American Population with Modern Populations. *Anatomical Record* 226, 307-313.

Carli-Thiele, P. (1996): Spuren von Mangelerkrankungen an steinzeitlichen Kinderskeleten. Vol. 1. *Fortschritte in der Paläopathologie und Osteoarchäologie*. Verlag Erich Goltze, Göttingen.

Cattaneo, C.; DiMartino, S.; Scali, S.; Craig, O. E.; Grandi, M.; Sokol, R. J. (1999): Determining the Human Origin of Fragments of Burnt Bone: A Comparative Study of Histological, Immunological and DNA Techniques, *For Sci Int* 102, 181-191.

Chan, A. H. W.; Crowder, C. M.; Rogers, T. L. (2007): Variation in Cortical Bone Histology Within the Human Femur and Its Impact on Estimating Age at Death. *Am J Phys Anthropol* 132, 80-88.

Childe, G. V. (1950): *Prehistoric Migrations in Europe*, Institutet for Sammenlignende Kulturforskning, Oslo and Harvard University Press, Cambridge.

Chochol, J. (1955): Antropologický rozbor lidských pozůstatků ze žárových hrobů (Analyse anthropologique des os humains des sepultures a incineration). Ref. o prac. výsledcích českoslov. archeol. za rok 1955, Část I, 16-25.

Chochol, J. (1958): Dosavadní výsledky antropologického rozboru lužických žárových hrobů z českých zemí (Bisherige Ergebnisse einer anthropologischen Analyse der Lausitzer Brandgräber in den Böhmischen Ländern). *Památky archeol.* 49, 559-582.

Chochol, J. (1961): Antropologický rozbor lidských žárových pozůstatků z Lužických pohřebišť v Ústí nad Labem – Střekově II a v Žirovicích, okr. Cheb (Anthropologische Analyse menschlicher Brandreste aus den Lausitzer Gräberfeldern Ústí nad Labem – Střekov II und Žirovice, Bezirk Cheb). *Monumenta Archaeol.* 8, 195-232, 273-290.

Christensen, A. M. (2002): Experiments in the Combustibility of the Human Body. *J. For. Sci.* 47, 466-470.

Courtney, A. C.; Hayes, W. C.; Gibson, L. J. (1996): Age-related differences in post-yield damage in human cortical bone. *Experiment and model, J Biomech* 29, 1463-1471.

Currey, J. D. (1964): Some effects of Ageing in human Haversian systems. *Anat J* 98, 69-75.

Černý, M. (1971): Určování pohlaví podle postkranálního skeletu. In: Vlček, E. (ed.): *Symposium o určování stáří a pohlaví jedince podle kostry*. Národní muzeum v Praze, Praha, 46-62.

Červinka, I. L. (1937): Germáni na Moravě. *Anthropologie XIV* (1936). Praha, 107 – 146.

Červinka, I. L. (1942): „Pražský typ“ keramiky v moravských nálezech. *Věda a život VIII/11-12*.

Čižmář, M. (1999): Prostějov – Čechovice (okr. Prostějov). *PV 1997 – 1998, AÚ AV ČR Brno*, 275.

Dahlin, D. C. (1978): *Bone Tumors*. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois.

DeHaan, J. D. (2008): Fire and Bodies. In: Schmidt, C. W.; Symes, S. A. (eds.): *The Analysis of Burned Human Remains*. Academic Press, Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo, 1-13.

Detken, S. (1991): Krankhafte Veränderungen an den menschlichen Skeleten aus dem frühmittelalterlichen Reihengräberfeld Barbing-Kreuzhof. *Diss. med., Georg-August-Universität, Göttingen*.

Devlin, J. B.; Herrmann, N. P. (2008): Bone Color as an Interpretive Tool of the Depositional History of Archaeological Cremains. In: Schmidt, C. W.; Symes, S. A. (eds.): *The Analysis of*

Burned Human Remains. Academic Press, Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo, 109-128.

Dobiáš, J. (1964): Dějiny československého území před vystoupením Slovanů, Praha.

Dokládál, M. (1963): Ein Beitrag zur Identifikation der Leichenbrände. *Anthropos* 15, Brno, 29-38.

Dokládál, M. (1969): Über die heutigen Möglichkeiten der Personenidentifikation auf Grund von verbrannten Knochen. *Aktuel. Kriminol.*, 223-246.

Dokládál, M. (1970): Ergebnisse experimenteller Verbrennungen zur Feststellung von Form- und Größenveränderungen von Menschenknochen unter dem Einfluß von hohen Temperaturen. *Anthropologie* 8, 3-17.

Dokládál, M. (1999): Morfologie spálených kostí, *Acta facultatis medicinae universitatis brunensis Masarykianae* 113, *Opuscula anthropologica*, Masarykova univerzita, Brno.

Dostál, B. (1960): Römerzeitliche Funde aus Horní Dunajovice, *SpFFBU E* 5, 73 – 84.

Droberjar, E. (1999): Dobřichov – Pičhora. Ein Brandgräberfeld der ältern römischen Kaiserzeit in Böhmen. *Fontes Archaeologici Pragenses* 23, Praha.

Droberjar, E.; Kazdová, E. (1993): Das Brandgräberfeld aus der römischen Kaiserzeit von Šitbořice in Mähren. *ČMM sc. soc.* LXXVIII, 97 – 149.

Drusini, A. G. (1996): Sampling Location in Cortical Bone Histology. *Amer J Phys Anthropol* 100, 609-610.

Dutour, O.; Pálfi, G.; Berato, J.; Brun, J.-P. (eds., 1994): L'origine de la syphilis en Europe: Avant ou après 1493? / The Origin of Syphilis in Europe: Before or after 1493? Proceedings of an international colloquium, Toulon, France, 25-28 November 1993. Centre Archéologique du Var, Editions Errance, Paris.

Eggers, H. J. (1955): Zur absoluten Chronologie der römischen Kaiserzeit im freien Germanien. *JbRGZM* 2, 196 – 244.

Ericksen, M. F. (1973) Age-related bone remodeling in three aboriginal American populations. Unpublished Ph.D. dissertation, George Washington University, Washington.

Ericksen, M. F. (1980): Patterns of microscopic bone remodeling in three aboriginal American populations. In: Browman, D. L. (ed.): *Early Native Americans: Prehistoric Demography, Economy, and Technology*. The Hague. Mouton Publishers, 239-270.

Ericksen, M. F. (1991): Histologic estimation of age at death using the anterior cortex of the femur. *Am J Phys Anthropol* 84, 171-179.

Feik, S. A.; Thomas, C. D. L.; Clement, J. G. (1997): Age – Related Changes in Cortical Porosity of the Midshaft of the Human Femur. *J Anat* 191, 407-416.

Feik, S. A.; Thomas, C. D. L.; Bruns, R.; Clement, J. G. (2000): Regional Variations in Cortical Modeling in the Femoral Mid-Shaft: Sex and Age Differences. *Am J Phys Anthropol* 112, 191-205.

- Ferembach, D.; Schwidetzky, I.; Stloukal, M. (1979): Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett. *Homo* 30 Anhang, 1-32.
- Ferembach, D.; Schwidetzky, I.; Stloukal, M. (1980): Recommendations for Age and Sex Diagnoses of Skeletons. *J Human Evol* 9, 517-549.
- Fišara, K. (1903): Nález u Nákla, Žárové hroby z doby císařství římského. In: Červinka, I. L. (ed.): *Pravěk*, 22 – 23.
- Flohr, S. (2007): Paläopathologische Untersuchung zur Erkrankungen der Cavitas tympani und der angrenzenden pneumatischen Räume im frühen Mittelalter. Diss. phil. nat., Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main.
- Flohr, S.; Schultz, M. (2008): The mastoid process and its significance for paleopathological investigations on human skeletal remains investigated by means of two different early medieval skeletal samples from Germany. Abstract. *Am J Phys Anthropol Suppl.* 46, 97.
- Flohr, S.; Schultz, M. (2009a): Osseous Changes due to Mastoiditis in Human Skeletal Remains. *Int J Osteoarchaeol* 19 (1), 99-106.
- Flohr, S.; Schultz, M. (2009b): Mastoiditis - Paleopathological Evidence of a Rarely Reported Disease. *Am J Phys Anthropol* 138 (3), 266-273.
- Forbes, G. (1941): The effects of heat on histological structure of bone. *Police Journal* 14(1), 50-60.
- Frieling, I.; Kruse, H.-P. (1996): Die Osteoporose des Mannes: Ursachen und Risikofaktoren. *Osteologie* 5(4), Verlag Hans Huber, Bern.
- Frost, H. M. (1961): Human Haversian system measurements. *Henry Ford Hosp. Med. Bull.* 9, 145-147.
- Frost, H. M. (1962): Microscopy: Depth of focus, optical sectioning and integrating eyepiece measurement. *Henry Ford Hosp Med J* 10, 267-285.
- Frost, H. M. (1969): Tetracycline-based histological analysis of bone remodelling. *Calc. Tiss. Res.* 3, 211-237.
- Frost, H. M. (1973): Remodelling and its Relationship to Metabolic Bone Diseases. Charles C. Thomas, Springfield.
- Frost, H. M. (1983): A determinant of bone architecture. The minimum effective strain. *Clin. Orthopaed.* 175, 286-292.
- Frost, H. M. (1987): Secondary osteon populations: Algorithm for determining mean bone tissue age. *Yearb Phys Anthropol* 30, 221-238.
- Frost, H. M. (1988): Vital biomechanics: Proposed general concepts for skeletal adaptations to mechanical usage. *Calcif Tissue Int* 42, 145-156, 198X.
- Frost, H. M. (1996): Perspectives: A proposed general model of the „mechanostat“. *Anat. Record* 244, 139-147.
- Gejvall, N.-G. (1948): Gravfältet på Kyrkbacken i Horns socken, Västergötland. *Kungl. Vitt. Handl.* 60, 153-180.
- Gejvall, N. G. (1963): Cremations. In: Brothwell, D.; Higgs, E. (eds.): *Science in Archaeology*, Bristol – London, 468-479.
- Glauber, A.; Csató, Z.; Juhász, J. (1979): Knochengeschulste. Akadémiai Kiadó, Budapest.

Gordon, I.; Drennan, M. R. (1948): Medico – Legal Aspects of the Wolkersdorfer Case. *S. Afr. med. J.* 22, 543-549.

Gottwald, A. (1924): Pravěká sídliště a pohřebiště na Prostějovsku. J. F. Buček, Prostějov.

Gottwald, A. (1927): Žárové hroby z doby císařství římského od Kostelce na Hané. *RMP IV*, 3 – 30.

Gottwald, A. (1930): Příspěvky k praehistorii Prostějovska. *RMP VII*, 3 – 50.

Gottwald, A. (1931a): Můj archeologický výzkum. Městské museum v Prostějově, Prostějov, 103 – 110.

Gottwald, A. (1931b): Nové žárové hroby z doby císařství římského od Kostelce na Hané. *RMP VIII*, 3 – 46.

Gottwald, A. (1932): Archeologický výzkum na Prostějovsku v roku 1931. *RMP IX*.

Graaf, J. A. (1850): Die Todesart der halbverbrannten Gräfin von Görlitz. Erlangen.

Gresky, J. (2006): Ätiologie und Epidemiologie der Erkrankungen des Craniums bei der Population des bajuwarischen Gräberfeldes von Harting (Oberpfalz). Ein Beitrag zur Rekonstruktion des Gesundheitsstatus frühmittelalterlichen Populationen. Diss. med., Georg-August-Universität, Göttingen.

Grimm, H. (1982): Paläopathologische Befunde in Leichenbränden. *Humanbiology (Budapest)* 10, 81-89.

Großkopf, B. (1989): Incremental lines in prehistoric cremated teeth. A technical note. *Z Morphol Anthropol* 77, 309-311.

Großkopf, B. (1990): Individualaltersbestimmung mit Hilfe von Zuwachsringen im Zement bodengelagerter menschlicher Zähne. *Z Rechtsmed* 103, 351-359.

Großkopf, B. (1995): Counting incremental Lines in teeth - a valid method for age determination in cremations. In: Smits, E.; Iregren, E.; Drusini, A. (eds.): *Cremation Studies in Archaeology*. Saonara, 87-93.

Großkopf, B. (2004): Leichenbrand – Biologisches und kulturhistorisches Quellenmaterial zur Rekonstruktion vor- und frühgeschichtlicher Populationen und ihrer Funeralpraktiken. Dissertationsschrift an der Universität Leipzig.

Großkopf, B. (2009): Primäre Kohlenstoffverbrennungen in Brandbestattungen. In: Grunwald, S.; Koch, J.K.; Mölders, D.; Sommer, U.; Wolfram, S. (eds.): *ARTEFACT*. Festschrift Sabine Rieckhoff. Teil 2. Universitätsforschungen zur Prähistorischen Archäologie 172. Bonn, 689-696.

Großkopf, B.; Hummel, S. (1992): Altersdiagnose an Leichenbränden. Beobachtungen an Zuwachsringen im Zahnschmelz. *Archäologisches Korrespondenzblatt* 22, 567-569.

Grünberg, J. M. (2000): Mesolithische Bestattungen in Europa. Teil 1: Auswertung. *Int. Arch. Vol. 40*. Verlag Marie Leidorf GmbH, Rahden/Westfalen.

Haglund, W. D.; Sorg, M. H. (1997): *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*. CRC Press, Boca Raton, New York, London, Tokyo.

Hahn, T. J.; Boisseau, V. C.; Avioli, L. V. (1974): Effect of chronic corticosteroid administration on diaphyseal and metaphyseal bone mass. *J Clin Endocrinol Metab* 39, 274-282.

Hammer, A. (2002): Triangular Structure of the Proximal Femur. *Clin Anat* 15, 210-216.

Hansen, G. (1954): Die Altersbestimmung am proximalen Humerus- und Femurende im Rahmen der Identifizierung menschlicher Skelettreste. *Wiss. Z. Humboldt Universität Berlin, Math. - Naturwiss. Reihe 3*, 1-73.

Hanson, D. B.; Buikstra, J. E. (1987): Histomorphological Alteration in Buried Human Bone from the Lower Illinois Valley: Implications for Paleodietary Research. *J Archaeol Sci* 14, 549-563.

Hellner, H. (1950): *Die Knochengeschwülste*. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg.

Helmuth, H.; Rempe, U. (1968): Über den Geschlechtsdimorphismus des Epistropheus beim Menschen. *Z Morphol Anthropol* 59, 300-321.

Henschen, F. (1949): Morgagni's Syndrome. Oliver and Boyd, Edinburgh.

Henschen, F. (1976): Morgagni's syndrome, *Virchows Arch. A. Pathol. Anat. Histol.* 370(1), 1-11.

Herrmann, B. (1971): Anmerkungen zur Bergung von Leichenbränden anlässlich der anthropologischen Bearbeitung von Berliner Urnenfriedhöfen. *Ausgrabungen in Berlin* 2, 78-88.

Herrmann, B. (1972a): Das Combe Capelle-Skelett, *Ausgrabungen in Berlin*, 7-69.

Herrmann, B. (1972b): Zur Beurteilung von Kohlenstoffverfärbungen bei Leichenbränden. *Ausgrabung und Funde* 17, 275-277.

Herrmann, B. (1973): Möglichkeiten histologischer Untersuchungen an Leichenbränden. *Mitt. Berl. Ges. Anthrop. Ethn. Urgesch.* 2, 164-167.

Herrmann, B. (1976a): Neuere Ergebnisse zur Beurteilung menschlicher Brandknochen. *Zeitschrift für Rechtsmedizin* 77, 191-200.

Herrmann, B. (1976b): Experimentelle und Theoretische Beiträge zur Leichenbranduntersuchung. *Homo* 27, 114-118.

Herrmann, B. (1977a): Über die Abhängigkeit der Schrumpfung vom Mineralgehalt bei experimentell verbrannten Knochen. *Anthrop. Anz.* 36, 7-12.

Herrmann, B. (1977b): On histological investigation of cremated human remains. *J Hum Evol* 6, 101-103.

Herrmann, B. (1988): Behandlung von Leichenbrand. In: Knussmann, R. (ed.): *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen* 1, 1. Stuttgart: G. Fischer Verlag, 576-585.

Herrmann, B. (1990): Neue Aussagemöglichkeiten anthropologischer Leichenbranduntersuchungen unter Einbeziehung histomorphometrischer Methoden? Anmerkungen zur gleichnamigen Arbeit von B. Heußner, Schwerin 1987. *Ethnogr-Archäol Z* 31, 141-146.

Herrmann, B.; Grupe, G.; Hummel, S.; Piepenbrink, H.; Schutkowski, H. (1990): *Prähistorische Anthropologie*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Herrmann, B.; Großkopf, B.; Fehren-Schmitz, L.; Schoon, R. (2007): Knochen als Spurenläger. In: Herrmann, B.; Saternus, K.S. (eds.): *Biologische Spurenkunde* 1. Kriminalbiologie. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 115-144.

Herrmann, N. P.; Bennett, J. L. (1999): The Differentiation of Traumatic and Heat-Related Fractures in Burned Bone. *J For Sci* 44, 461-469.

Heußner, B. (1986): Histomorphometrische Untersuchungen an menschlichen Leichenbränden. *Ausgr. und Funde* 31, 244-245.

Heußner, B. (1987): Neue Aussagemöglichkeiten anthropologischer Leichenbranduntersuchungen unter Einbeziehung histomorphometrischer Methoden. *Materialhefte zur Ur- und Frühgeschichte Mecklenburgs* 2, Museum für Ur- und Frühgeschichte, Schwerin.

Heußner, B. (1990): Neue Aussagemöglichkeiten anthropologischer Leichenbranduntersuchungen unter Einbeziehung histomorphometrischer Methoden. *Bemerkungen zur Diskussion meiner Arbeit (Heußner 1987)*. *Ethnogr-Archäol Z* 31, 167-171.

Hillier, M. L.; Bell, L. S. (2007): Differentiating Human Bone from Animal Bone: A Review of Histological Methods. *J For Sci* 52, 249-263.

Holck, P. (1986): Cremated Bones. A Medical-anthropological Study of an Archaeological Material on Cremation Burials. *Anthropol Skrifter* 1, Anatomisk Institutt Univ. Oslo.

Holden, J. L.; Phakey, P. P.; Clement, J. G. (1995a): Scanning Electron Microscope Observations of Heat-Treated Human Bone. *For Sci Int* 74, 29-45.

Holden, J. L.; Phakey, P. P.; Clement, J. G. (1995b): Scanning Electron Microscope Observations of incinerated human femoral bone: a case study. *For Sci Int* 74, 17-28.

Hummel, S.; Schutkowski, H. (1986): Cremations. Leichenbrände. In: *Innovative Trends in der Prähistorischen Anthropologie*. *Mitt. d. Berliner Ges. f. Anthropologie* 7, 139-146.

Hummel, S.; Schutkowski, H. (1993): Approaches to the Histological Age Determination of Cremated Human Remains. In: Grupe, G.; Garland, N. (eds.): *Histology of ancient human bone: Methods and Diagnosis*. Proceedings of the "Paleohistopathology Workshop" held from 3-5 October 1990 at Goettingen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Paris, Tokyo, 111-123.

Iordanidis, P. (1961): Détermination du sexe par les os du squelette. *Annales de Médecine Légale* 41, 280-291, 459-471.

Iwamoto, S.; Konishi, M. (1993): Estimating the age at death in a group of historically unknown adults. *Okajimas Folia Anat Japan* 2-3, 105-113.

Iwaniec, U. T.; Crenshaw, T. D. (1998): Predicting femoral mid-diaphyseal dynamic bone activity using subsections of total cross-sectional area. *Anat Rec* 250(2), 136-145.

Iwaniec, U. T.; Crenshaw, T. D.; Schoeninger, M. J.; Stout, S. D.; Ericksen, M. F. (1998): Methods for Improving the Efficiency of Estimating Total Osteon Density in the Human Anterior Mid-Diaphyseal Femur. *Am J Phys Anthropol* 107, 13-24.

Jacks, M.; Sherburne, R.; Lubell, D.; Barker, C.; Wayman, M. (2001): Destruction of Microstructure in Archaeological Bone: A Case Study From Portugal. *Int J Osteoarch* 11, 415-432.

- Jaffe, H. L. (1972): *Metabolic, Degenerative and Inflammatory Diseases of Bones and Joints*. Urban&Schwarzenberg, München, Berlin, Wien.
- Jaworski, Z. F.; Meunier, P.; Frost, H. M. (1972): Observations on two types of resorption cavities in human lamellar cortical bone. *Clin. Orthop.* 83, 279–285.
- Jesserer, H. (1971): *Knochenkrankheiten*. Urban&Schwarzenberg, München, Berlin, Wien.
- Jowsey, J. (1966): Studies of Haversian systems in man and some animals. *J Anat* 100, 857-864.
- Jowsey, J. (1968): Age and species differences in bone. *Cornell Vet. Suppl.* 58, 74-94.
- Kagerer, P. (2000): *Die Zahnzementzuwachsringe – Stumme Zeugen oder dechiffrierbare Annalen in der Paläopathologie, Paläodemografie und Rechtsmedizin?* Diss. rer. nat., Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Kaufman, J. (1961): Nové nálezy z okolí Moravského Krumlova. *AR XIII*, 586.
- Kerley, E. R. (1965): The Microscopic Determination of Age in Human Bone. *Am J Phys Anthropol* 23, 149-163.
- Kerley, E. R.; Ubelaker, D. H. (1978): Revisions in the Microscopic Method of Estimation Age at Death in Human Cortical Bone. *Am J Phys Anthropol* 49, 545-546.
- Knese, K.-H.; Voges, D.; Ritschl, I. (1954): Untersuchungen über die Osteon- und Lamellenformen im Extremitätenskelett des Erwachsenen. *Z Zellforschung* 40, 323-360.
- Knussmann, R. (1988): *Anthropologie: Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*. Band I, 1 Wesen und Methoden der Anthropologie. G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- Kolník, T. (1956): Popolnicové pohrebisko z mladšej doby rímskej a počiatku doby sťahovania národov v Očkove pri Piešťanoch. *SIA IV*, 233-300.
- Kolník, T. (1961): Pohrebisko v Bešeňove. *SIA IX*, 219-300.
- Kolník, T. (1971): Prehľad a stav bádania o dobe rímskej a sťahovaní národov. *SIA XIX*, 167-186.
- Kopp, J. H. (1811): Ausführliche Darstellung und Untersuchung der Selbstverbrennungen des menschlichen Körpers, in gerichtlichmedizinischen und pathologischer Hinsicht. Herrmann, Frankfurt am Main.
- Kozak, A. D.; Schultz, M. (2006): Prokaza v drevněruskom Kieve po dannyh paleopatologii. *Vestnik antropologii, Naučnyj almanach* 14, Rossijskaja Akademija nauk, Moskva, 34-40.
- Krassas, G. E.; Papadopoulou, F. G.; Doukidis, D.; Konstantinidis, T. H.; Kalothetou, K. (2001): Age-related changes in bone density among healthy Greek males. *J Endocrinol. Invest.* 24(5), 326-333.

- Kreutz, K. (1997): Ätiologie und Epidemiologie von Erkrankungen des Kindesalters bei der bajuwarischen Population von Straubing (Niederbayern). Beiträge zur Paläopathologie Band 1 und 2, Cuvillier Verlag Göttingen, Göttingen.
- Kuhlencordt, F. (1992): Osteoporose. In: Hornbostel, H., Kaufmann, W., Siegenthaler, W. (eds.): Innere Medizin in Praxis und Klinik, Band II. Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 9–28.
- Lacroix, P. (1971): The internal remodeling of bones. In: Bourne, H. C. (ed.): The Biochemistry and Physiology of Bone, Vol. 3, Academic Press, New York, 119-144.
- Lair, P. A. (1800): Essai sur les combustions humaines. Paris.
- Lange, M.; Schutkowski, H.; Hummel, S.; Herrmann, B. (1987): A Bibliography on Cremation. Council of Europe, PACT 19, Straßburg.
- Lazenby, R. A.; Pfeiffer, S. K. (1993): Effects of a Nineteenth Century Below-knee Amputation and Prosthesis on Femoral Morphology. *Int J Osteoarch* 3, 19-28.
- Lichtenstein, L. (1977): Bone tumors. The C. V. Mosby Company, Saint Louis.
- Lieberman, D. E. (1994): The biological basis for seasonal increments in dental cementum and their applications to archaeological research. *J Arch Sci* 21, 525-539.
- Liston, M. A. (2007): Secondary Cremation Burials at Kavousi Vronda, Crete: Symbolic Representation in Mortuary Practice. *Hesperia* 76, 57-71.
- Lynnerup, N.; Thomsen, J. L.; Frohlich, B. (1998): Intra- and inter-observer variation in histological criteria used in age at death determination based on femoral cortical bone. *For Sci Int* 91, 219-230.
- Lynnerup, N.; Schulz, M.; Madelung, A.; Graw, M. (2006): Diameter of the Human Internal Acoustic Meatus and Sex Determination. *Int J Osteoarch* 16, 118-123.
- Maat, G. J. R. (1984): Dating and Rating of Harris's Lines. *Am J Phys Anthropol* 63, 291-299.
- Maat G. J. R. (1995): A simple selection method of human cremations for sex and age analysis. In: Smits, E.; Iregren, E.; Drusini, A. G. (eds.): *Cremation Studies In Archaeology*. Saonara, 1-7.
- Maat, G. J. R. (2004): Scurvy in adults and youngsters: the Dutch experience. A review of the history and pathology of a disregarded disease. *Int J Osteoarch* 14(2), 77-81.
- Maat, G. J. R.; Maes, A.; Aarents, M. J.; Nagelkerke, N. J. D. (2006a): Histological Age Prediction from the Femur in a Contemporary Dutch Sample. The decrease of nonremodeled bone in the anterior cortex. *J For Sci* 51, 230-237.
- Maat, G. J. R.; Gerretsen, R. R. R.; Aarents, M. J. (2006b): Improving the visibility of tooth cementum annulations by adjustment of the cutting angle of microscopic sections. *For Sci Int* 159S, 95-99.

- Malinowski, A.; Porawski, R. (1969): Identifikationsmöglichkeiten menschlicher Brandknochen mit besonderer Berücksichtigung ihres Gewichts. *Zacchia* 5, 392-410.
- Manolagas, S. C. (2000): Birth and Death of bone cells: Basic regulatory mechanisms and implications for the pathogenesis and treatment of osteoporosis. *Endo. Rev.* 21, 115-137.
- Marshal, J. H.; Liniecki, J.; Lloyd, E. L.; Marotti, G.; Mays, C. W.; Rundo, J.; Sissons, H. A.; Snyder, W. S. (1972): *Alkaline Earth Metabolism in Adult Man*. The International Commission Radiological Protections, Pub. 20, Pergamon Press, New York.
- Martin, D. L.; Armelagos, G. J. (1979): Morphometrics of Compact Bone: An Example from Sudanese Nubia. *Am J of Phys Anthropol* 51, 571-577.
- Martin, D. L.; Armelagos, G. J. (1985): Skeletal remodeling and mineralization as indicators of health: an example from prehistoric Sudanese Nubia. *J Hum Evol* 14, 527-537.
- Martin, D. L.; Goodman, A. H.; Armelagos, G. J. (1980): On the Use of Microstructural Bone for age Determination. *Curr Anthropol* 22, 437-438.
- Martin, R. (1957): *Lehrbuch der Anthropologie*, 1. Band. 3. Auflage von K.Saller. Fischer, Stuttgart.
- Mayne Correia, P. M. (1997): Fire modification of bone: a review of the literature. In: Haglund, W. D.; Sorg, M. H. (eds.): *Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains*, CRC Press, Boca Raton, New York, London, Tokyo, 435-450.
- McHenry, H. M.; Schulz, P. D. (1976): The Association between Harris Lines and Enamel Hypoplasia in Prehistoric California Indians. *Am J Phys Anthropol* 44, 507-512.
- McKern, T. W.; Stewart, T. D. (1957): *Skeletal Age Changes in Young American Males*. Quartermaster Research and Development Center, US Army, Technical Report EP - 45, Natick.
- McKinley, J. I. (2008): In the Heat of the Pyre: Efficiency of Oxidation in Romano-British Cremations - Did it Really Matter? In: Schmidt, C. W.; Symes, S. A. (eds.): *The Analysis of Burned Human Remains*. Academic Press, Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo, 163-183.
- Mellen, J. A. von (1679): *Historia urnae sepulcralis Sarmaticae anno 1674 repertae*. Krebs, Jena.
- Montelius, O. (1896): Den nordiska järnålderns kronologi, I-III. *Svenska Fornminnesföreningens Tidskrift* 9, 155-274.
- Mrázek, I. (1996): *Drahé kameny v pravěku Moravy a Slezska*. MZM, Brno.
- Nelson, R. (1992): A Microscopic Comparison of Fresh and Burned Bone. *J For Sci* 37, 1055-1060.

Nemeskéri, J.; Harsanyi, L.; Acsádi, G. (1960): Methoden zur Diagnose des Lebensalters von Skelettfunden. *Anthrop. Anz.* 24, 70-95.

Neumann, A.; Gagstatter, G.; Behrbohm, H. (2003): Osteomyelitis des Stirnbeins bei Sinusitis frontalis. *Pott's Puffy Tumor. HNO-Nachrichten* 4, 27-31.

Nováček, J. (2001): Pohřební ritus Germánů v době římské (0-400 n. l.) na Moravě. Unveröffentlichte Magisterarbeit, Masaryk Universität, Brno.

Nováček, J.; Scheelen, K.; Drozdová, E.; Schultz, M. (2008): Ergebnisse der anthropologischen und paläopathologischen Untersuchungen an den Skelettresten der Leichenbrände vom Fundort Haiger "Kalteiche". In: Verse, F. (ed): *Archäologie auf Waldeshöhen. Eisenzeit, Mittelalter und Neuzeit auf der "Kalteiche" bei Haiger, Lahn-Dill-Kreis. Münsterische Beiträge zur ur- und frühgeschichtlichen Archäologie* 4. Verlag Marie Leidorf, Rahden/Westfalen, 137-163.

Ondráček, J. (1962): Výzkum v Milovicích. PV 1961, AÚ ČSAV, Brno.

Ortner, D. J. (1970): The effects of aging and disease on the micromorphology of human compact bone. Ph.D. Dissertation, University of Kansas.

Ortner, D. J. (1975): Aging effects on osteon remodeling. *Calcified Tissue Research* 18, 27-36.

Ortner, D. J. (2003): *Identification of Pathological Conditions In Human Skeletal Remains, Second Edition.* Academic Press, Amsterdam, Boston, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo.

Ortner, D. J.; Ericksen, M. F. (1997): Bone changes in the human skull probably resulting from scurvy in infancy and childhood. *Int J Osteoarch* 7(3), 212-220.

Ortner, D. J.; Kimmerle, E. H.; Diez, M. (1999): Probable evidence of scurvy in subadults from archeological sites in Peru. *Am J Phys Anthropol* 108(3), 321-331.

Ortner, D. J.; Putschar, W. G. J. (1981): *Identification of Pathological Conditions In Human Skeletal Remains, First edition.* Smithsonian Institution Press, Washington, London, reprint of first edition 1985.

Ott, S. M. (2002): Histomorphometric Analysis of Bone Remodeling. In: Bilezikian, J. P.; Raisz, L. G.; Rodan, G. A. (eds.): *Principles of Bone Biology (Second Edition).* Academic Press, 303-319.

Palfi, G.; Dutour, O; Deák, J; Hutás, I. (eds., 1999): *Tuberculosis past and present.* Golden Book Publisher Ltd. and Tuberculosis Foundation, Szeged.

Parfitt, A. M. (1983): Stereologic Basis of Bone Histomorphometry; Theory of Quantitative Microscopy and Reconstruction of the Third Dimension. In: Recker, R. R. (ed.): *Bone Histomorphometry: Techniques and Interpretation.* CRC Press, Boca Raton, 53-87.

Parfitt, A. M. (2003): New Concepts of Bone Remodelling: A Unified Spatial and Temporal Model with Physiologic and Pathophysiologic Implications. In: Agarwal, S. C.; Stout, S. D. (eds.): *Bone Loss and Osteoporosis. An Anthropological Perspective.* Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 3-17.

Parfitt, A. M.; Travers, S.; Rauch, F.; Glorieux, F. H. (2000): Structural and cellular changes during bone growth in healthy children. *Bone* 31-2, 313-318.

Pernička, R. M. (1965): Moravská pohřebiště doby římské. *SpFFBU E* 10, 155-175.

Pernička, R. M. (1966): Die Keramik der älteren römischen Kaiserzeit in Mähren. Brno.

Peske, G. R.; Tappen, N. C. (1970): Microscopic Examination of Human Femurs Buried at Washington Land. *Wisconsin, American Antiquity* 35, 463-465.

Peška, J.; Tajer, A. (1999): Olomouc – Neředín (okr. Prostějov). *PV 1997 – 1998*, Brno, 274.

Peškař, I. (1959): Výzkum v trati „Na rybníkách“ u Mikulova. *PV 1956*, Brno.

Peškař, I. (1960): Výzkum na pohřebišti z doby římské u Velatic. *PV 1956*, 42.

Peškař, I. (1964): Morava v 1. a 2. století n. l. Brno, netištěná kandidátská práce (ungedruckte Diss. phil.).

Peškař, I. (1972): K nálezům žárových hrobů z doby římské v hodonínském okrese. *ČMM LVII*, 105 – 114.

Peškař, I. – Ludikovský, K. (1978): Žárové pohřebiště z doby římské ve Velkých Hostěrádkách (o. Břeclav). *Academia*, Praha.

Pfeiffer, S.; Lazenby, R.; Chiang, J. (1995): Brief Communication: Cortical Remodelling Data Affected by Sampling Location. *Am J Phys Anthropol* 96, 89-92.

Pfirrmann, C. W. A.; Resnick, D. (2001): Schmorl Nodes of the Thoracic and Lumbar Spine: Radiographic-Pathologic Study of Prevalence, Characterization, and Correlation with Degenerative Changes of 1,650 Spinal Levels in 100 Cadavers. *Radiology* 219,2, 368-374.

Pilcher, L. S. (1894): Venous tumor of the Diploë. *Ann Surg* I, 165-167.

Pinhase, R.; Mays, S. (2007, eds.) *Advances in Human Palaeopathology*. Wiley, Online Library.

Plotkin, L. I.; Manolagas, S. C.; Bellido, T. (2006): Dissociation of the pro-apoptotic effects of bisphosphonates on osteoclasts from their anti-apoptotic effects on osteoblasts/osteocytes with novel analogs. *Bone* 39, 443-452.

Podborský, V. (ed., 1993): *Pravěké dějiny Moravy*. Academia, Brno.

Pollmann, H.-O.; Geschwinde, M. (1985): Hügelgräber der späten Bronze- und frühen Eisenzeit bei Oerlinghausen, Kreis Lippe. *Ausgrabungen und Funde in Westfalen-Lippe Jg.2, 1984*, Westfälisches Museum für Archäologie – Amt für Bodendenkmalpflege, Mainz, 29-49.

Pope, E. J.; Smith, O. C. (2004): Identification of traumatic injury in burned cranial bone: an experimental approach. *J For Sci* 49(3), 431-440.

Quatrehomme, G.; Bolla, M.; Muller, M.; Rocca, J. P.; Grevin, G.; Bailet, P.; Ollier, A. (1998): Experimental single controlled study of burned bones: contribution of scanning electron microscopy. *J For Sci* 2, 417-422.

- Raab, D. M.; Crenshaw, T. D.; Kimmel, D. B.; Smith, E. L. (1991) A histomorphometric study of cortical bone activity during increased weight-bearing exercise. *J Bone Miner Res* 6, 741–749.
- Renz, H., Radlanski, R. J. (2006): Incremental lines in root cementum of human teeth - a reliable age marker? *Homo* 57, 29-50.
- Resnick, D.; Niwayama, G. (1995): *Diagnosis of bone and joint disorders*. 3. Edition. W. B. Saunders, Philadelphia.
- Reusch, M. C. F. (1724): *De tumulis et urnis sepulcralibus in Prussia*. Königsberg.
- Ribbert, H.; Hamperl, H. (1939): *Lehrbuch der allgemeinen Pathologie und der pathologischen Anatomie*. Verlag von F.C.W. Vogel, Berlin.
- Richman, E. A.; Ortner, D. J.; Schulter-Ellis, F. P. (1979): Differences in Intracortical Bone Remodeling in Three Aboriginal American Populations: Possible Dietary Factors. *Calcif Tissue Int* 28, 209-214.
- Rigby, B. J.; Spikes, J. D. (1960): Hydroxyproline and the Shrinkage Temperature of Collagen. *Nature* 187, 150-151.
- Roberts, C. A.; Buikstra, J. E. (2003): *The Bioarcheology of Tuberculosis*. University Press of Florida, Gainesville.
- Robling, A. G.; Stout, S. D. (2000) Histomorphometry of human cortical bone: applications to age estimation. In Katzenberg, A., Saunders, S. (eds.): *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. Wiley-Liss, Inc. New York, 187-213.
- Robling, A. G.; Stout, S. D. (2003): Histomorphology, Geometry, and Mechanical Loading in Past Populations. In: Agarwal, S. C.; Stout, S. D. (eds.): *Bone Loss and Osteoporosis. An Anthropological Perspective*. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 189-205.
- Rösing, F. W. (1977a): Die Leichenbrände der eisenzeitlichen Gräberfelder von Bargstedt I, Harsefeld und Issendorf III (Kreis Stade). *Materialh. z. Ur- u. Frühgesch. Niedersachs.* 11, 131-143.
- Rösing, F.W. (1977b): Methoden und Aussagemöglichkeiten der anthropologischen Leichenbrandbearbeitung. *Archäologie und Naturwissenschaften*, 53-80.
- Roumelis, N. (2007): *The Palaeopathology of Kirchberg. Evidence of Deficiency, Inflammatory and Tumorous Disease in a Medieval Rural Population in Hestia, Germany*. PhD. Thesis in Osteoarchaeology, Universität Stockholm, Schweden.
- Ruff, C. (1992): Biomechanical analyses of archaeological human skeletal samples. In: Saunders, S. R.; Katzenberg, A. K. (eds.): *Skeletal Biology of Past Peoples: Research Methods*. Wiley-Liss, New York, 37-58.
- Ruff, C.; Larsen, C. S.; Hayes, W. C. (1984): Structural changes in the femur with the transition to agriculture on the Georgia coast. *Am J Phys Anthropol* 64, 125-136.

Rzehak, A. (1918): Die römische Eisenzeit in Mähren. ZVMS 22.

Říhovský, J. (1951): Hroby z římského období u Mikulova. AR III, Praha, 37 – 40.

Samson, C.; Branigan, K. (1987): A new method of estimating age at death from fragmentary and weathered bone. In: Boddington, A.; Garland, A. N.; Janaway, R. C. (eds.): *Death, Decay and Reconstruction*. Manchester: Manchester University Press: 101-108.

Seeman, E. (1999): The Structural Basis of Bone Fragility in Men. *Bone* 25(1), 143-147.

Shipman, P.; Foster, G.; Schoeninger, M. (1984): Burned Bones and Teeth: An Experimental Study of Color, Morphology, Crystal Structure and Shrinkage. *J Archeol Sci* 11, 307-325.

Schajowicz, F. (1981): *Tumors and Tumorlike Lesions of Bone and Joints*. Springer-Verlag. New York, Heidelberg, Berlin.

Scheelen, K. (2010): Das Brandgräberfeld von Harsewinkel, Kreis Gütersloh, im Rahmen der Vorrömischen Eisenzeit Nordostwestfalens. Unveröffentlichte Magisterarbeit an der Georg-August Universität Göttingen.

Scheuer, L.; Black, S. (2000): *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press, San Diego.

Schinz, H.; Baensch, W.; Friedl, E.; Uehlinger, E. (1951-1952): *Roentgen Diagnostics: Skeleton*, vol. 1 and 2. Grune and Stratton, New York.

Schlette, F. (1977): *Germáni. Orbis*, Praha.

Schmidt, C. W.; Symes, S. A. (2008, eds.): *The Analysis of Burned Human Remains*. Academic Press, Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo.

Schultz, M. (1982): Krankheit und Umwelt des vor- und frühgeschichtlichen Menschen. In: Wendt, H.; Loacker, N. (eds.): *Kindlers Enzyklopädie der Mensch*, Vol. 2, 259-312, Kindler, Zürich.

Schultz, M. (1986): Die mikroskopische Untersuchung prähistorischer Skelettfunde. Anwendung und Aussagemöglichkeiten der differentialdiagnostischen Untersuchung in der Paläopathologie. *Archäologie und Museum* 6, Liestal.

Schultz, M. (1987): Spuren unspezifischen Entzündungen an prähistorischen und historischen Schädeln. Ein Beitrag zur Paläopathologie. Diss. med. habil., Georg-August-Universität, Göttingen.

Schultz, M. (1988a): Methoden der Licht- und Elektronenmikroskopie. In: Knussmann, R. (ed.): *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen* 1, 1. G. Fischer Verlag, Stuttgart, 698 – 730.

Schultz, M. (1988b): Paläopathologische Diagnostik. In: Knussmann, R. (ed.): *Anthropologie: Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Band I, 1 Wesen und Methoden der Anthropologie*. G. Fischer Verlag, Stuttgart, 480-496.

Schultz, M. (1992): Nature and Frequency of Bony Tumors in Prehistoric and Historic Populations. *In vivo* 6, 439-442.

- Schultz, M. (1993): Spuren unspezifischer Entzündungen an prähistorischen und historischen Schädeln. Ein Beitrag zur Paläopathologie [Vestiges of nonspecific inflammations in prehistoric and historic skulls. A contribution to palaeopathology], in: Kaufmann, B. (ed.): Anthropologische Beiträge 4 A and 4 B. Aesch and Basel, Basel: Anthropologisches Forschungsinstitut Aesch and Anthropologische Gesellschaft, 1-84.
- Schultz, M. (1994): Comparative histopathology of syphilitic lesions in prehistoric and historic human bones. In: Dutour, O.; Pálfi, G.; Berato, J.; Brun, J.-P. (eds.): L'origine de la syphilis en Europe: Avant ou après 1493? / The Origin of Syphilis in Europe: Before or after 1493? Proceedings of an international colloquium, Toulon, France, 25-28 November 1993. Centre Archéologique du Var, Editions Errance, Paris, 63-67.
- Schultz, M. (1997a): Microscopic Structure of Bone. In: Haglund, W. D.; Sorg, M. H. (eds.): Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains, CRC Press, Boca Raton, New York, London, Tokyo, 187-199.
- Schultz, M. (1997b): Microscopic Investigation of Excavated Skeletal Remains: A Contribution to Paleopathology and Forensic Medicine. In: Haglund, W. D.; Sorg, M. H. (eds.): Forensic Taphonomy. The Postmortem Fate of Human Remains, CRC Press, Boca Raton, New York, London, Tokyo, 201-222.
- Schultz, M. (2001): Paleohistopathology of Bone: A New Approach to the Study of Ancient Diseases, Yearbook of Physical Anthropology 44, 106-147.
- Schultz, M. (2003a): Light Microscopic Analysis in Skeletal Paleopathology, In: Ortner, D. J. (2003): Identification of Pathological Conditions In Human Skeletal Remains, Second Edition. Academic Press, Amsterdam, Boston, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo, 73-108.
- Schultz, M. (2003b): Differential Diagnoses of Intravital and Postmortem Bone Loss at the Micro-Level. In: Agarwal, S. C.; Stout, S. D. (eds.): Bone Loss and Osteoporosis. An Anthropological Perspective. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 173-187.
- Schultz, M. (2006): Results of the anatomical-palaeopathological investigations on the Neanderthal skeleton from Kleine Feldhofer Grotte (1856) including the new discoveries from 1997/2000. In: Schmitz, R. W. (ed.): Neanderthal 1856-2006. Rheinische Ausgrabungen, Band 58, 277-318.
- Schultz, M.; Drommer, R. (1983): Möglichkeiten der Präparateherstellung aus dem Gesichtsschädelbereich für die makroskopische und mikroskopische Untersuchung unter Verwendung neuer Kunststofftechniken. In: Hoppe, W. (ed.): Experimentelle Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie: Mikroskopische Eingriffe. G. Thieme, Stuttgart. 95-97.
- Schultz, M.; Teschler-Nicola, M. (1987): Krankhafte Veränderungen an den Skelettfunden aus dem Karner der St. Martinskirche in Klosterneuburg, Niederösterreich, Teil 1-4. Ann Naturhist Mus Wien 89, 225-311.
- Schultz, M.; Schmidt-Schultz, T. H. (2004): „Der Bogenschütze aus Pergamon“ – Die paläopathologisch-biographische Rekonstruktion einer interessanten spätbyzantinischen Bestattung. Istanbuler Mitteilungen, Band 54, 243-256.
- Schultz, M.; Walker, R.; Strouhal, E.; Schmidt-Schultz, T. H. (2001): II Merinebti, Hefi and Iries. In: Kanawati, N.; Abder-Raziq, M. (eds.): The Teti Cemetery at Saqqara, Vol. VII, The Australian Centre for Egyptology, Reports 17, Aris and Phillips, Oxford.
- Schultz, M.; Walker, R.; Strouhal, E.; Schmidt-Schultz, T. H. (2003): Report on the Skeleton of Jj-nfrt Excavated from his Mastaba in the North Cemetery of Unis's Pyramid (5th

Dynasty). In: Kanawati, N.; Abder-Raziq, M. (eds.): The Unis Cemetery at Saqqara, Vol. II, The Australian Centre for Egyptology, Reports 19, Aris and Phillips, Oxford.

Schultz, M.; Schmidt-Schultz, T. H.; Gresky, J.; Kreutz, K.; Berner, M. (2007): Morbidity and mortality in the Late PPNB populations from Basta and Ba`ja (Jordan). In: Faerman, M.; Horwitz, L. K.; Kahana, T.; Zilberman, U. (eds.) Faces from the past: Diachronic patterns in the biology of human populations from the Eastern Mediterranean. Archaeopress Verlag, Oxford, 82-99.

Schultz, M.; Parzinger, H.; Posdnjakov, D. V.; Chikisheva, T. A.; Schmidt-Schultz, T. H. (2007b): Oldest known case of metastasizing prostate carcinoma diagnosed in the skeleton of a 2,700-year-old Scythian King from Arzhan (Siberia, Russia). *Int J Cancer* 121, 2591-2595.

Schultz, J. J.; Warren, M. W.; Krigbaum, J. S. (2008): Analysis of Human Remains: Gross and Chemical Methods. In: Schmidt, C. W.; Symes, S. A. (eds.): The Analysis of Burned Human Remains. Academic Press, Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo, 75-94.

Schröder, H. E. (2000): Orale Strukturbildung: Entwicklungsgeschichte, Struktur und Funktion normaler Hartgewebe und Weichgewebe der Mundhöhle und des Kiefergelenkes. Thieme Verlag, Berlin.

Schutkowski, H.; Hummel, S.; Nitsch, K.-H.; Herrmann, B. (1987): Struktur- und Elementanalysen sogenannter Clinker aus Brandgräbern. *Arch. Korrbbl.* 17, 401-404.

Schutkowski, H.; Herrmann, B. (1993): Zur Möglichkeiten der metrischen Geschlechtsdiagnose an der Pars petrosa ossis temporalis. *Z. Rechtsmed.* 90, 219-227.

Simmons, D. J. (1990) Nutrition and Bone Development. Oxford University Press, New York.

Singh, M.; Nagrath, A. R.; Maini, P. S. (1970): Changes in trabecular pattern of the upper end of the femur as an index of osteoporosis. *J. Bone Joint Surg. Br.* 52a, 457-467.

Singh, I. J.; Gunberg, D. L. (1970): Estimation of Age at Death in Human Males from Quantitative Histology of Bone Fragments, *Am J of Phys Anthropol* 33, 373-382.

Singh, S.; Singh, S. P. (1972): Identification of Sex from Humerus. *Indian J of Med Research* 60, 1061-1066.

Spjut, H. J.; Dorfman, H. D.; Fechner, R. I.; Ackerman, L. V. (1971): Tumors of Bone and Cartilage. Atlas of Tumor Pathology. Armed Forces Institute of Pathology, Washington.

Stanley, S. C. (1986): Determining age at death: An analysis of histological methods. Unpubl. MA paper, Dept. of Anthropology, University of Missouri, Columbia.

Steinbock, R. T. (1976): Paleopathological Diagnosis and Interpretation. Charles C. Thomas, Springfield.

Stini, W. A. (2003): Bone Loss, Fracture Histories, and Body Composition Characteristics of Older Males. In: Agarwal, S. C.; Stout, S. D. (eds.): Bone Loss and Osteoporosis. An Anthropological Perspective. Kluwer Academic/Plenum Publishers. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 63-89.

Stloukal, M.; Dobisíková, M.; Kuželka, V.; Stránská, P.; Velemínský, P.; Vyhnánek, L.; Zvára, K. (1999): Antropologie. Příručka pro studium kostry. Národní muzeum, Praha.

Stout, S. D. (1978): Histological Structure and Its Preservation in Ancient Bone. *Curr Anthropol* 19, 601-604.

Stout, S. D. (1982): The effects of long-term immobilization on the histomorphology of human cortical bone, *Calcif Tissue Int* 34, 337-342.

Stout, S. D. (1983): The application of histomorphometric analysis to ancient skeletal remains. *Anthropos (Greece)* 10, 60-71.

Stout, S. D. (1989a): The use of cortical bone histology to estimate age at death. In: Iscan, M. Y. (ed.): Age Markers in the Human Skeleton. Charles C. Thomas, Springfield, Ill., 195-207.

Stout, S. D. (1989b): Histomorphometric analysis of human skeletal remains. In: Iscan, M. Y.; Kennedy, K. A. R. (eds.): Reconstruction of Life from the Skeleton. Wiley and Liss, Inc. New York, 41-52.

Stout, S. D. (1992): Methods of Determining Age at Death Using Bone Microstructure. In: Saunders, S. R.; Katzenberg, M. A. (eds.): Skeletal Biology of Past Peoples: Research Methods. Wiley-Liss, New York, 21-35.

Stout, S. D.; Gehlert, S. J. (1979): Histomorphological Identification of Individuals Among Mixed Skeletons. *Curr Anthropol* 20, 803-805.

Stout, S. D.; Gehlert, S. J. (1980): The relative accuracy and reliability of histological aging methods. *Forensic Sci Int* 15, 181-190.

Stout, S. D.; Gehlert, S. J. (1982): Effects of Field Size When Using Kerley's Histological Method for Determination of Age at Death. *Am J Phys Anthropol* 58, 123-125.

Stout, S. D.; Lueck, R. (1995): Bone Remodeling Rates and Skeletal Maturation in Three Archaeological Skeletal Populations. *Am J Phys Anthropol* 98, 161-171.

Stout, S. D.; Paine, R. R. (1992): Histological Age Estimation Using Rib and Clavicle. *Am J Phys Anthropol* 87, 111-115.

Stout, S. D.; Porro, M. A.; Perotti, B. (1996): A Test and Correction of the Clavicle Method of Stout and Paine for Histological Age Estimation of Skeletal Remains. *Am J Phys Anthropol* 100, 139-142.

Stout, S. D.; Stanley, S. C. (1991): Percent Osteonal Bone Versus Osteon Counts: The Variable of Choice for Estimating Age at Death. *Am J Phys Anthropol* 86, 515-519.

Stout, S. D.; Teitelbaum, S. L. (1976): Histological Analysis of Undecalcified Thin Sections of Archeological Bone. *Am J Phys Anthropol* 44, 263-270.

Stout, S. D.; Peck, L.; Pinto, D.; McCormick, L. (2008): The combined use of cortical, endosteal and trabecular bone histomorphometry to assess health and disease in ancient skeletal remains. Poster, Seventy-Seventh Annual Meeting of the American Association of Physical Anthropologists, 9th – 12th April 2008, Columbus, Ohio.

Sýkorová, H. (1996): Mikroskopická determinácia veku na základe mikroštruktúry ľudských kompaktných kostí. Diplomarbeit, Přírodovědecká fakulta, Komenského Univerzita, Bratislava.

Symes, S. A.; Smith, O. C.; Berryman, H.; Pope, E. J. (1999): Patterned thermal destruction of human remains. Paper presented to the 30th Anniversary of the T.D. Stewart Personal Identification in Mass Disasters, Central Identification Laboratory, Hawaii.

Symes, S. A.; Rainwater, C. W.; Chapman, E. N.; Gipson, D. R.; Piper, A. L. (2008): Patterned Thermal Destruction of Human Remains in a Forensic Setting. In: Schmidt, C. W.; Symes, S. A. (eds.): *The Analysis of Burned Human Remains*. Academic Press, Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo, 15-54.

Szilvássy, J. (1988): Altersdiagnose am Skelett. In: Knussmann, R. (ed.): *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*, G. Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 421-443.

Szilvássy, J.; Kritscher, H. (1990): Bestimmung des individuellen Lebensalters beim Menschen mit Hilfe der Spongiosastruktur der Langknochen. *Ann. Naturhist. Mus. Wien* 91, 145-154.

Šmíd, M. (1999a): Bílovice – Lutotín (okr. Prostějov). PV 1997 – 1998, AÚ AV ČR Brno, 231, 267.

Šmíd, M. (1999b): Kostelec na Hané (okr. Prostějov). PV 1997 – 1998, AÚ AV ČR Brno, 271.

Šmíd, M. (2000): Kostelec na Hané (okr. Prostějov). PV 1999, AÚ AV ČR Brno, 145.

Tejral, J. (1967): K otázce importu bronzových nádob na Moravě ve starší době římské. *PA LVIII*, 81 – 134.

Tejral, J. (1970): Počátky doby římské na Moravě z hlediska hrobových nálezů. *Študijné zvesti XVIII*, AÚ SAV, Nitra 107 – 192.

Tejral, J. (1971): Příspěvek k datování moravských hrobových nálezů ze sklonku starší a počátku mladší doby římské. *SlA XIX*, 27 – 93.

Tejral, J. (1972): Pozdní doba římská a stěhování národů na Moravě. In: *Archeol. stud. mater.* 10/1, Praha, 183 – 196, 234 – 235.

Tejral, J. (1975): Die Probleme der späten römischen Kaiserzeit in Mähren. *Studie AÚ ČSAV IV/2*, Praha.

Tejral, J. (1983): Mähren und die Markomannenkriege. *SlA XXXI*, Bratislava, 85 – 120.

Tejral, J. (1991): Bohatý knížecí hrob z doby římské u Mušova a jeho vztahy k okolnímu světu. In: *Sborník XX. Mikulovské symposium*, 171 – 180.

Templin, O. (1993): *Die Kinderskelete von Bettingen im Kanton Basel-Stadt (Schweiz). Eine paläopathologische Untersuchung*. Diss. med., Georg-August Universität Göttingen.

Teschler-Nicola, M.; Schultz, M. (1984): Jungneolitische Skelette der Badener Kultur aus Leobersdorf und Lichtenwörth, Niederösterreich. *Ann. Naturhist. Mus. Wien* 86A, 111-144.

Thompson, D. D. (1978) Age-Related Changes in Osteon Remodeling and Bone Mineralization. Ph.D. Dissertation, University of Connecticut. (nach Thompson; Gunness-Hey 1981)

Thompson, D. D. (1979): The Core Technique in the Determination of Age at Death in Skeletons. *J For Sci* 24, 902-915.

Thompson, D. D.; Gunness-Hey, M. (1981): Bone Mineral-Osteon Analysis of Yupik-Inupiaq Skeletons. *Am J Phys Anthropol* 55, 1-7.

Thompson, T. J. U. (2004): Recent advances in the study of burned bone and their implications for forensic anthropology, *For Sci Int* 146S., 203-205.

Thorsen, K.; Nordström, P.; Lorentzon, R.; Dahlen, G. H. (1999): The relation between bone mineral density, insulin-like growth factor I, lipoprotein (a), body composition, and muscle strength in adolescent males. *J Clin Endocrinol Metab* 84(9), 3025-3029.

Thurman, M. D.; Willmore, L. J. (1981): A Replicative Cremation Experiment. *North Am Archaeologist* 2, 275-283.

Tichý, R. (1957): Výzkum na pohřebišti z doby římské u Mikulova na Moravě. *AR IX*, 60 – 64.

Tilley, Ch. (1996): *An Ethnography of the Neolithic: Early Prehistoric Societies in Southern Scandinavia*. Cambridge University Press, Cambridge.

Todd, M. (1999): *Germáni*. Nakladatelství LN, Praha.

Tommerup, L. J.; Raab, D. M.; Crenshaw, T. D.; Smith, E. L. (1993): Does weightbearing exercise affect non-weightbearing bone? *J. Bone Miner. Res.* 8, 1053-1058.

Trautmann, I. (2006): *The Significance of Cremations in Early Neolithic Communities in Central Europe*, Dissertation Dr. Rer. nat., Tübingen.

Trinkaus, E.; Thompson, D. D. (1987): Femoral Diaphyseal Histomorphometric Age Determinations for the Shanidar 3, 4, 5 and 6 Neanderthals and Neandertal Longevity. *Am J Phys Anthropol* 72, 123-129.

Trnáčková, Z. (1960): Žárové pohřebiště z pozdní doby římské v Šaraticích. *PA LI*, Praha, 561 – 609.

Turner-Walker, G. (2007): The Chemical and Microbial Degradation of Bones and Teeth. In: Pinhase, R.; Mays, S. (eds.) *Advances in Human Palaeopathology*. Wiley, Online Library, 3-29.

Ubelaker, D. H. (1978): *Human Skeletal Remains. Excavation, analysis, interpretation*. Aldine Publishing Company, Chicago.

Ubelaker, D. H.; Rife, J. L. (2007): The practice of cremation in the Roman-era cemetery at Kenchreai, Greece. The perspective from archeology and forensic science. *Bioarcheology of the Near East* 1, 35-57.

- Uytterschaut, H. (1993): Human Bone Remodelling and Aging. In: Grupe, G.; Garland, N. (eds.): *Histology of ancient human bone: Methods and Diagnosis*. Springer, Berlin, 95-109.
- Vallois, H. V. (1937): La durée de la vie chez l'homme fossile. *L'Anthropologie* 47, 449-532.
- Vark, G. N. van (1974): The Investigation of Human Cremated Skeletal by Multivariate Statistical Methods. I. Methodology, *Ossa* 1, 63.
- Vark, G. N. van (1975): The Investigation of Human Cremated Skeletal by Multivariate Statistical Methods. II. Measures, *Ossa* 2, 47-68.
- Verse, F. (2003): Eisenzeit und Mittelalter auf der „Kalteiche“ bei Haiger. *Ausgrabungen im Wald. Hessen Archäologie* 2002, 74–78.
- Verzár, F.; Zs.-Nagy, I. (1970): Electronmicroscopic analysis of thermal collagen denaturation in rat tail tendons. *Gerontologia* 16, 77-82. (nach Schultz 1986)
- Wahl, J. (1981): Beobachtungen zur Verbrennung menschlicher Leichname, *Arch. Korrespondenzblatt* 11, 271-279.
- Wahl, J. (1982): Leichenbranduntersuchungen. Ein Überblick über die Bearbeitungs- und Aussagemöglichkeiten von Brandgräbern. *Prähist. Z.* 57, 2-215.
- Wahl, J. (1983): Zur metrischen Altersbestimmung von kindlichen und jugendlichen Leichenbränden. *Homo* 34, 48-54.
- Wahl, J. (1988): Menschenknochen. In: Wahl, J.; Kokabi, M. (eds.): *Das römische Gräberfeld vom Stettfeld I. Osteologische Untersuchung der Knochenreste aus dem Gräberfeld. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 29, Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 46-223.
- Wahl, J.; Graw, M. (2001): Metric sex differentiation of the pars petrosa ossis temporalis. *Int J Leg Med* 114, 215-223.
- Walker, R. A.; Lovejoy, C. O. (1985): Radiographic changes in the clavicle and proximal femur and their use in the determination of skeletal age at death. *Am J Phys Anthropol* 68, 67-78.
- Walker, P. L.; Miller, K. W. P.; Richman, R. (2008): Time, Temperature, and Oxygen Availability: An Experimental Study of the Effects of Environmental Conditions on the Color and Organic Content of Cremated Bone. In: Schmidt, C. W.; Symes, S. A. (2008, eds.): *The Analysis of Burned Human Remains*. Academic Press, Elsevier, Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo, 129-135.
- Wapler, U. (1998): Cribra orbitalia in anthropobiology: diagnostic criterions and implications in the study of ancient skeletal populations. Ph.D. thesis, Ecole des Sciences Biologiques et Médicales, Université Bordeaux I., Bordeaux.
- Wapler, U.; Crubézy, E.; Schultz, M. (2004): Is Cribra Orbitalia Synonymous With Anemia? Analysis and Interpretation of Cranial Pathology in Sudan. *Am J Phys Anthropol* 123, 333-339.

Warren, M. W.; Maples, W. R. (1997): The Anthropometry of Contemporary Commercial Cremation. *J For Sci* 42, 417-423.

Watanabe, Y.; Konishi, M.; Shimada, M.; Ohara, H.; Iwamoto, S. (1998): Estimation of age from the femur of Japanese cadavers. *For Sci Int* 98, 55-65.

Weinstein, R. S.; Simmons, D. J.; Lovejoy, C. O. (1981): Ancient Bone Disease in a Peruvian Mummy Revealed by Quantitative Skeletal Histomorphometry. *Am J Phys Anthropol* 54, 321-326.

Weinstein, R. S.; Manolagas, S. C. (2000): Apoptosis and Osteoporosis. *Am J Med* 108, 153-164.

Wittwer-Backofen, U.; Gampe, J.; Vaupel, J. W. (2004): Tooth cementum annulation for age estimation: Results from a large known-age validation study. *Am J Phys Anthropol* 123(2), 119-129.

Wolf, M. (1998): Ergebnisse makro- und mikroskopischer Untersuchungen an den römischen Brandgräbern von Rheinzabern (Rheinland-Pfalz). Dissertation Dr. rer. nat., Johann Wolfgang Goethe Universität, Frankfurt am Main.

Wolf, M. (1999): Ergebnisse makro- und mikroskopischer Untersuchungen an den römischen Brandgräbern von Rheinzabern (Rheinland-Pfalz). Beiträge zur Paläopathologie, Band III, Cuvillier Verlag, Göttingen.

Wu, K.; Schubeck, K. E.; Frost, H. M.; Villanueva, A. (1970): Haversian bone formation rates determined by a new method in mastodon, and in human diabetes mellitus and osteoporosis. *Calcif Tissue Res* 6, 204-219.

Yoshino, M.; Imaizumi, K.; Miyasaka, S.; Seta, S. (1994): Histological estimation of age at death using microradiographs of humeral compact bone. *Forensic Sci Int* 64, 191-198.

Zeman, J. (1961): Severní Morava v mladší době římské. Praha.

Ziegler, K. (1984): Große Griechen und Römer / Plutarch. Franklin-Bibliothek, Ottobrunn bei München.

**Danksagung**

Diese Untersuchung und Dissertation konnte nur mit Hilfe vieler Menschen entstehen. Allen diesen Kollegen und Freunden gilt mein herzlichster Dank.

An erster Stelle danke ich meinem Doktorvater Herr Prof. Dr. Dr. Michael Schultz, ohne dessen Unterstützung und Fachwissen sowie langjährige Förderung diese Untersuchung nie das hätte werden können, was sie ist. In ihm habe ich stets einen vorzüglichen Lehrer gefunden.

Herrn Prof. Dr. Horst Kierdorf danke ich für die Möglichkeit, diese Dissertation in Hildesheim anzusiedeln, sowie die für mich sehr hilfreichen konstruktiven fachlichen Kommentare.

Herrn Doc. Dr. Vladimír Novotný, CSc. bin ich zu großem Dank verpflichtet, weil unter seiner maßgeblichen Formgebung meine anfängliche Idee dieser Arbeit zu einem realen Projekt werden konnte.

Frau Doc. Dr. Eva Drozdová, PhD. danke ich für ihre Unterstützung insbesondere während meiner Tätigkeit im Rahmen der Dissertation in Brno.

Für die Überlassung der Leichenbrände für diese Untersuchung danke ich als Repräsentanten ihrer Einrichtungen und Institute Frau Dr. Marta Dočkalová, PhD. (ehem. Mährisches Landesmuseum Brno), Frau Doc. Dr. Eliška Kazdová, CSc. (Institut für Archäologie und Museologie, Universität Brno), Herrn Dr. Michael Geschwinde (Bezirksarchäologie Braunschweig), Herrn Dr. Frank Verse (ehem. Abteilung für Ur- und Frühgeschichtliche Archäologie, Universität Münster), Frau Dr. Francesca Balossi (La Sapienza - Università di Roma), Frau Mgr. Pavlína Procházková (ehem. Museum Olomouc) und Herrn Mgr. Miloš Hlava (ehem. Museum Prostějov).

Für unzählige wertvolle fachliche Diskussionen, die mich weiter brachten, danke ich vielen Kollegen, insbesondere den Mitgliedern unserer Arbeitsgruppe Paläopathologie (Zentrum Anatomie Göttingen), weiterhin Frau Kristina Scheelen M.A., Herrn Doc. Dr. Miroslav Králík, PhD., Frau Dr. Birgit Großkopf, Frau Caroline Bleckmann M.A., Herrn Dr. Ivo Chao und Herrn Prof. Dr. Hans-Georg Stephan.

Ohne die histologischen und rasterelektronenmikroskopischen Präparate wäre diese Arbeit in der vorliegenden Form nicht denkbar gewesen. In diesem Zusammenhang danke ich sehr herzlich Frau Ingrid Hettwer-Steeger und Herrn Michael Brandt. Herrn Andreas Schwarz möchte ich für die Hilfe mit den rezenten Präparaten danken.

Ich danke auch allen, die mir geholfen haben die sprachlichen und grammatikalischen Fehler in der Arbeit weitgehend zu beseitigen, namentlich Frau Kristina Scheelen M.A., Frau Nadine Lubinski M.A., Frau Dr. Julia Gresky, Frau Christiane Brose M.A., Frau Dipl. Biol. Edith Oplesch, Frau Dr. Birgit Großkopf und Herrn Dr. Stefan Flohr. Sie haben alle meinen Dank

für Stunden und Stunden des Korrekturlesens meiner manchmal eigenartigen Version der Deutschen Sprache!

Meiner Familie und Freunden danke ich für die Unterstützung und Stärkung bei den Anfängen in der einst neuen Stadt, in einem damals fremden Land. Vor allem an erster Stelle Dir, Kristina!

**Lebenslauf**

Jan Nováček

Geboren am 27. Mai 1978 in Brno, Tschechische Republik

Staatsangehörigkeit: Tschechisch

September 1984 - Juni 1992: Grundschule Sirotkova, Brno, Tschechische Republik

September 1992 – Juni 1996: Gymnasium Matyáše Lercha, Brno, Tschechische Republik, abgeschlossen mit dem Abitur

September 1996: Studienbeginn am Institut für Anthropologie, Naturwissenschaftliche Fakultät, Masaryk Universität Brno

September 2000 – Januar 2001: Stipendiat SOCRATES/ERASMUS, Seminar für Ur- und Frühgeschichte, Georg – August Universität Göttingen

21. Juni 2001: Abschluss des Studiums mit Erlangung des Magistergrades (Mgr.)

September 2001: Promotionsbeginn im Institut für Anthropologie, Fakultät der Naturwissenschaften, Masaryk Universität Brno

Oktober 2003 – Juli 2004: Stipendiat DAAD, Zentrum Anatomie, Universität Göttingen.

2001 – 2004: Unterricht im Institut für Anthropologie in Brno: Humanosteologie, Forensische Anthropologie und Methoden der Physischen Anthropologie

seit 2002: Tätigkeit in der Arbeitsgruppe für Paläopathologie (Zentrum Anatomie, Göttingen)

25. Februar 2005: Rigorosum zum RNDr. (Doktor přírodních věd – Doktor der Naturwissenschaften) im Fach Anthropologie (Opponentinnen: Doc. RNDr. Eva Drozdová, PhD. und Dr. rer. nat. Kerstin Kreutz). Thema der Rigorosumschrift: „Zaniklý kostel ve Winnefeldu. Antropologicko-archeologický výzkum“ (Kirchenruine Winnefeld. Anthropologisch-archäologische Untersuchung)

August 2005 – August 2006: Stipendiat Training Opportunities for European Ph.D.-students Marie Curie Training Site EUROGENDIS „The

- Genetic Basis of Disease“. „EU-Gastwissenschaftler“ im Zentrum Anatomie, Universitätsklinikum Göttingen.
- 2007 - 2008: Tätigkeit als Anthropologe und anthropologischer Grabungsleiter der mittelalterlichen Klosterfriedhofsgrabung in Goseck (Sachsen-Anhalt)
- seit 2008: Promotionsverfahren (Dr. rer. nat.) am Institut für Biologie und Chemie der Universität Hildesheim (wiss. Betreuer Prof. Dr. med. Dr. phil. nat. Michael Schultz und Prof. Dr. rer. nat. Horst Kierdorf). Thema der Dissertationsschrift: „Möglichkeiten und Grenzen der mikroskopischen Leichenbranduntersuchung“
- seit 2008: Dozent für Anatomie (Kursus der makroskopischen Anatomie) im Zentrum Anatomie, Universitätsmedizin Göttingen
- 1998 - 2011: etwa 24 Monate Felderfahrung in assistierender sowie leitender Funktion auf archäologischen Ausgrabungen in Tschechien, Deutschland, der Türkei und Ägypten

## Abbildungen

In diesem Abschnitt werden die Abbildungen präsentiert, die einen direkten Verweis im Text der Arbeit besitzen. Die Bezeichnung dieser Abbildungen beinhaltet die Kapitelnummer (5, 7, 8, 9.1, 9.2 oder 9.4) und die Nummer der Abbildung (Abb. 5.1, 9.4.1). Die Abbildungen, die ohne eine Abbildungsnummer, sondern nur mit der Individuen- oder Präparatbezeichnung als „weitere Beispiele“ oder im Katalog angegeben sind, befinden sich aus platzsparenden Gründen auf dem beiliegenden DVD in elektronischer Form. Diese Abbildungen sind nach Gräberfeldern und Individuen sortiert und (wenn zutreffend) in die Kategorien MAKRO (makroskopisch), MIKRO (lichtmikroskopisch), REM (rasterelektronenmikroskopisch) und ROENTGEN (röntgenologisch) unterteilt.

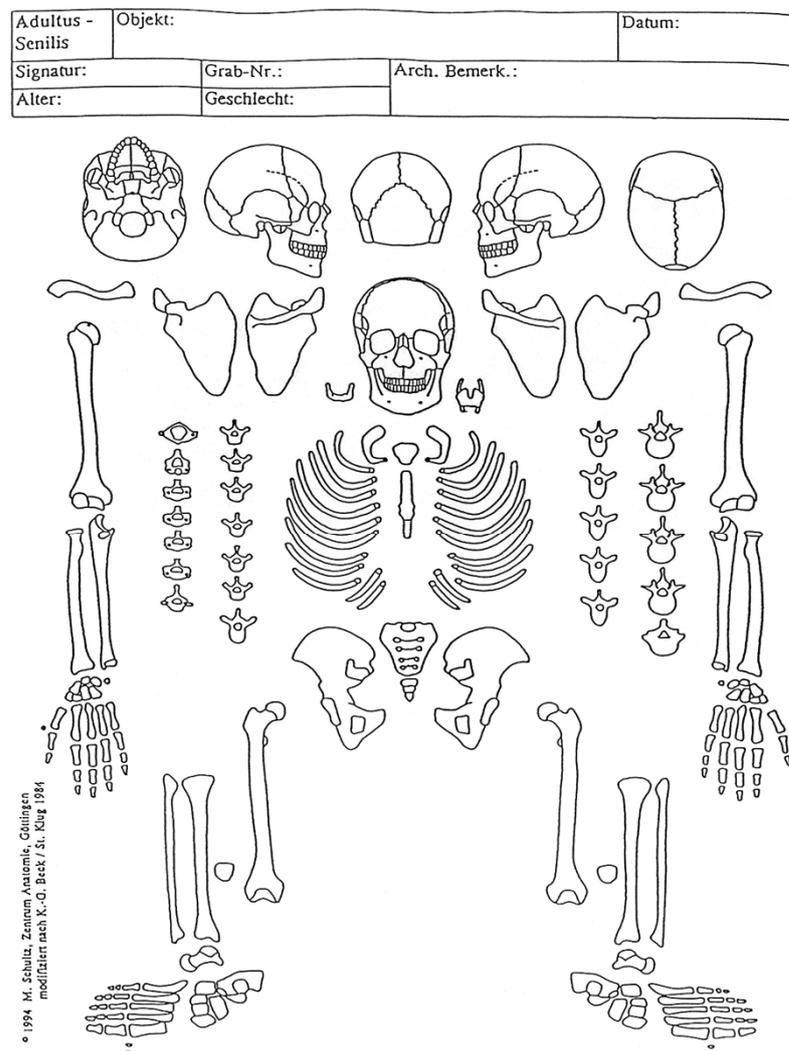
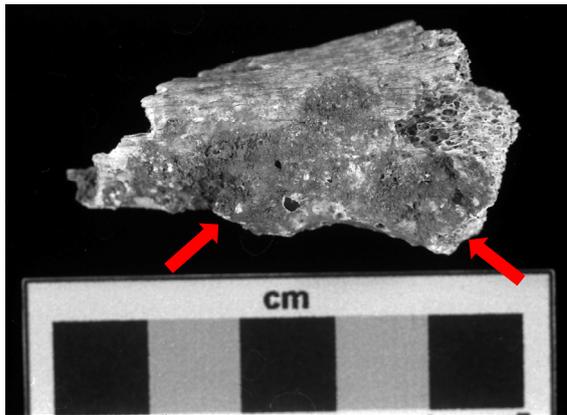
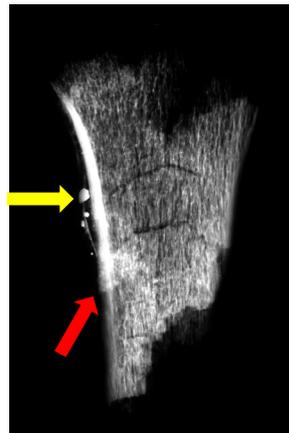


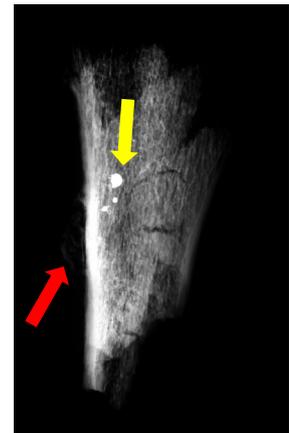
Abb. 5.1. Ein leeres Skeletformular für die Markierung der Erhaltung des Knochenmaterials eines Individuums. Legende: ausgefüllte Flächen – identifizierte Knochen/Fragmente mit einer genauen Lokalisierung. Schraffierte, begrenzte Flächen – identifizierte Knochen/Fragmente mit einer ungefähren Lokalisation. Durchgestrichene Knochen oder Knochenelemente bedeuten, dass einige Fragmente vorliegen, die wohl diesem Knochen oder der Skeletregion zuzuordnen sind. R=L – rechte oder linke Körperhälfte, nicht genauer bestimmbar.



7.1 Oc 5/53 Radius sin

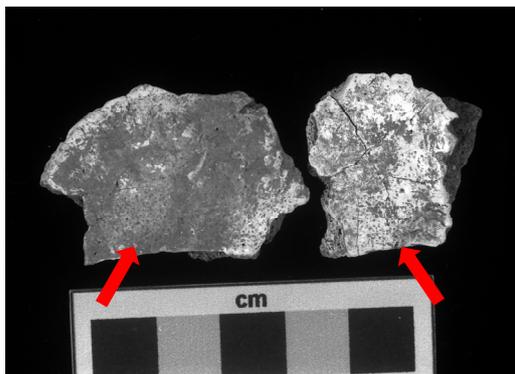


7.2 Oc 5/53 A-P

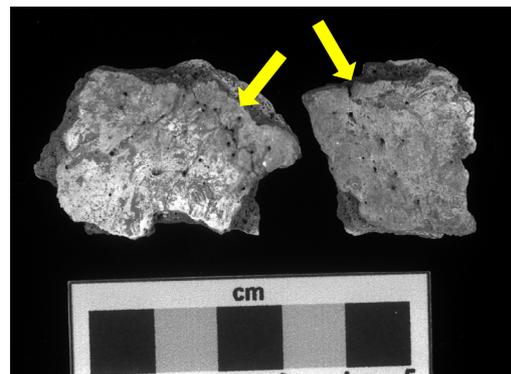


7.3 Oc 5/53 lateral

7.1 – 7.3, ♂>♀, 20-35 Jahre. Eine postmortal entstandene Schicht auf der Oberfläche (rot), wohl ein verbrannter Schmuck oder ein Trachtbestandteil, im Röntgenbild sichtbare Sandkörner (gelb)

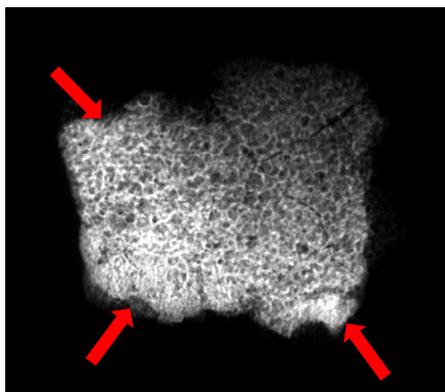


7.4 Oc 7/55 Os parietale Lamina externa

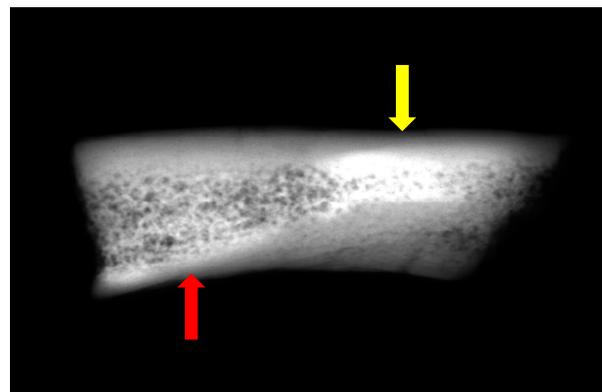


7.5 Oc 7/55 Os parietale Lamina interna

7.4 – 7.5, ♂>♀, 30-45 Jahre. Poröse Oberfläche der Lamina externa (links, rot) und poröse, vernarbte Lamina interna (rechts, gelb).

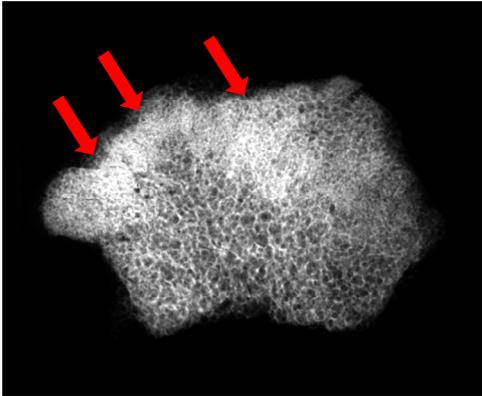


7.6 Oc 7/55 axial

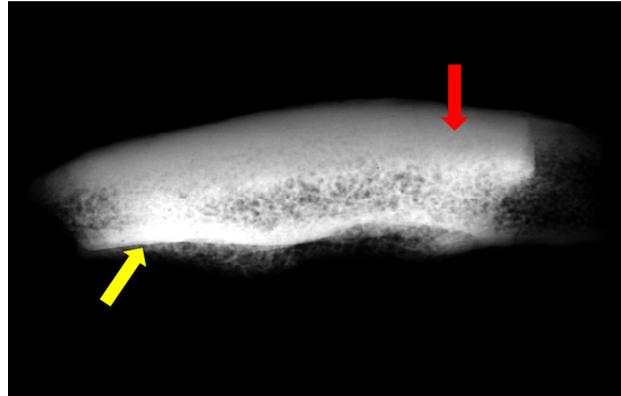


7.7 Oc 7/55 lat.

7.6 – 7.7, ♂>♀, 30-45 Jahre. Stellenweise verdichtete „Herde“ der Diploë (rot), möglicherweise Spuren eines pathologischen Prozesses, keine weitere Diagnose möglich. Dunkle Stelle (gelb) ist wohl eine Überlagerung strahlendichter Schichten

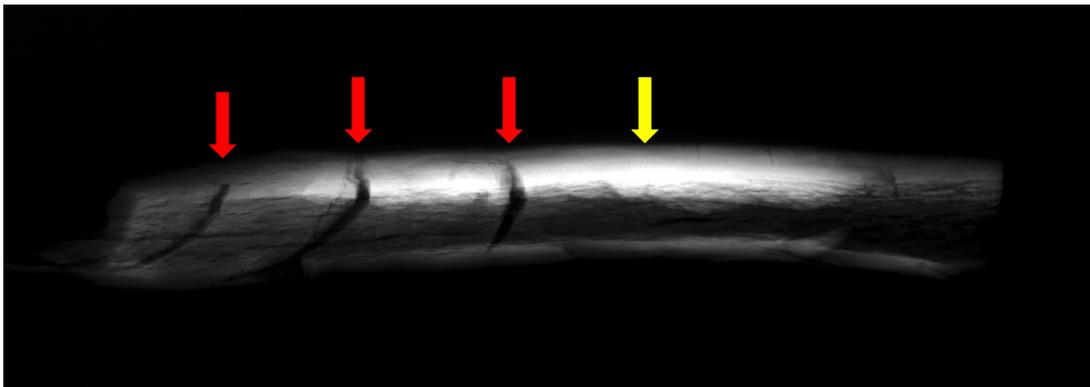


7.8 Oc 7/55 axial

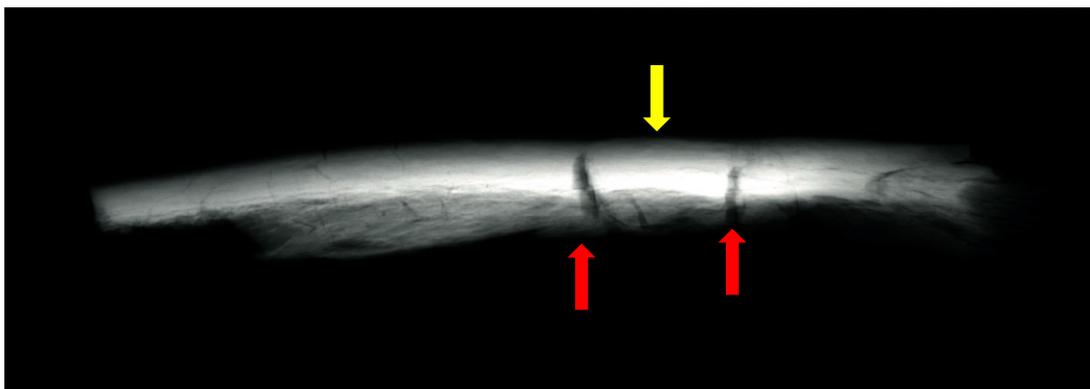


7.9 Oc 7/55 lat.

7.8 – 7.9, ♂>♀, 30-45 Jahre. Unregelmäßige Struktur der Diploë, Verdichtungen (rot), Verdacht auf Sklerosierung z.B. in Folge eines Tumors oder der Heilung osteomyelitischer Herde. Vermutlich eine Überlagerung strahlendichter Schichten (gelb).

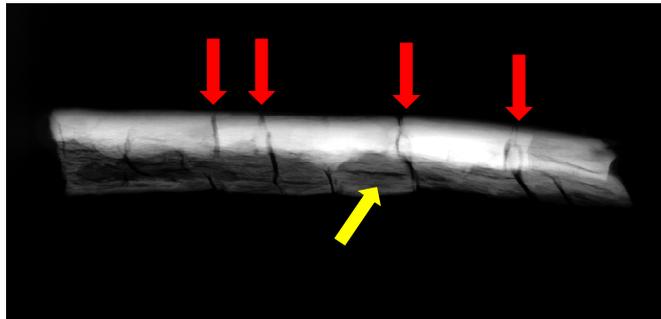


7.10 Oc 29a/55 Femur A-P

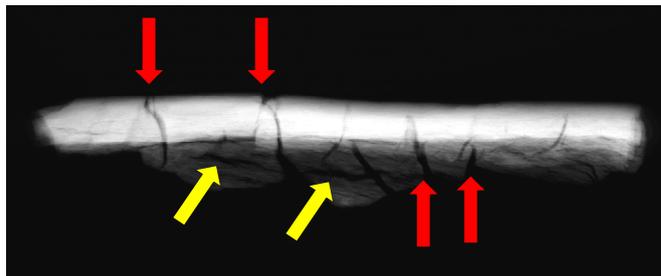


7.11 Oc 29a/55 Femur lat.

7.10 – 7.11, ♂>♀, 25-45 Jahre. Die typischen hitzebedingten Risse (rot), der Knochen wurde in einem lebendfrischen Zustand verbrannt. Verdichtungen (gelb) an Stellen der Überlagerung strahlendichter Schichten

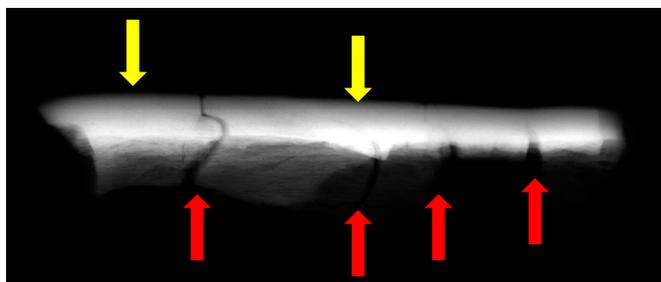


7.12 Si 7 Femur A-P

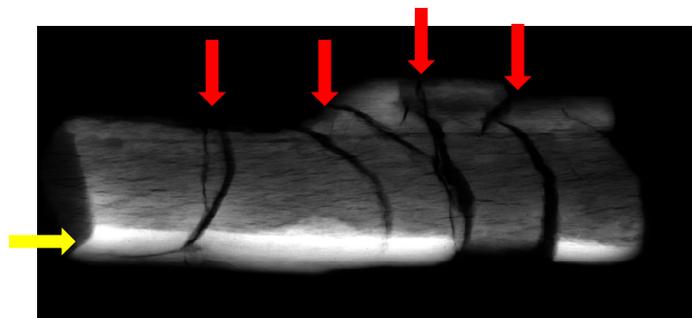


7.13 Si 7 Femur lat.

7.12 – 7.13, ♂=♀, 40-50(55) Jahre. Die typischen hitzebedingten Risse , die spiral- oder ovalförmig (rot) oder längs (gelb) verlaufen, der Knochen wurde in einem lebendfrischen Zustand verbrannt.

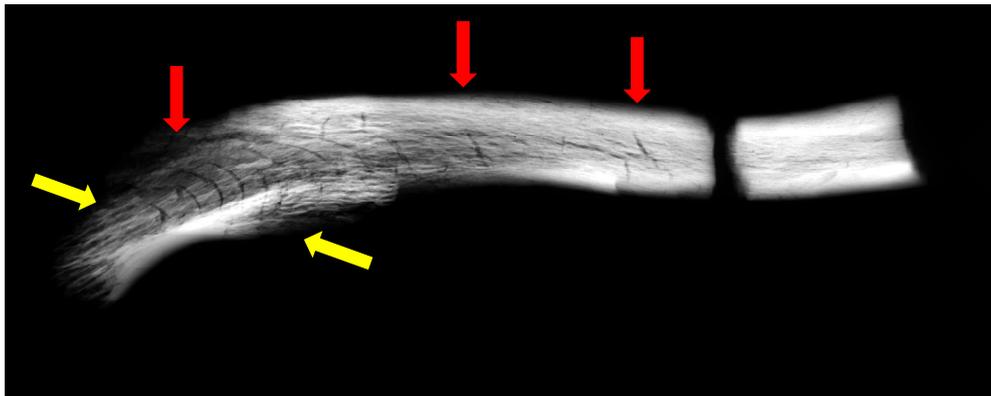


7.14 Si 19 Femur A-P

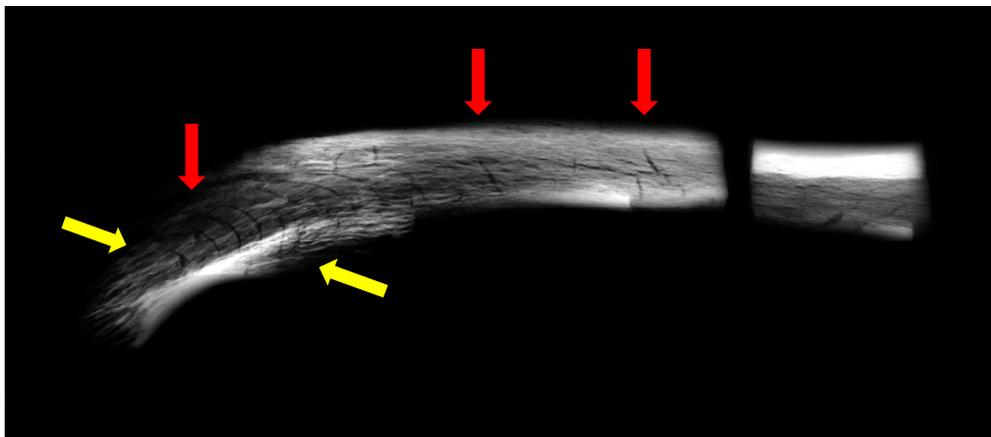


7.15 Si 19 Femur lat.

7.14 – 7.15, ♂≥♀, 25-40 Jahre. Die typischen hitzebedingten Risse (rot), der Knochen wurde in einem lebendfrischen Zustand verbrannt. Verdichtungen (gelb) an Stellen der Überlagerung strahlendichter Schichten

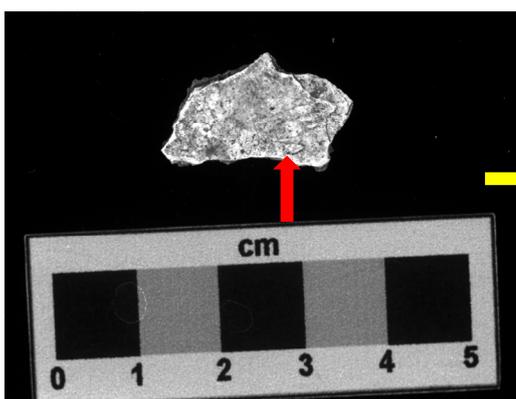


7.16 H-K Gr 1 Tibia

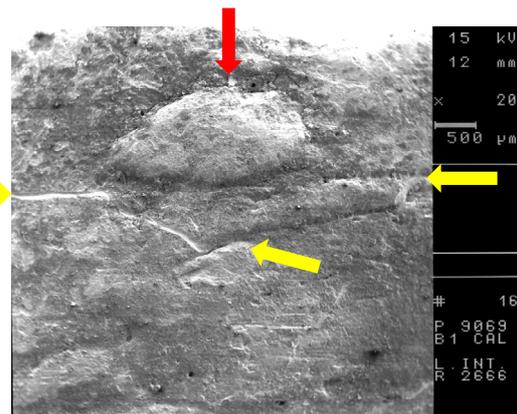


7.17 H-K Gr 1 Tibia

7.16 – 7.17, ♀≥♂, 20-30(35) Jahre. Hitzebedingte Risse (rot) und regelmäßige Spongiosa eines jungen Individuums (gelb)

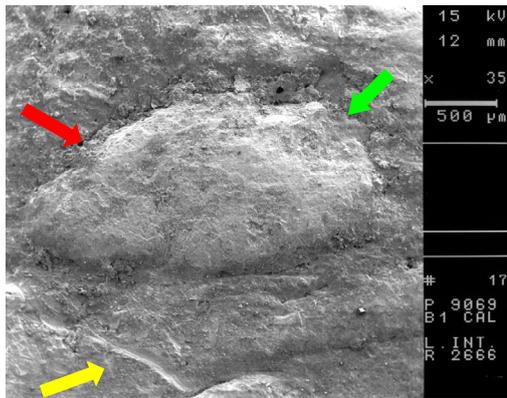


8.1 Bi 1. Lamina int.

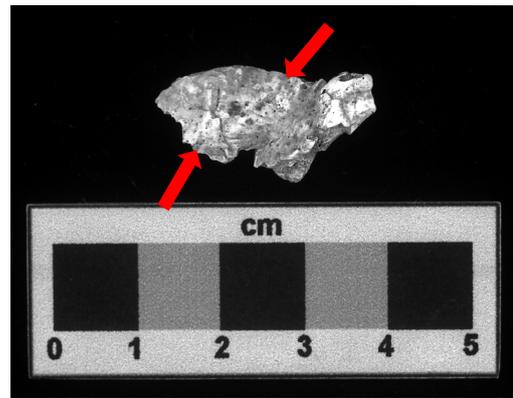


8.2 Bi 1. REM, 20x

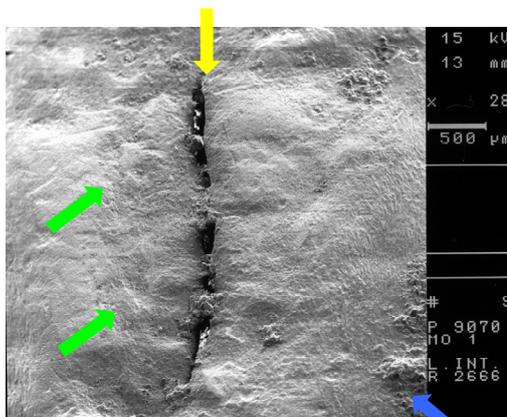
8.1 – 8.3 ♂=♀, 25-35(40) Jahre. Eine vermutliche Neubildung auf der Oberfläche der Lamina interna (rot). Im REM Bild lässt sich nicht mit Sicherheit erkennen, ob es sich um eine intravitale Neubildung handeln kann, oder ob es eine postmortal (hitzebedingt) entstandene „Blase“ sein könnte. Deutlich ist die postmortale Beschädigung, Kratzer und Risse (gelb) und Erosion (grün)



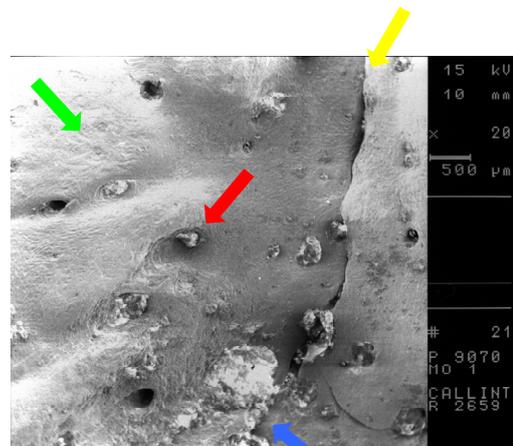
8.3 Bi 1. REM, 30x



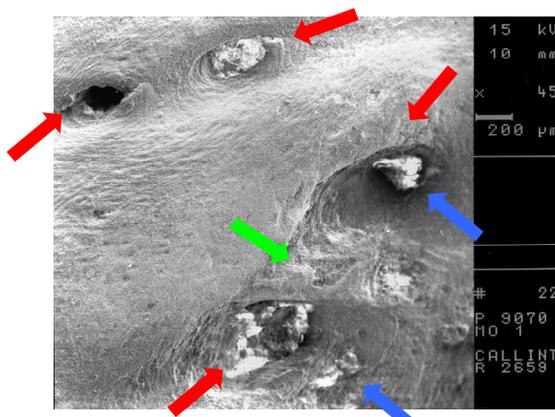
8.4 Mo 1. Schädeldach



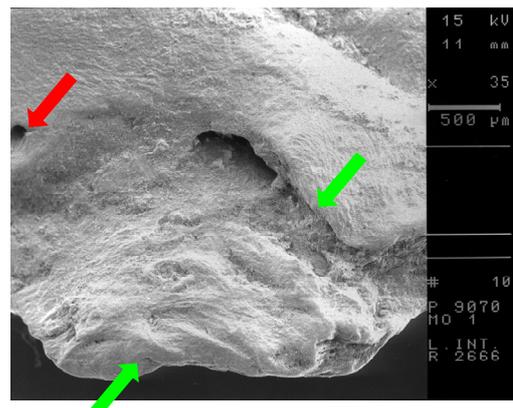
8.5 Mo 1. REM, 28x



8.6 Mo 1. REM, 20x

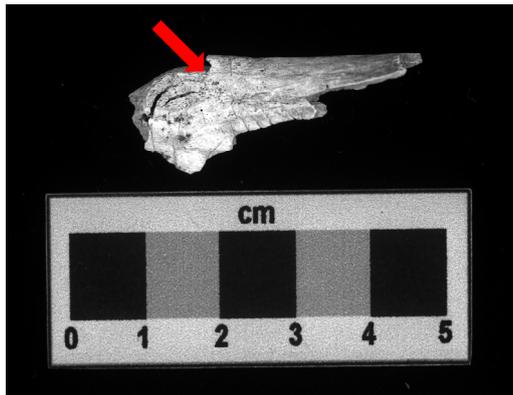


8.7 Mo 1. REM, 45x

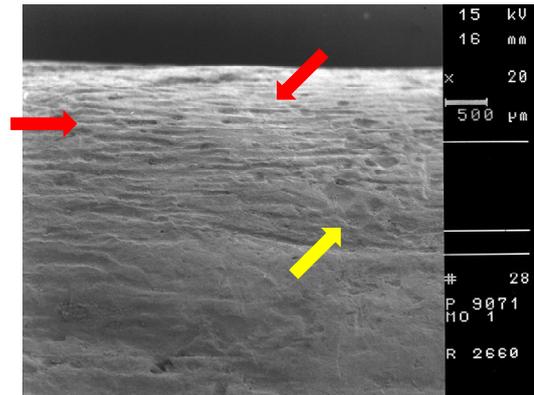


8.8 Mo 1. REM, 35x

8.4 – 8.8, ♂=♀, 3-14 Jahre. Poröse Oberfläche (rot) ist als intravital zu bewerten, es kann aber nicht mit einem pathologischen Prozess in Zusammenhang gebracht werden. Postmortale, hitzebedingte Risse (gelb), Erosion (grün) und versinterte Erde (blau) deuten auf eine starke postmortale Beschädigung hin und erschweren die Diagnose

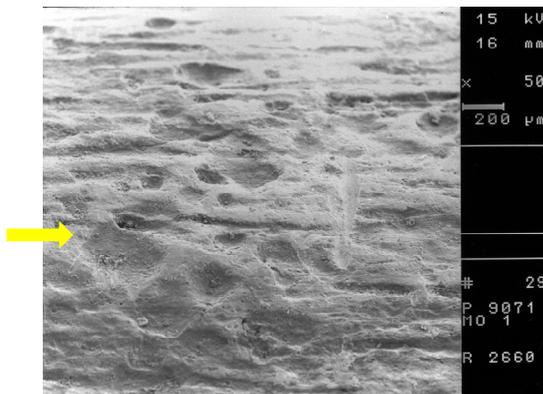


8.9 Mo 1. Fem/Tib



8.10 Mo 1. REM, 20x

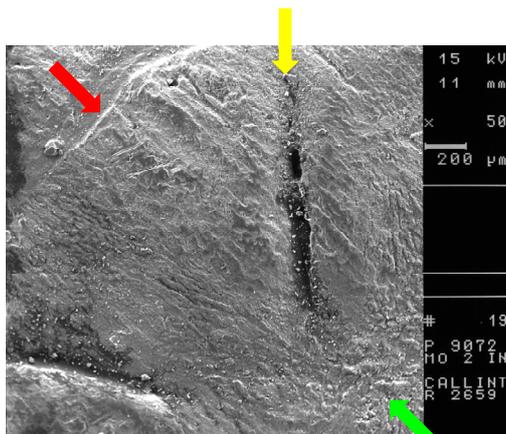
8.9 – 8.11, ♂=♀, 3-14 Jahre. Scheinbar intravitale Längsstreifung (rot) ist bei stärkerer Vergrößerung als postmortale Erosion zu identifizieren (gelb)



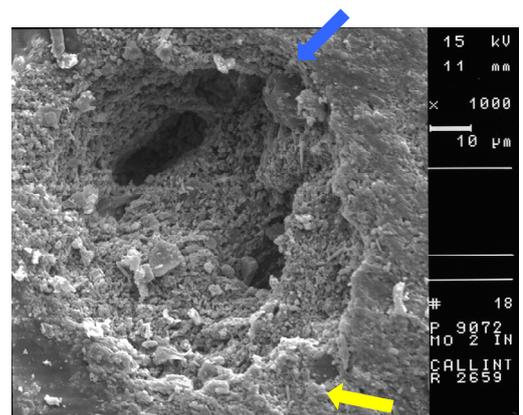
8.11 Mo 1. REM, 50x



8.12 Mo 2. Schädeldach

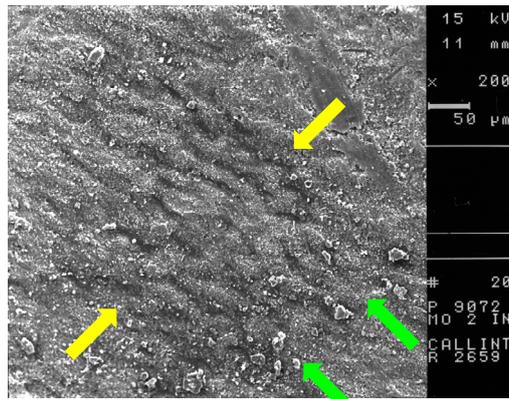


8.13 Mo 2. REM, 50x

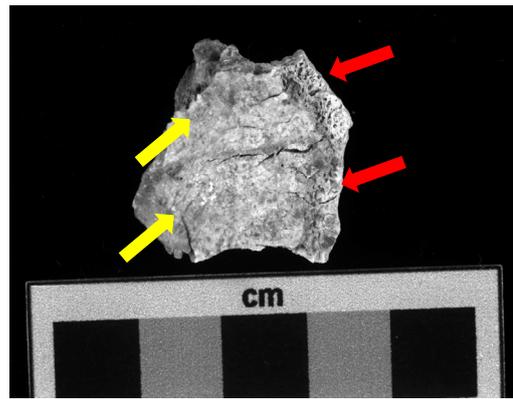


8.14 Mo 2. REM, 1000x

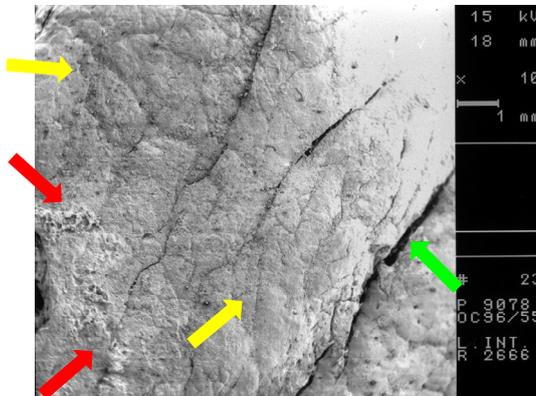
8.12 – 8.14, ♂=♀, 7-20 Jahre. Verdacht auf eine poröse Auflagerung auf der Lamina interna eines Schädeldachfragments (rot), postmortale Risse und Erosion (gelb), versinterte Erde (grün) verändern das Bild. In hoher Vergrößerung klare Spuren hitzebedingter Erosion (blau)



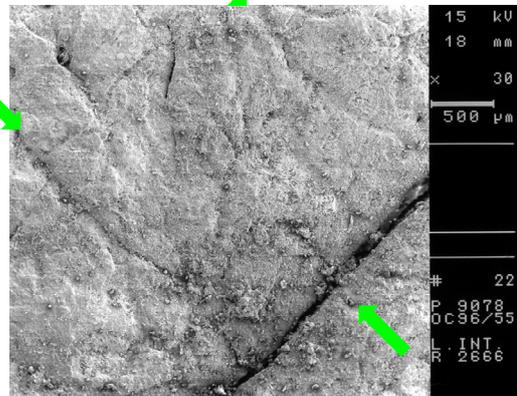
8.15 Mo 2. REM, 200x



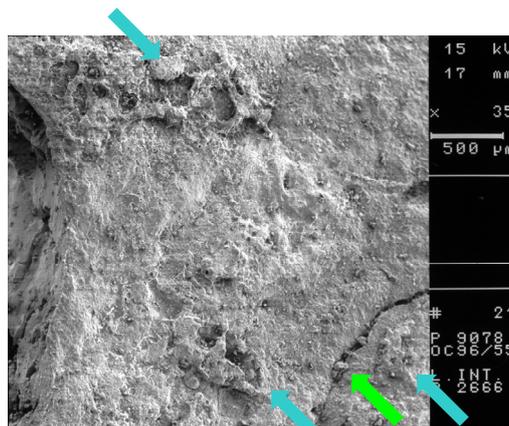
8.16 Oc 9b/55. Schädeldach



8.17 Oc 9b/55. REM, 10x

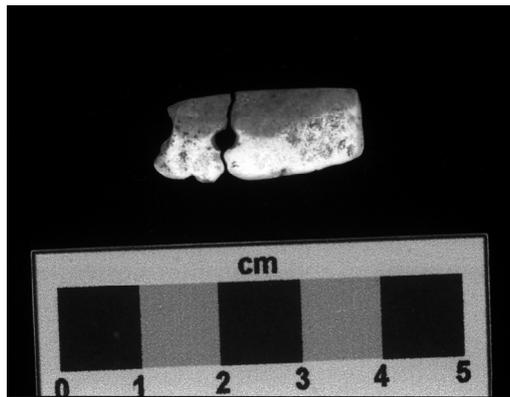


8.18 Oc 9b/55. REM, 30x

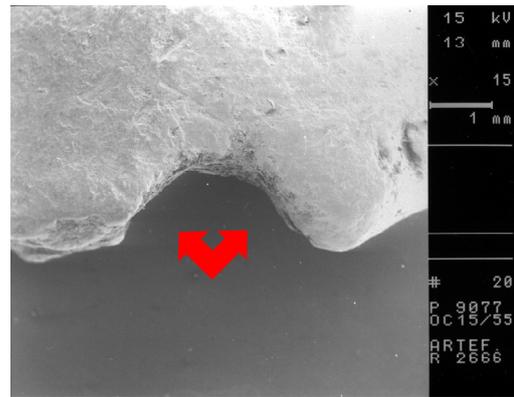


8.19 Oc 9b/55. REM, 35x

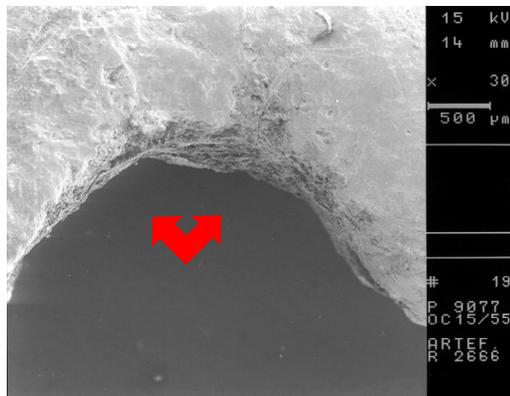
8.16 – 8.19, ♂=♀, 25-35 Jahre. Verdacht auf eine poröse Auflagerung (rot) und Gefäßimpressionen (gelb). Tatsächlich handelt es sich um postmortale Risse und erodierte Oberfläche (grün), die vermeintliche Auflagerung ist eine beschädigte aufgeplatzte Knochenlamelle (blau)



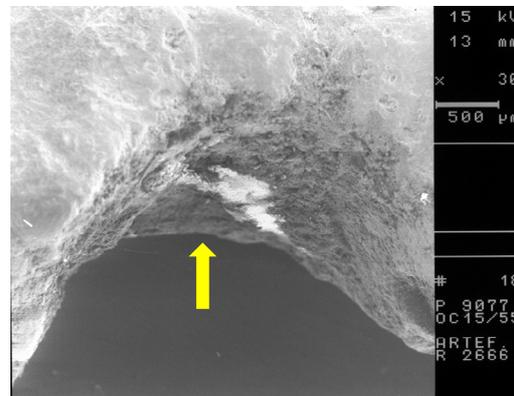
8.20 Oc 15/55. Artefakt



8.21 Oc 15/55. REM, 15x

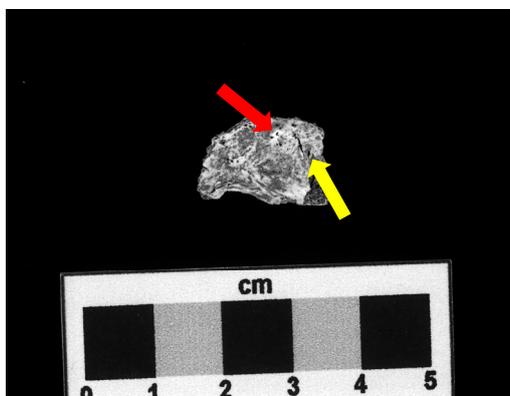


8.22 Oc 15/55. REM, 30x

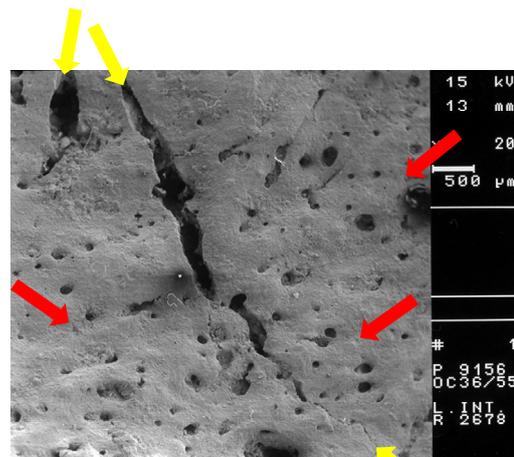


8.23 Oc 15/55. REM, 30x

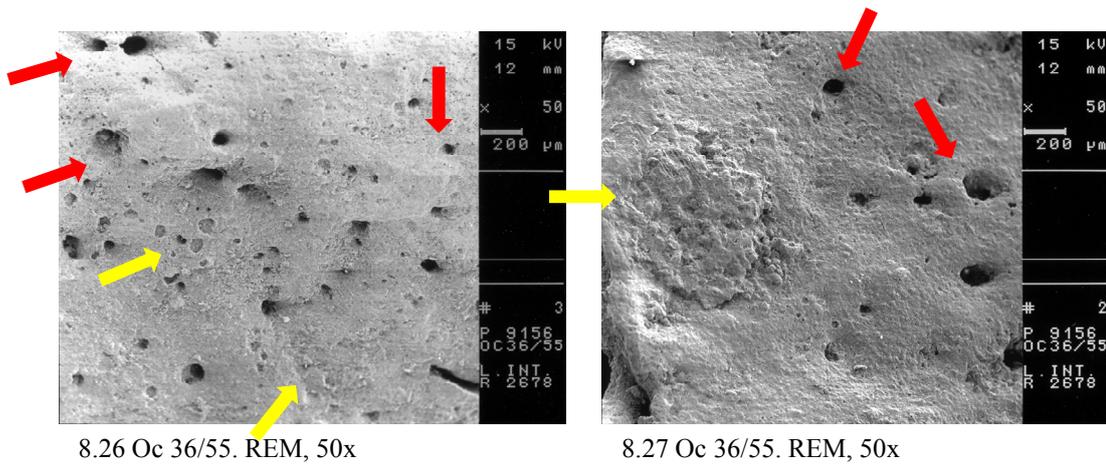
8.20 – 8.23, ♂≥♀, 30-45 Jahre. Ein Objekt aus vermutlich poliertem und durchbohrtem Tierknochen. Die Öffnung zeigt sich auch in REM regelmäßig (rot), die Oberfläche ist jedoch erodiert und nicht sicher als durchbohrt zu erkennen (gelb)



8.24 Oc 36/55. Schädelbasis



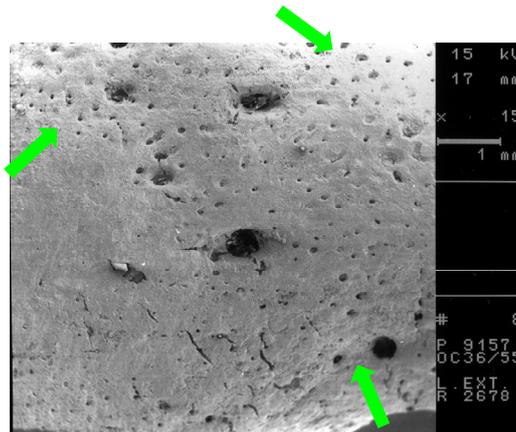
8.25 Oc 36/55. REM, 20x



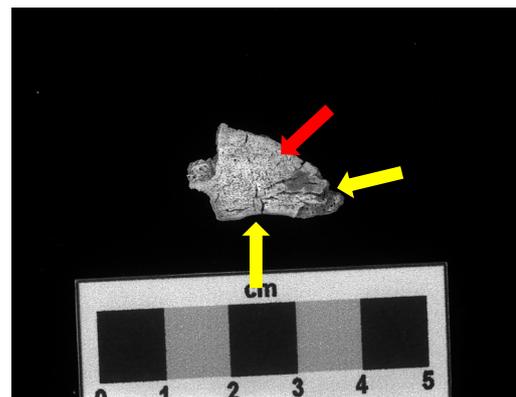
8.26 Oc 36/55. REM, 50x

8.27 Oc 36/55. REM, 50x

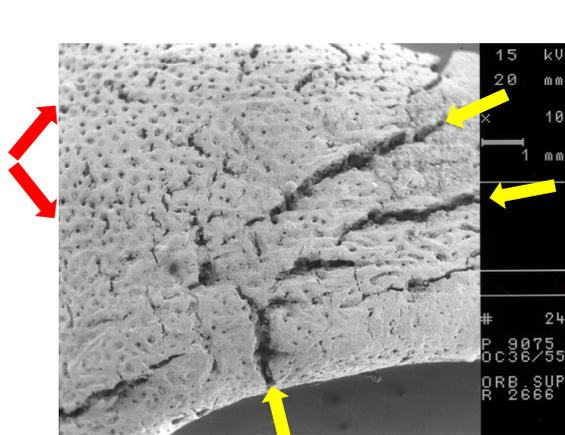
8.24 – 8.28, ♂≥♀, 30-50 Jahre. Nicht näher identifizierbares Schädelbasisfragment mit intravital entstandener poröser Oberfläche (rot), postmortal entstandene Risse und Erosion (gelb), auch die Lamina externa weist eine poröse Beschaffenheit (grün) intravitalen Ursprungs



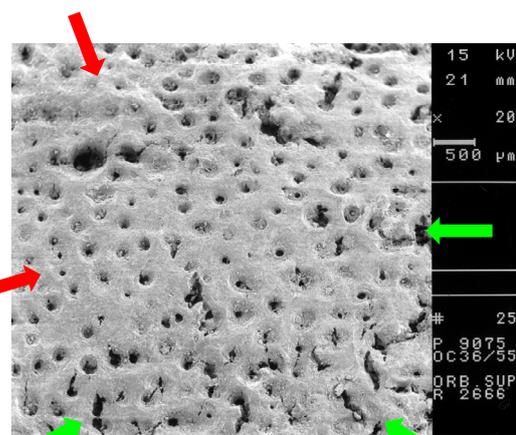
8.28 Oc 36/55. REM, 15x



8.29 Oc 36/55. Arcus superciliaris

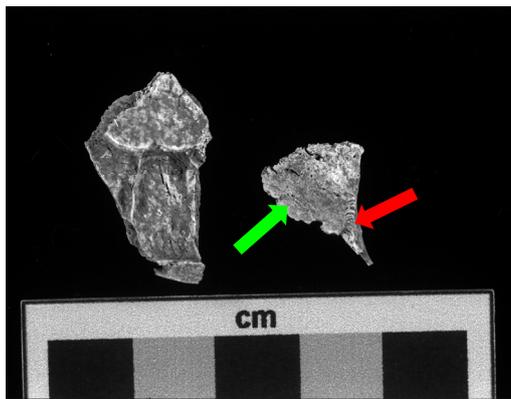


8.30 Oc 36/55. REM, 10x

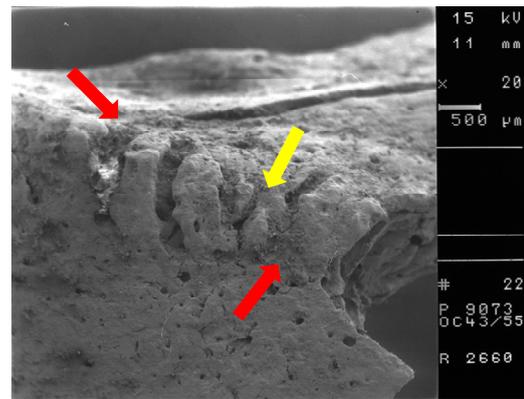


8.31 Oc 36/55. REM, 20x

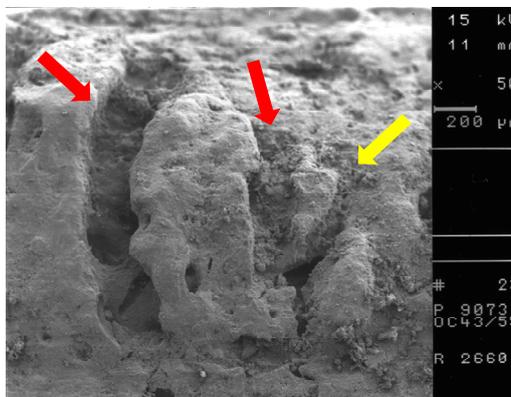
8.29 – 8.31, ♂≥♀, 30-50 Jahre. Intravital entstandene poröse Oberfläche des Arcus superciliaris (rot), häufige postmortal entstandene Risse (gelb), viele der ursprünglich intravitale Öffnungen sind hitzebedingt beschädigt (grün)



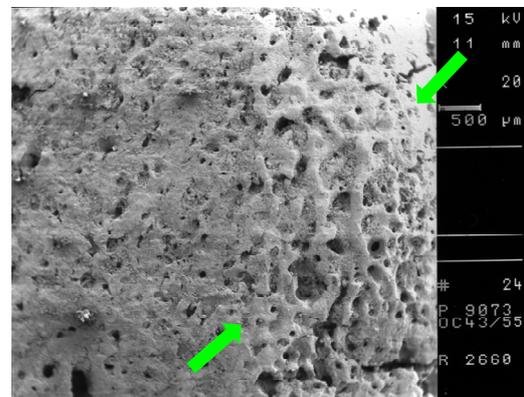
8.32 Oc 43/55. Langknochen



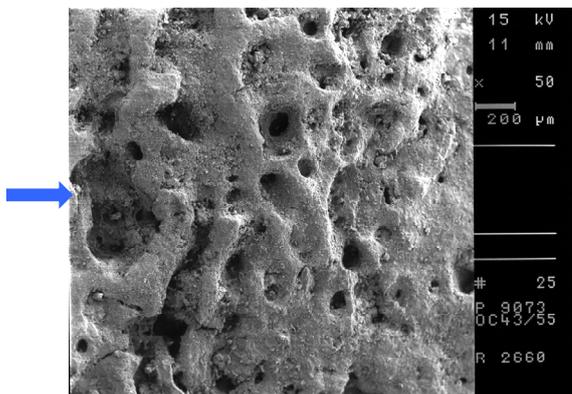
8.33 Oc 43/55. REM, 20x



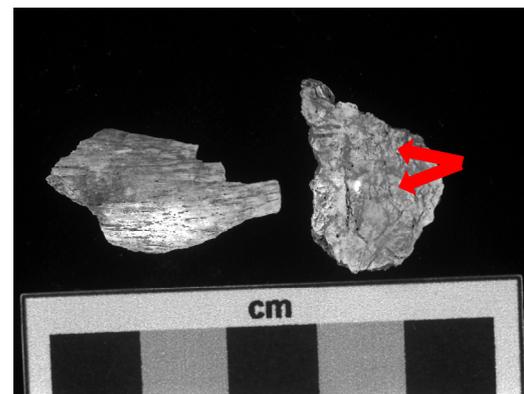
8.34 Oc 43/55. REM, 50x



8.35 Oc 43/55. REM, 20x

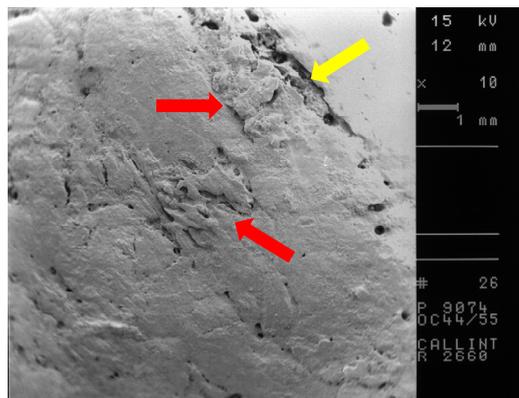


8.36 Oc 43/55. REM, 50x

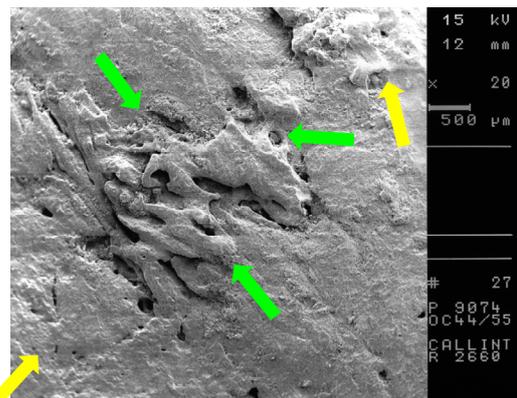


8.37 Oc 44/55. Schäfeldach

8.32 – 8.36, ♂=♀, über 55 Jahre. Verdacht auf eine Myotendopathia oder Ligamentopathia auf einem unbestimmbaren Langknochen. Schon eine niedrige Vergrößerung identifiziert jedoch die meisten Strukturen als postmortale Beschädigungen (rot). Nur eine Stelle ähnelt einer intravitalem Veränderung, möglicherweise einem Rest der postmortal zerstörten Neubildung. Diese Stelle lässt sich erst bei höherer Vergrößerung als postmortal identifizieren (gelb). Eine andere Stelle des selben Präparats weist scheinbare Spuren einer porösen Auflagerung (grün) auf, tatsächlich handelt es sich aber um postmortale Erosion (blau)

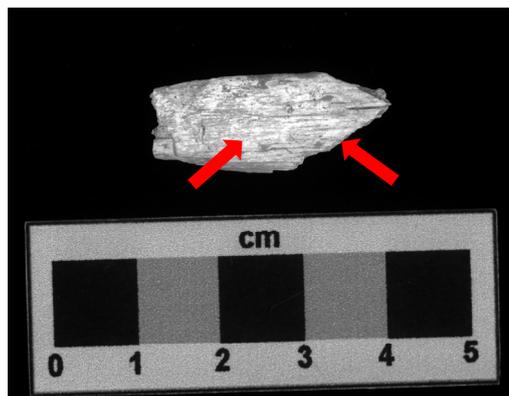


8.38 Oc 44/55. REM, 10x

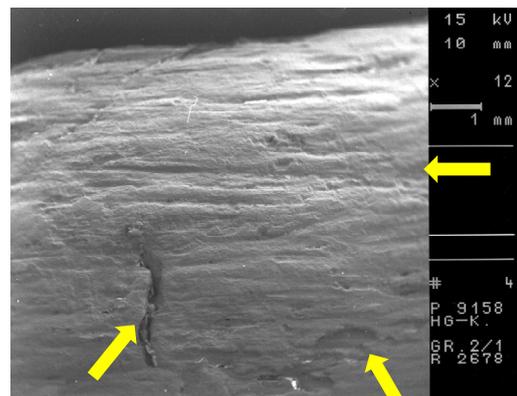


8.39 Oc 44/55. REM, 20x

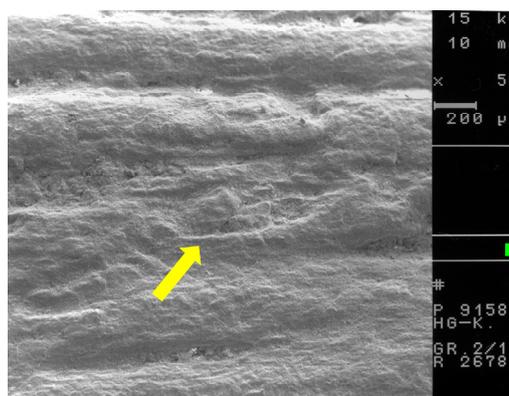
8.37 – 8.39, ♂=♀, über 55 Jahre. Eine flache Auflagerung auf der Lamina interna (rot) lässt sich im REM-Bild bestätigen, trotz Erosion (gelb) lassen sich intravital entstandene, mit der Oberfläche teilweise integrierte Ränder erkennen (grün)



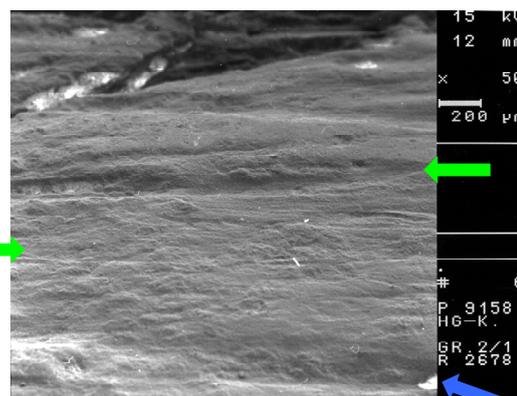
8.40 H-K Gr 2. Längsstreifung



8.41 H-K Gr 2. REM, 12x

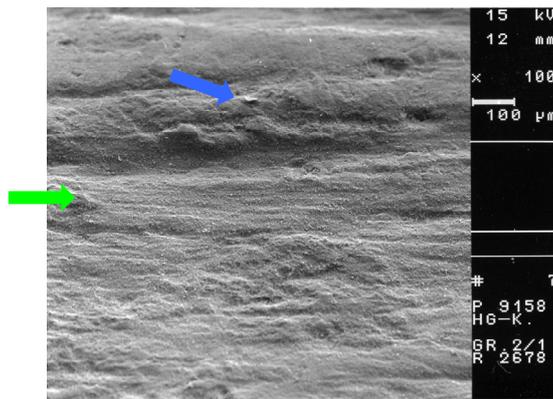


8.42 H-K Gr 2. REM, 50x

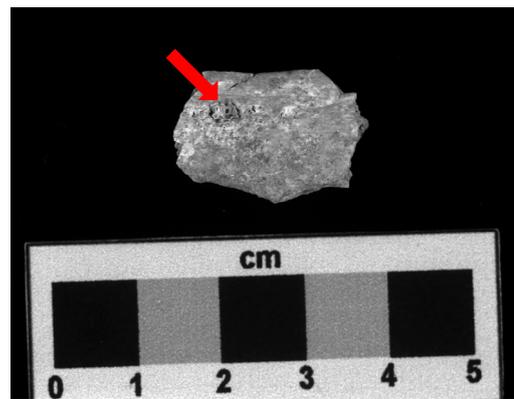


8.43 H-K Gr 2. REM, 50x

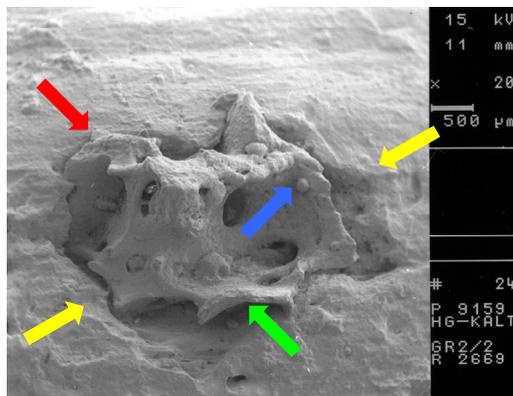
8.40 – 8.44, ♂≥♀, 20-35 Jahre. Verdacht auf Längsstreifung auf der Oberfläche (rot). Schon eine niedrige Vergrößerung identifiziert postmortale Erosion (gelb), Putzspuren (grün) und Versinterung (blau)



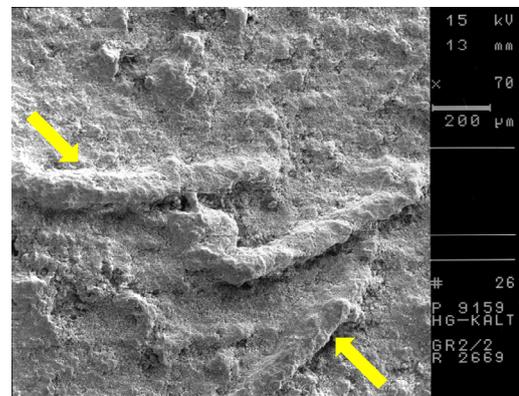
8.44 H-K Gr 2. REM, 100x



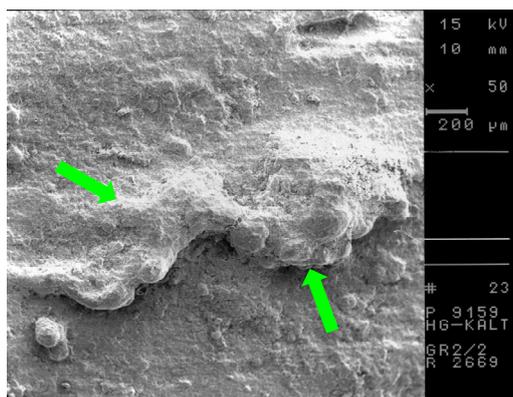
8.45 H-K Gr 2. Neubildung?



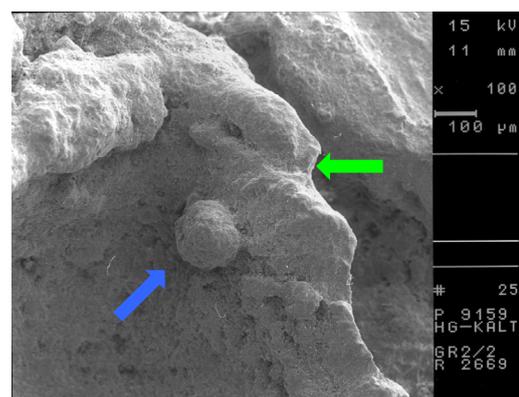
8.46 H-K Gr 2. REM, 20x



8.47 H-K Gr 2. REM, 70x

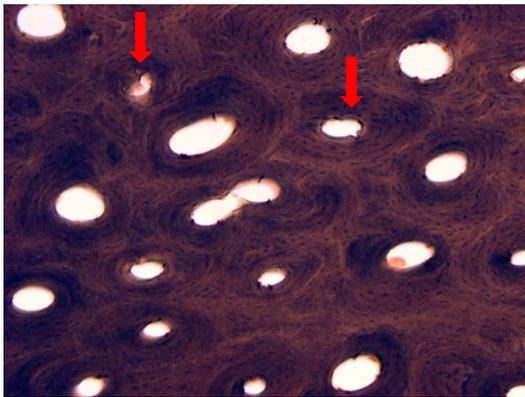


8.48 H-K Gr 2. REM, 50x

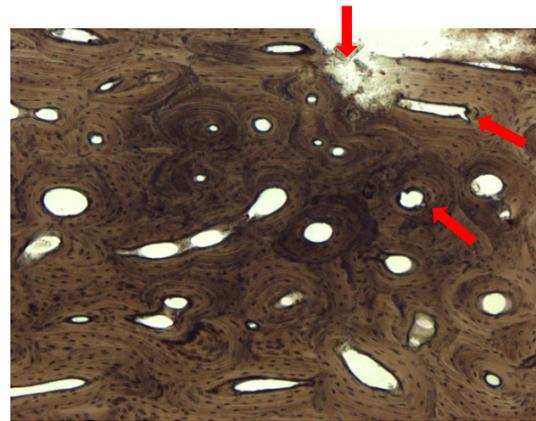


8.49 H-K Gr 2. REM, 100x

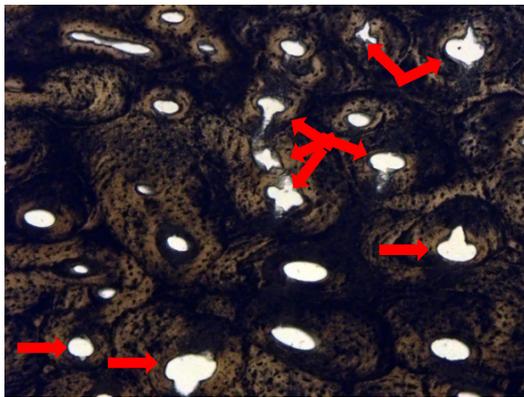
8.45 – 8.49, ♂≥♀, 20-35 Jahre. Verdacht auf eine unregelmäßige Neubildung auf der Knochenoberfläche (rot), schon bei einer schwächeren Vergrößerung ist zu erkennen, dass es sich um ein postmortales Artefakt handelt. In einer postmortal entstandenen (durch Hitze erodiert) Vertiefung mit stark erodierten Wänden (gelb) befindet sich ein ebenfalls erodiertes Spongiosafragment (grün). Das rundliche Objekt, das eine pathologische Neubildung vermuten ließ, ist tatsächlich eine Versinterung (blau)



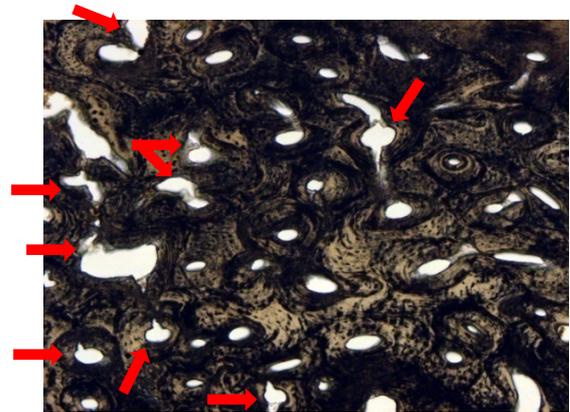
9.1.1 H-K Gr. 4, 100x, einfaches Durchlicht.  
Weniger als 5 hitzebedingte Risse im Sichtfeld (rot)



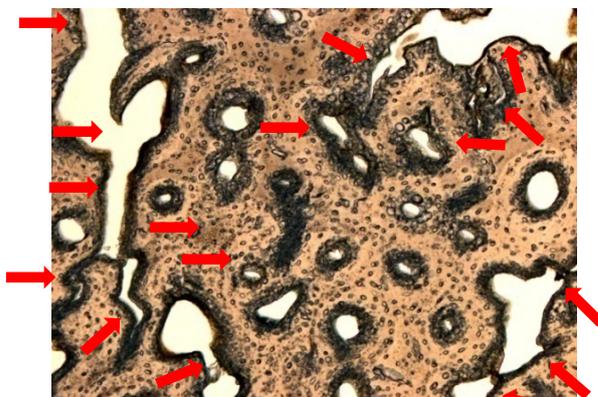
9.1.2 Ko 6, 100x, einfaches Durchlicht.  
Weniger als 5 hitzebedingte Risse im Sichtfeld (rot)



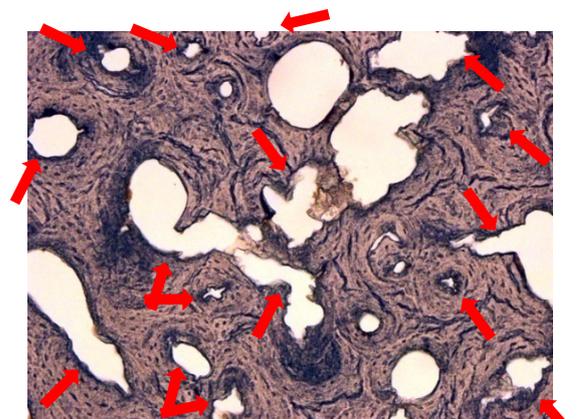
9.1.3 Oc 1b/53, 100x, einfaches Durchlicht.  
Viele Risse (6-15) im Sichtfeld (rot)



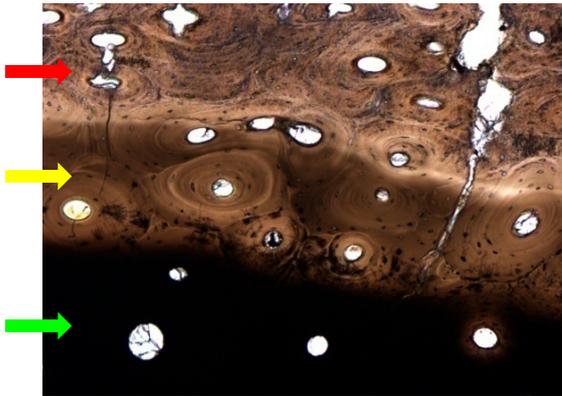
9.1.4 Oc 7/55, 100x, einfaches Durchlicht.  
Viele Risse (6-15) im Sichtfeld (rot)



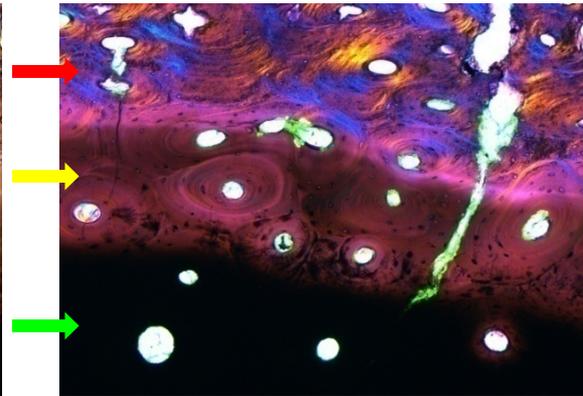
9.1.5 Oc 27/55, 100x, einfaches Durchlicht.  
Sehr viele Risse (mehr als 16 im Sichtfeld, rot)



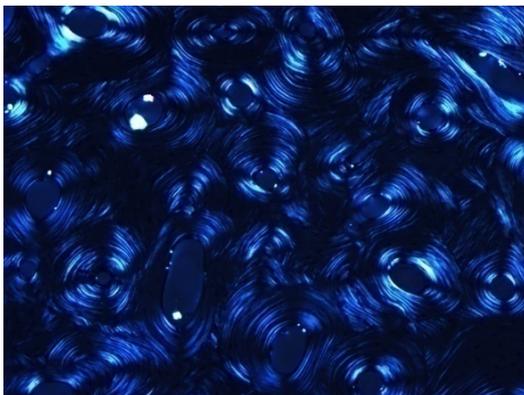
9.1.6 H-K Gr. 1, 100x, einfaches Durchlicht.  
Sehr viele Risse (mehr als 16 im Sichtfeld, rot)



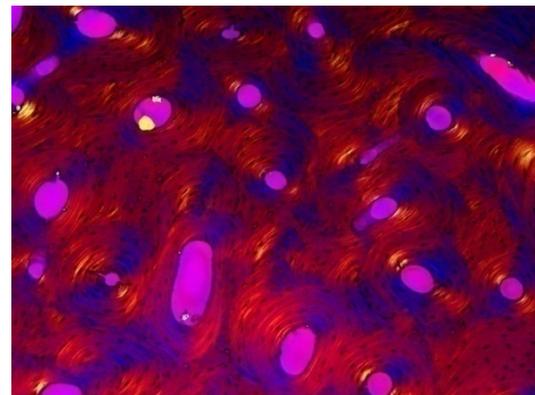
9.1.7 Ko 161, 100x, einfaches Durchlicht. Keine oder kaum Verfärbung (rot), schwache Spuren von Ruß (gelb) und starke Verfärbung (grün)



9.1.8 Ko 161, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Keine oder kaum Verfärbung (rot), schwache Spuren von Ruß (gelb) und starke Verfärbung (grün)



9.1.9 Ko 6, 100x, pol. Licht. Gut erhaltenes Kollagen (mind. 75%)



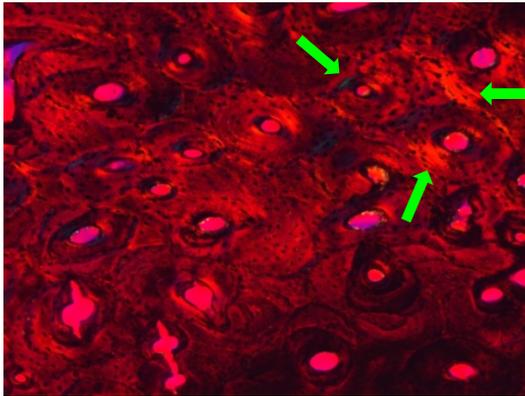
9.1.10 Ko 6, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Gut erhaltenes Kollagen (mind. 75%)



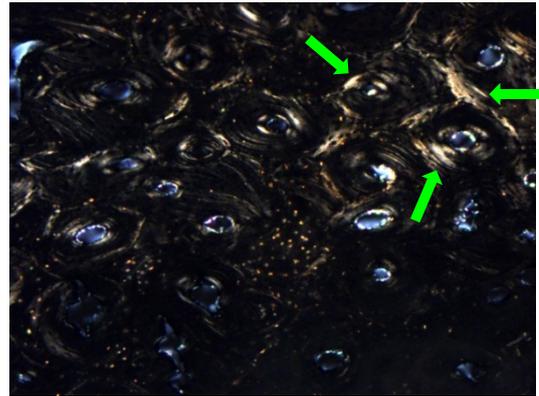
9.1.11 Oc 7/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Fragmentarisch erhaltenes Kollagen (30-70%)



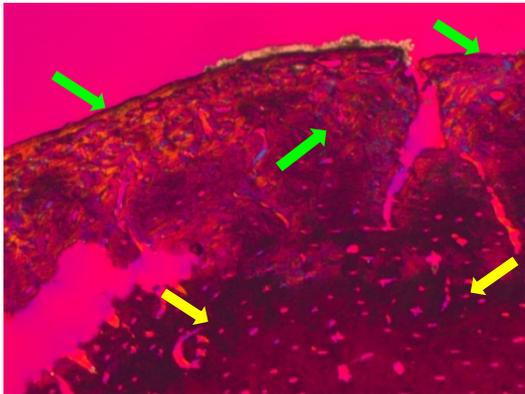
9.1.12 Oc 7/55, 25x, pol. Licht. Fragmentarisch erhaltenes Kollagen (30-70%)



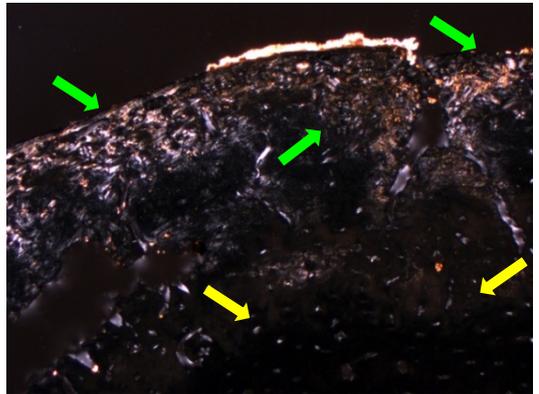
9.1.13 Oc 1a/53, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Kaum erhaltenes Kollagen (unter 30%, grün)



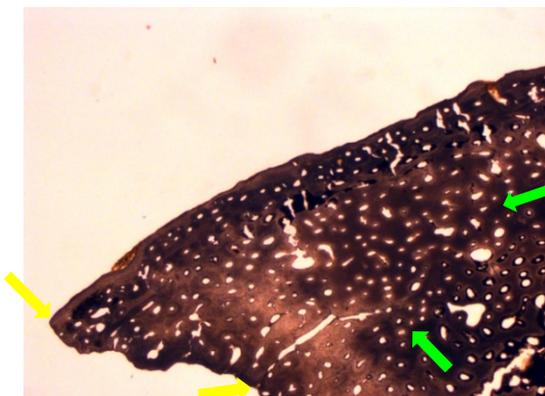
9.1.14 Oc 1a/53, 100x, pol. Licht. Kaum erhaltenes Kollagen (unter 30%, grün)



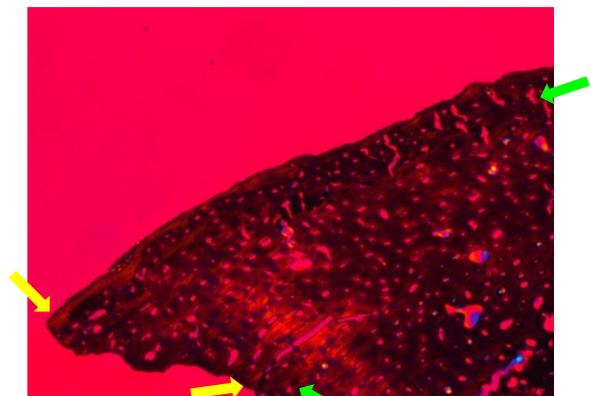
9.1.15 Oc 1b/53, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Gut erhaltenes Kollagen in der oberflächennahen Schicht (grün), kaum oder gar kein Kollagen in tieferen Bereichen (gelb)



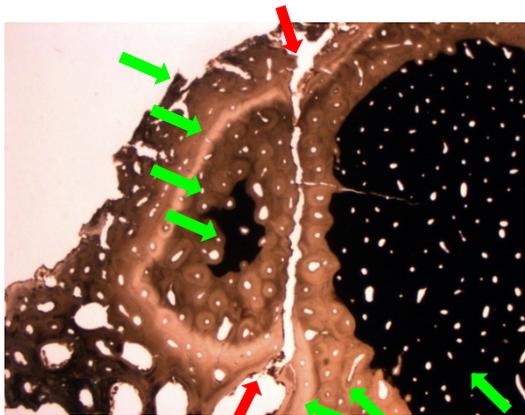
9.1.16 Oc 1b/53, 25x, pol. Licht. Gut erhaltenes Kollagen in der oberflächennahen Schicht (grün), kaum oder gar kein Kollagen in tieferen Bereichen (gelb)



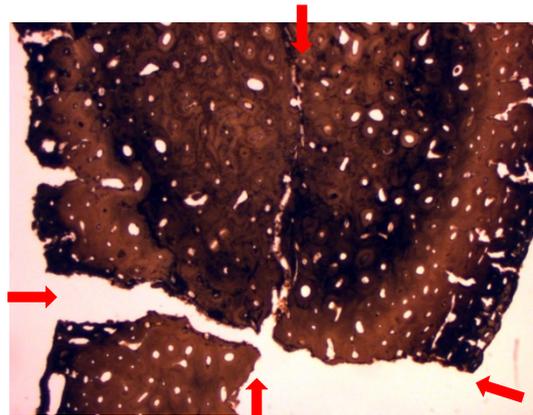
9.1.17 H-K (Gr. 4?), 25x, einfaches Durchlicht. Durch die Hitze entstandener Riss (gelb), gleichmäßige Verfärbung des Fragments durch lange Exposition der Hitze (grün)



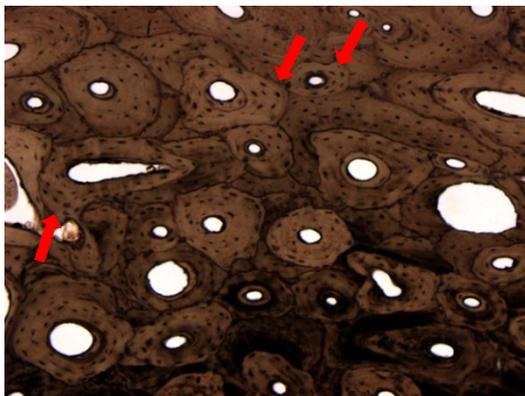
9.1.18 H-K (Gr. 4?), 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Durch die Hitze entstandener Riss (gelb) weist ein ähnliches Verfärbungsmuster wie die originelle Oberfläche (grün)



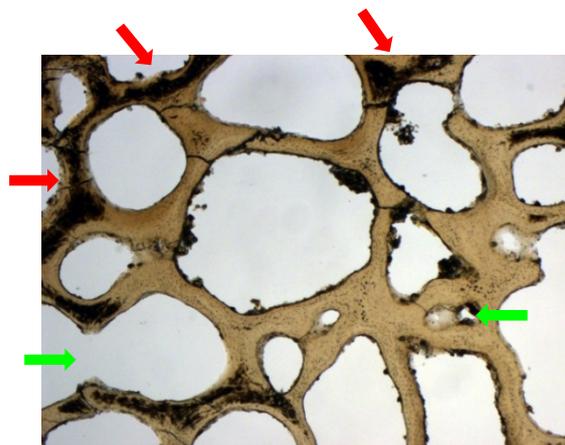
9.1.19 Oc 3/55, 16x, einfaches Durchlicht. Hitzebedingte Risse, durch die die Hitze zog (rot). Mehrere Schichten der Verfärbung (grün)



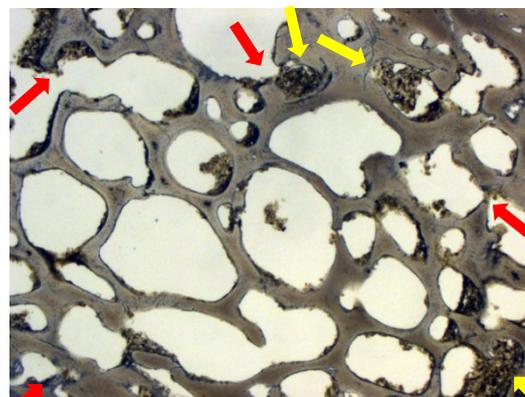
9.1.20 Oc A/55, 16x, einfaches Durchlicht. Hitzebedingte Risse (rot)



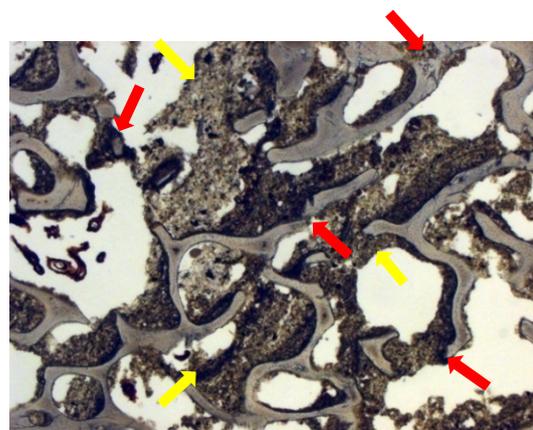
9.1.21 Si 10, 100x, einfaches Durchlicht. Sichtbar vergrößerte, leicht an einander geschrumpfte Abstände der Osteozytenlakunen (Beispiele: rot)



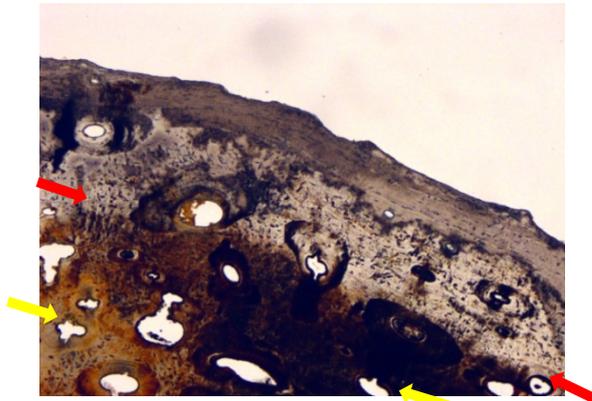
9.1.22 Oc 7/55, 25x, einfaches Durchlicht. Minimaler Einfluss der Verbrennung (Verfärbung: rot, Risse: grün)



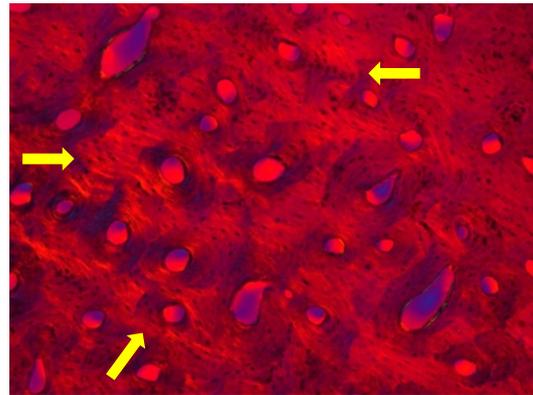
9.1.23 H-K (Gr. 2), 25x, einfaches Durchlicht. Wenige hitzebedingte Risse (rot), wenige Erdeinlagerungen (gelb)



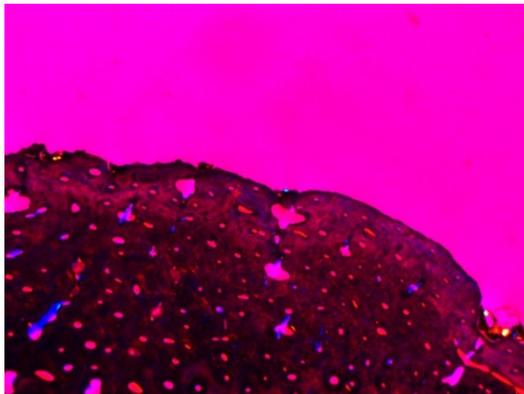
9.1.24 H-K (Gr. 2), 25x, einfaches Durchlicht. Mehr Risse an einer anderen Stelle desselben Präparats (rot), Erdeinlagerungen (gelb)



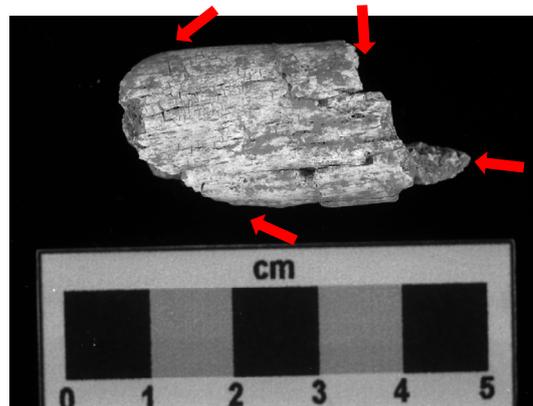
9.1.25 H-K Gr. 2, 100x, einfaches Durchlicht. Die Oberfläche nahezu Verfärbungsfrei (rot), Spuren der hitzebedingten Verfärbung in tieferen Schichten (gelb)



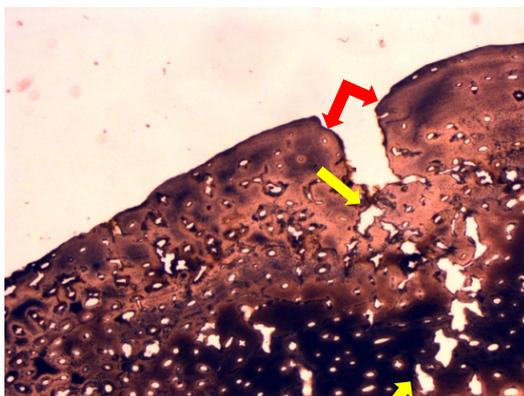
9.1.26 Si 36, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Gut sichtbares Kollagen (gelb) in einem Fragment mit wenig Verfärbung



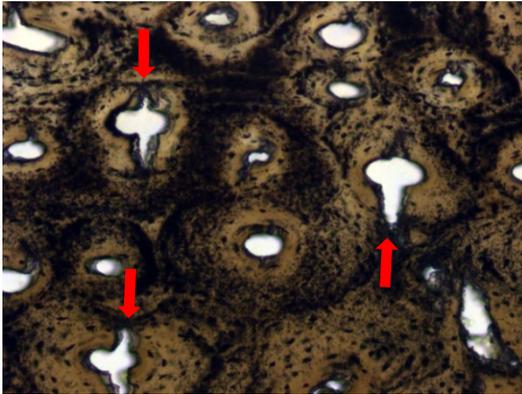
9.1.27 Si Y, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Kaum sichtbares Kollagen durch starke Rußverfärbung



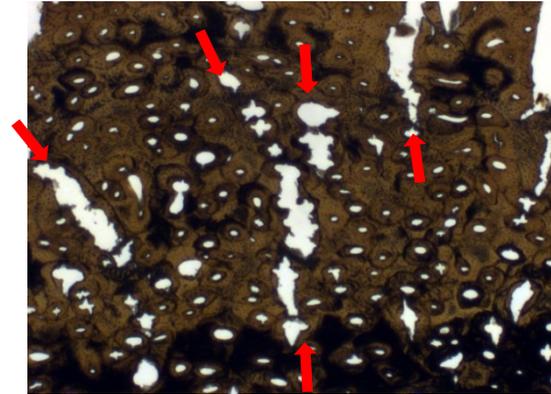
9.1.28 H-K Gr. 5. Typischer, ovaler oder parabolischer Verlauf der hitzebedingten Risse (rot)



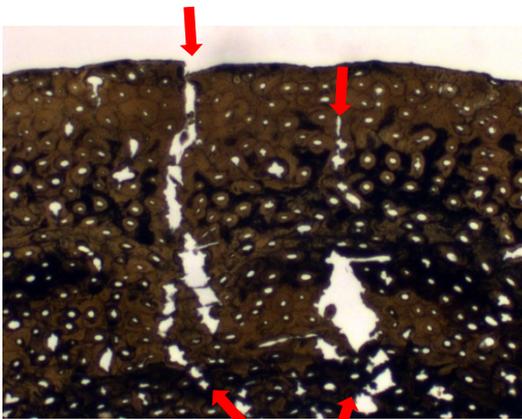
9.1.29 H-K (Gr. 2), 25x, einfaches Durchlicht. Ein breiter Riss auf der Oberfläche (rot), durch hitzebedingte Spannung aus der Tiefe. Kleinere Risse der Osteone (gelb)



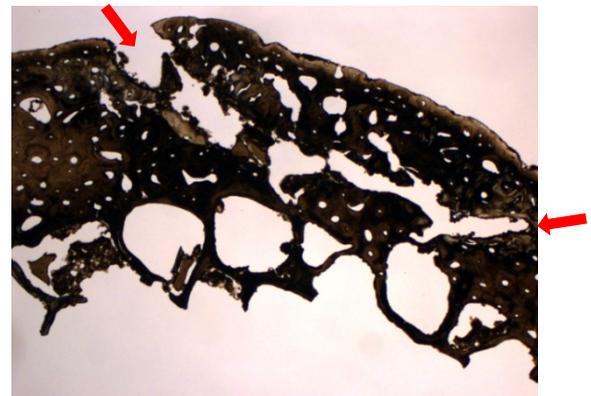
9.1.30 Oc 1c/53, 160x, einfaches Durchlicht.  
Typische hitzebedingte Risse (rot)



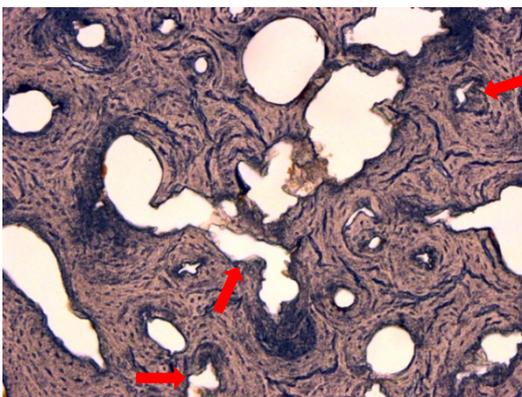
9.1.31 Oc 1c/53, 40x, einfaches Durchlicht.  
Die Risse verlängern und verbinden sich (rot)



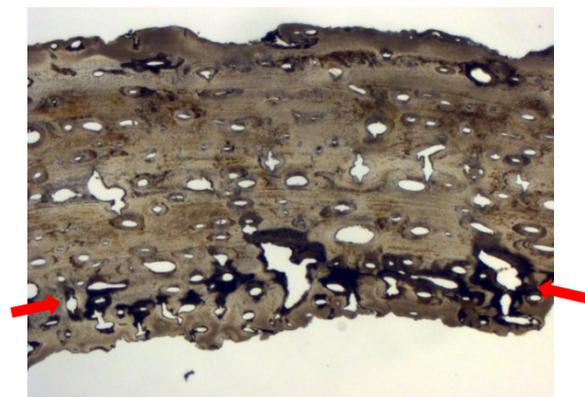
9.1.32 Oc 1c/53, 25x, einfaches Durchlicht.  
Die Risse erreichen die Oberfläche (rot) und führen zum Zerfall des Fragments



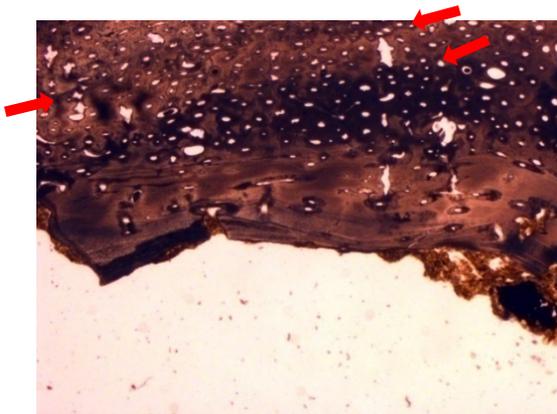
9.1.33 Oc 43/55 - 1 hum - 1, 16x, einfaches Durchlicht.  
Ungewöhnlicher Verlauf der Risse (rot), parallel zur Oberfläche



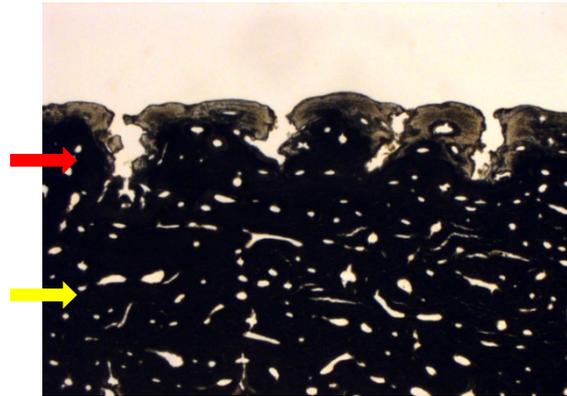
9.1.34 H-K Gr. 1, 100x, einfaches Durchlicht.  
Deformation der hitzebedingt zerplatzten Osteone (rot)



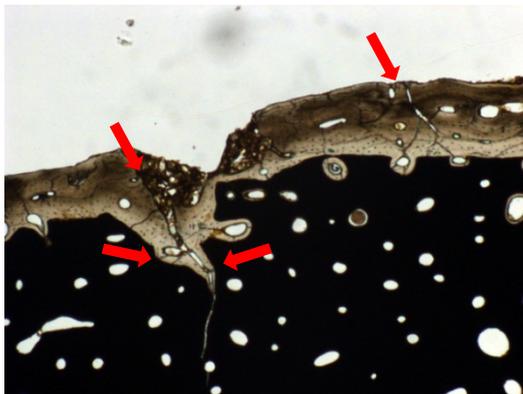
9.1.35 Si 14, 25x, einfaches Durchlicht.  
Vermehrte Anzahl der Risse auf der endostalen Oberfläche (rot)



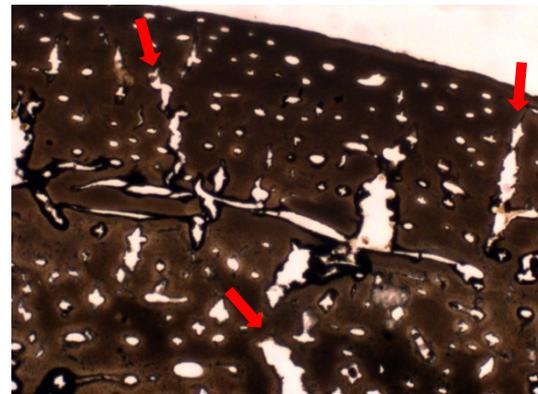
9.1.36 H-K (Gr. 2), 25x, einfaches Durchlicht. Fließende Übergänge zwischen verschiedenen Verfärbungsschichten (rot)



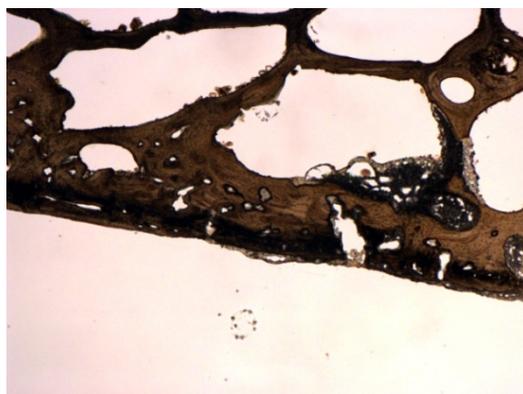
9.1.37 Oc A/55, 25x, einfaches Durchlicht. Sehr viele Risse auf der Oberfläche (rot), wenige Risse in der Tiefe (gelb)



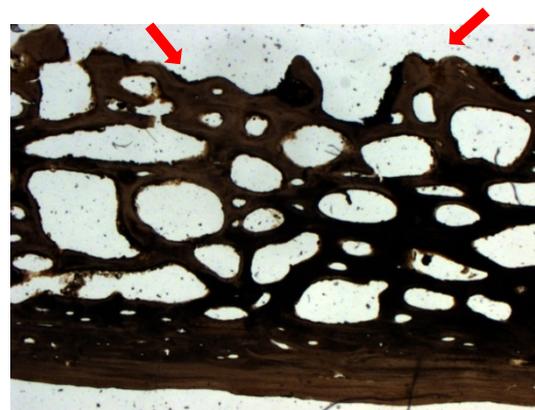
9.1.38 Oc 41/55, 40x, einfaches Durchlicht. Weggebrannter Ruß entlang der Risse (rot)



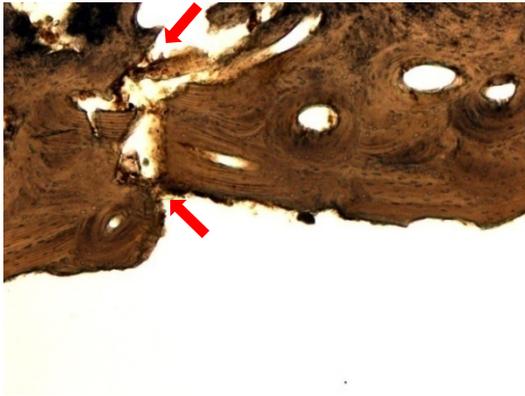
9.1.39 H-K Gr. 3, 40x, einfaches Durchlicht. Hitzebedingte Risse, die die Verfärbung des nahen Gewebes nicht beeinflussten (rot)



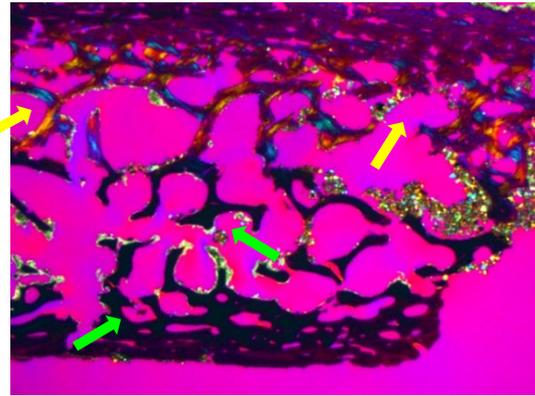
9.1.40 Oc 25/55, 25x, einfaches Durchlicht. Das ursprünglich vermutete Schädeldach erweist sich als Fragment eines flachen Knochens, wohl Becken



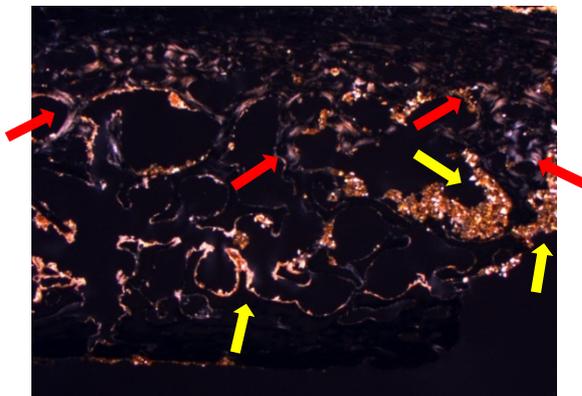
9.1.41 Bi 1, 25x, einfaches Durchlicht. Das Schädeldach ist in der Diploë durchtrennt, Bruchstelle (rot) ist hitzebedingt erodiert



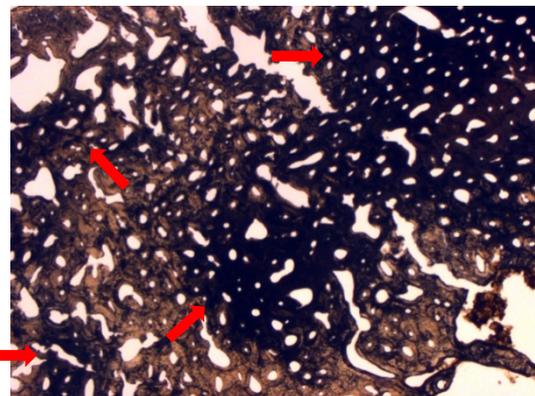
9.1.42 Oc 25/55, 100x, einfaches Durchlicht. Die Risse (rot) ähneln denen an den Langknochen



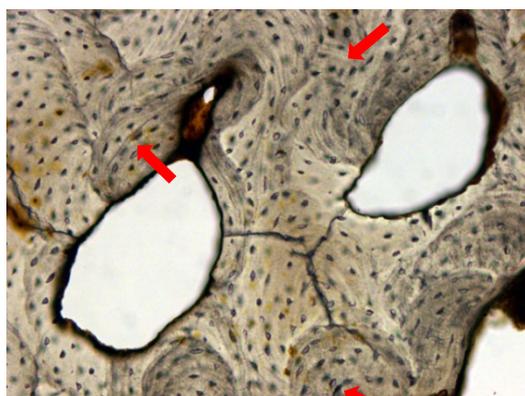
9.1.43 Oc 1/55, 16x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Die Reste der Verfärbung (grün) und des Kollagens (gelb)



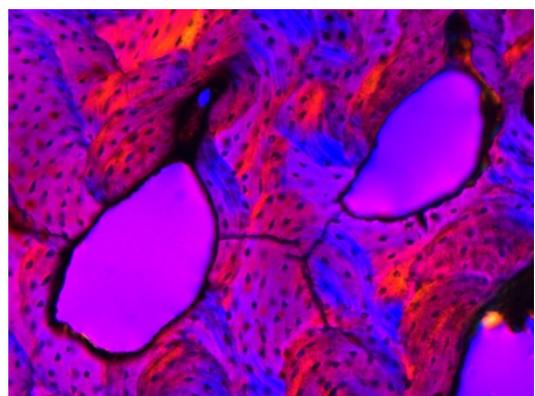
9.1.44 Oc 1/55, 16x, pol. Licht. Reste des Kollagens (rot) und eingelagerte Erde (gelb)



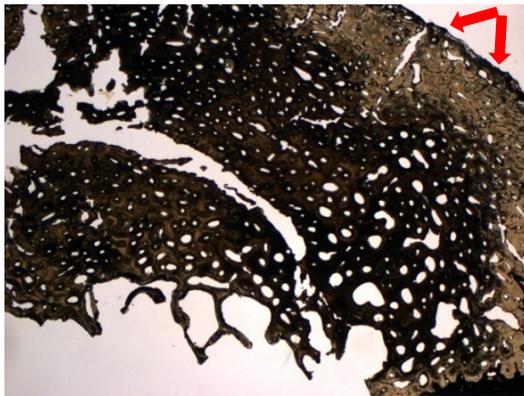
9.1.45 Oc 7/55, 25x, einfaches Durchlicht. Kleinere, zum Großteil begrenzte „Insel“ der Verfärbung (rot)



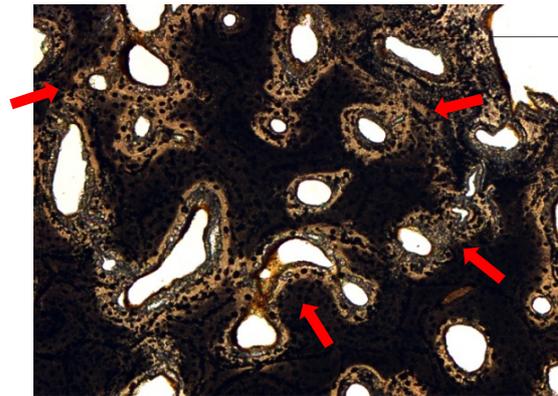
9.1.46 Mo 1, 200x, einfaches Durchlicht. Ein Knochenfragment, das nahezu völlig Verfärbungsfrei ist, kleine Abstände der Osteozyten (Beispiele: rot)



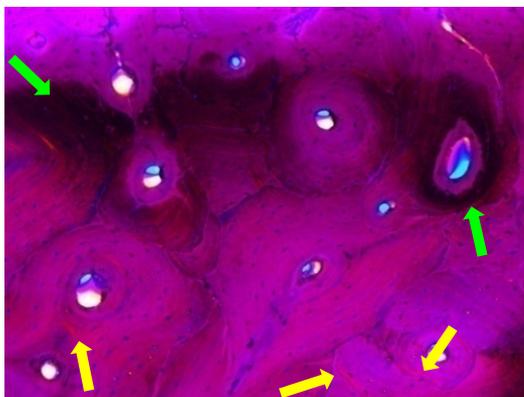
9.1.47 Mo 1, 200x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. In dem Fragment ohne Verfärbung lässt sich Kollagen sehr gut erkennen



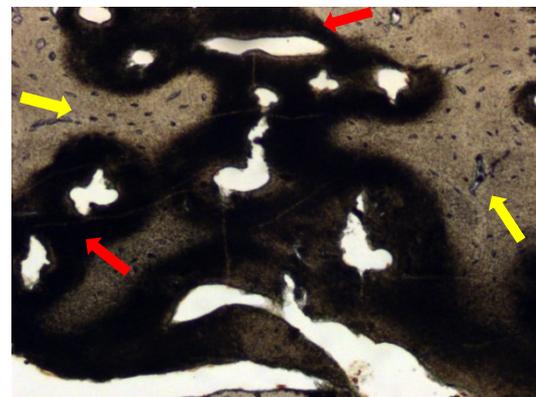
9.1.48 Oc 33/55, 16x, einfaches Durchlicht. Eine dünne Schicht der Verfärbung direkt auf oder unter der Oberfläche (rot)



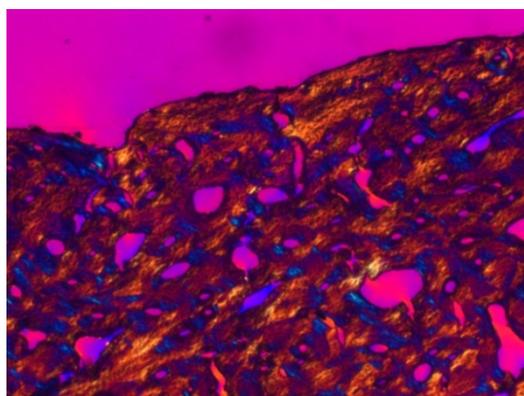
9.1.49 Oc 17/55, 100x, einfaches Durchlicht. Verfärbungsfreie Zone um die Osteone (Beispiele: rot)



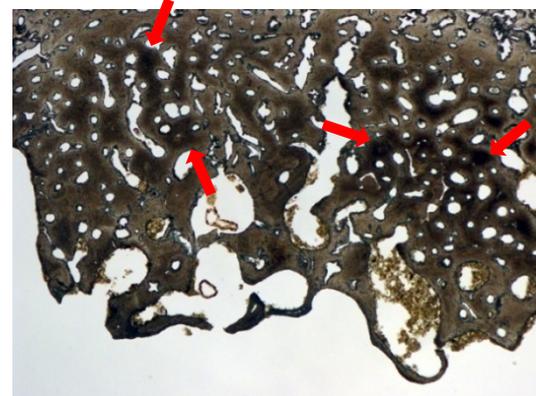
9.1.50 Oc 39/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Erhaltene Schichten des Kollagens in den Zementlinien (gelb), Reste der Verfärbung um die Osteone herum (grün)



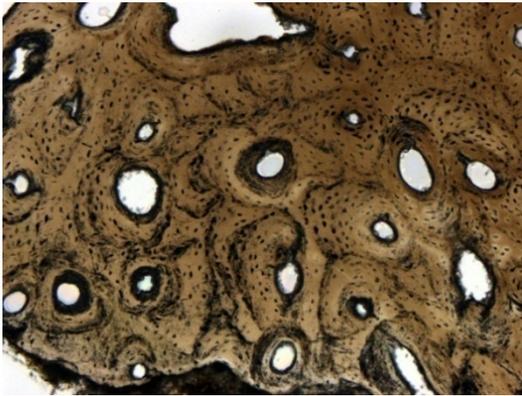
9.1.51 H-K Gr. 3, 160x, einfaches Durchlicht. Die Verfärbung um die Osteone herum ist präsent (rot), dagegen ist die Knochenmatrix weitgehend frei (gelb)



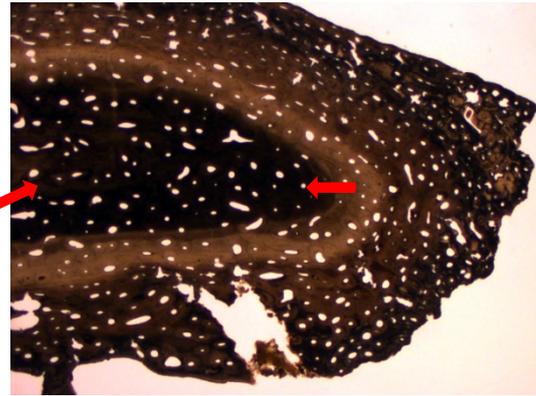
9.1.52 Oc 6/55, 40x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Trotz einer starken Verbrennung (St. V) ist das Kollagen sehr gut erhalten



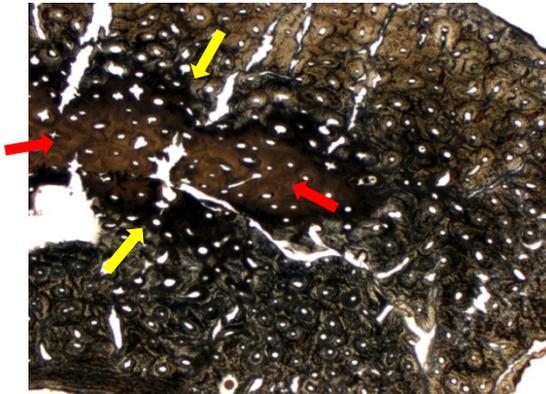
9.1.53 H-K Gr. 6, 25x, einfaches Durchlicht. Inselweise erhaltene Verfärbung (rot) in einem stark verbranntem (St. V) Fragment



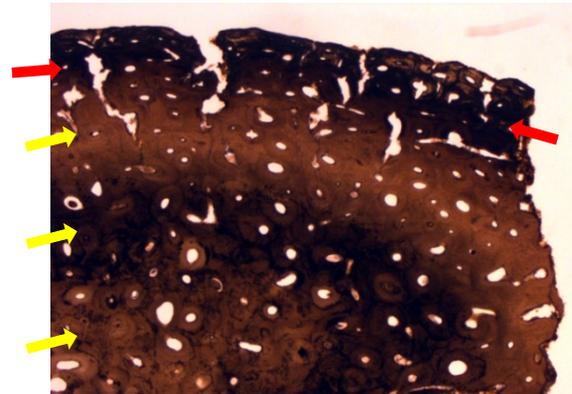
9.1.54 Oc 5/53, 100x, einfaches Durchlicht. Trotz einer schwachen Verbrennung nahezu keine Reste der Verfärbung



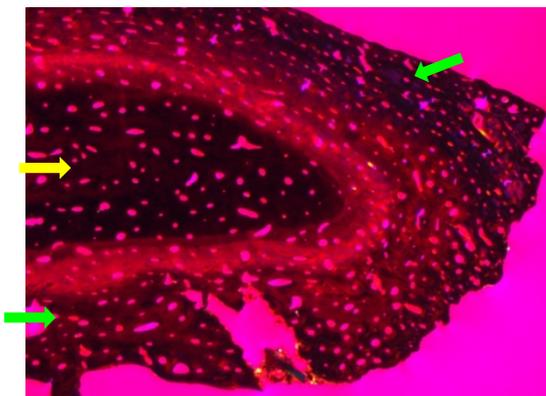
9.1.55 Oc 40/55, 25x, einfaches Durchlicht. Ein „Kern“ der erhaltenen Verfärbung (rot)



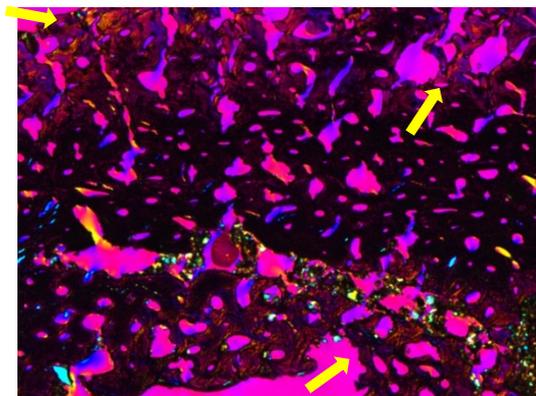
9.1.56 Oc 8b/53, 25x, einfaches Durchlicht. Verfärbungsfreies Zentrum (rot) umgeben von einer markanten „Grenze“ (gelb)



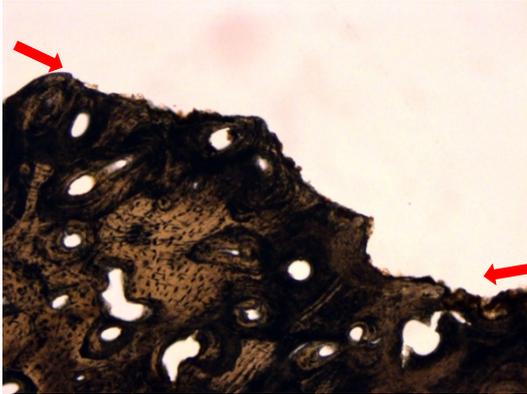
9.1.57 Oc A/55, 25x, einfaches Durchlicht. Schicht starker Verfärbung direkt unter der Oberfläche (rot), weitere Schichten tiefer (gelb)



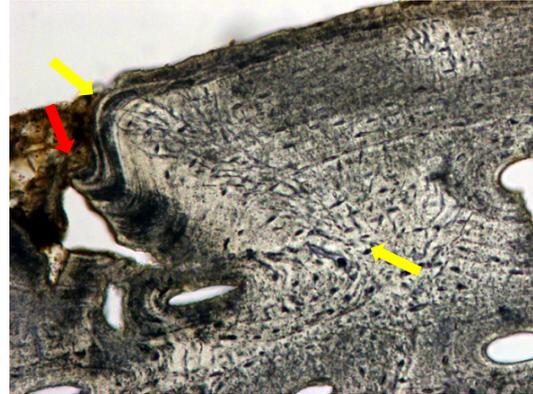
9.1.58 Oc 40/55, 16x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Kein Kollagen in der Mitte (gelb), weiter zur Oberfläche hin fragmentarisch erhalten (grün)



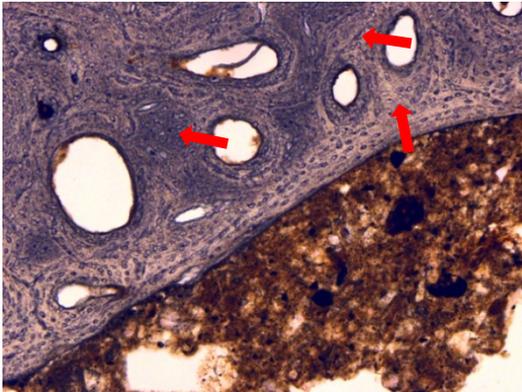
9.1.59 Oc 17/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Sehr starke Verbrennung, Kollagen dennoch stellenweise vorhanden (gelb)



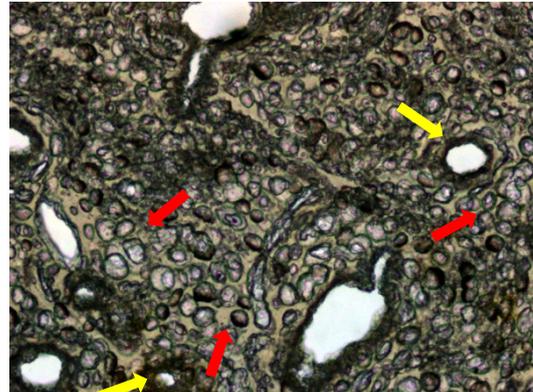
9.1.60 Oc 40/55, 100x, einfaches Durchlicht. Starke Hitzeerosion der Knochenoberfläche (rot)



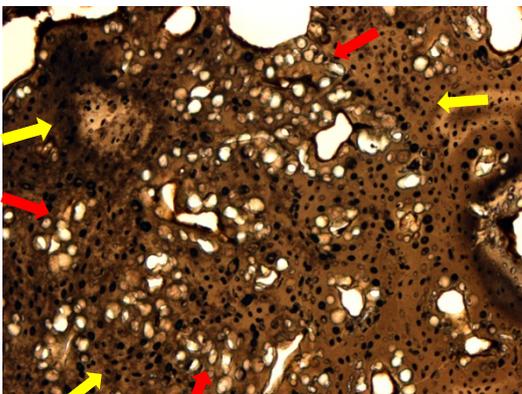
9.1.61 Oc 15/55, 200x, einfaches Durchlicht. Eine als Eintriefung (rot) erscheinende Struktur ist durch Mikrorisse (gelb) als postmortal zu identifizieren



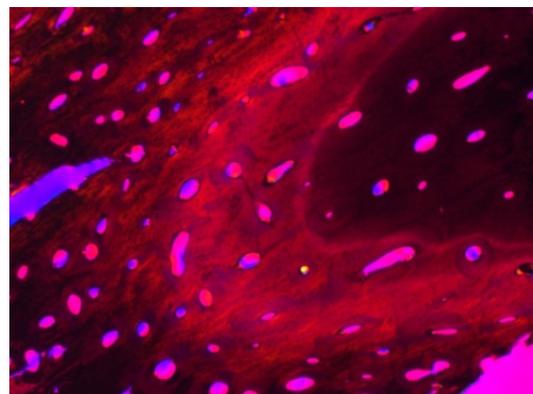
9.1.62 H-K Gr. 1, 100x, einfaches Durchlicht. Vergrößerte Osteozytenlakunen sind in Form kleiner „Bläschen“ sichtbar (Beispiele: rot)



9.1.63 Oc 6/55, 160x, Oc 1c-53, 160x einfaches Durchlicht. Vergrößerte Osteozytenlakunen, sog. „Blasen“ (Beispiele: rot), Vergleich: Osteonenkanäle (gelb)



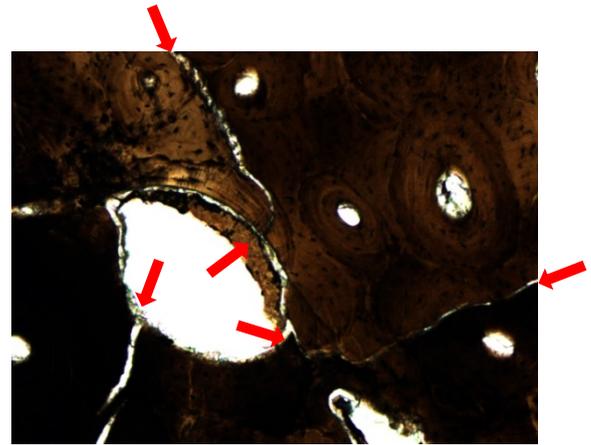
9.1.64 Si 26, 100x, einfaches Durchlicht. Sehr stark vergrößerte Osteozytenlakunen an wenigen Stellen („Blasen“, rot), die restlichen sind nur leicht vergrößert (gelb)



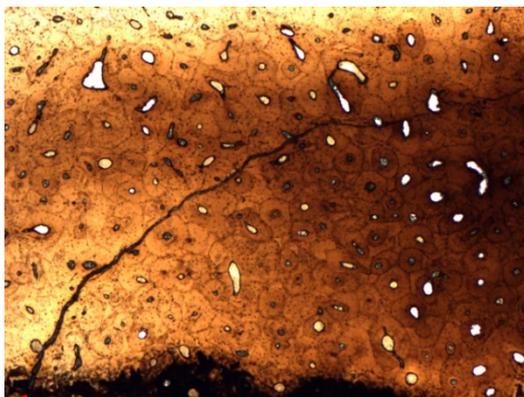
9.1.65 Oc 40/55, 40x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Unterschiedliche Erhaltung durch Hitzestauung mit scharfen Grenzen zwischen den Zonen



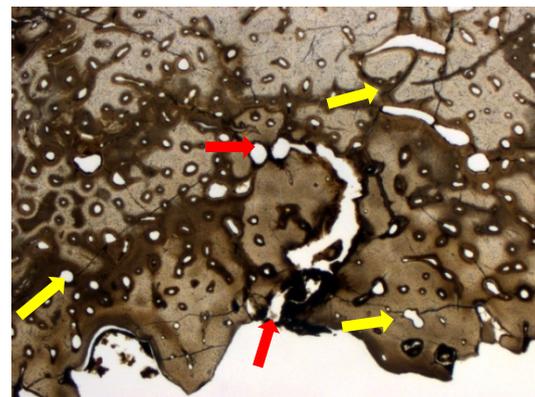
9.1.66 Oc 29a/55, 16x, einfaches Durchlicht. Der Bruchrand des Fragments (rot) ist von Hitze weniger beschädigt, als die Oberfläche (grün). Dieser Bruch entstand nach der Verbrennung



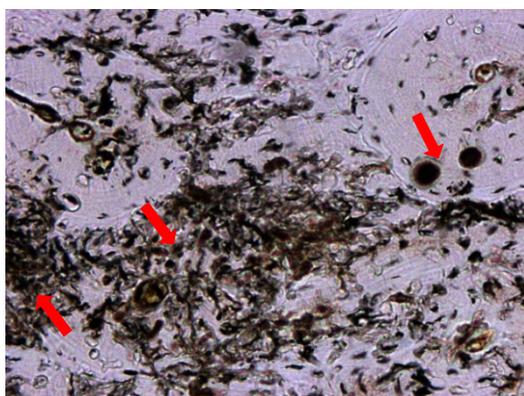
9.1.67 Ko 161, 100x, einfaches Durchlicht. Leichte Verschiebung der bodenlagerungsbedingten Risse (rot), wohl durch Druck der Erde



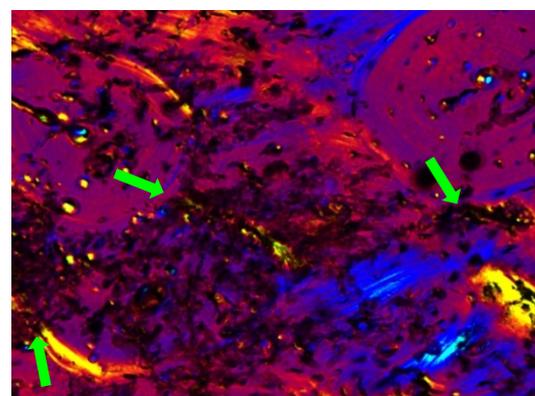
9.1.68 Oc 25/55, 200x, einfaches Durchlicht. Typischer bodenlagerungsbedingter Riss (rot), nicht deformiert



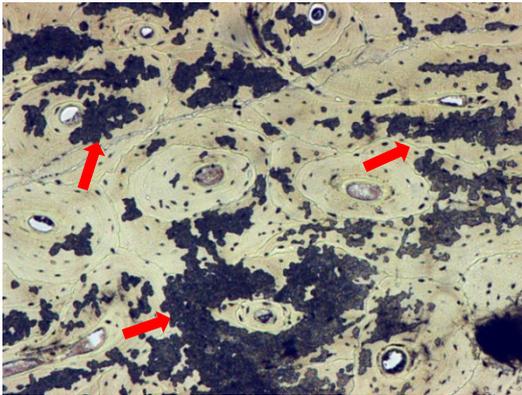
9.1.69 Oc 6/55, 100x, einfaches Durchlicht. Hitzebedingter Riss (rot) im Vergleich mit einem bodenlagerungsbedingten Riss (gelb)



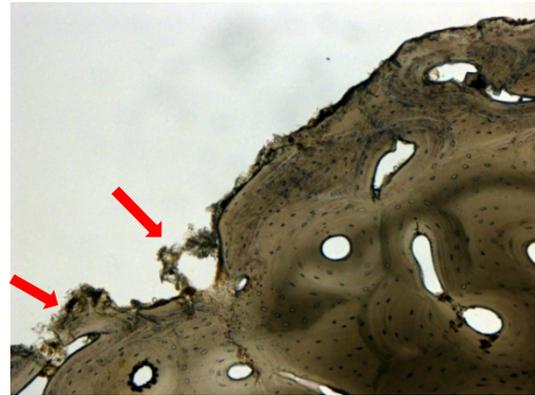
9.1.70 Si X, 200x, einfaches Durchlicht. Vermutlich Spuren von Pilzwachstum (rot)



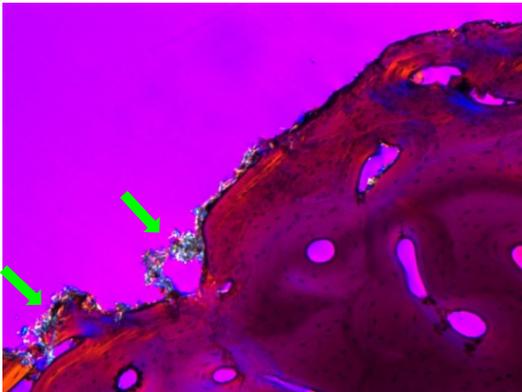
9.1.71 Si X, 200x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Beschädigung des Kollagens durch Pilzwachstum (grün)



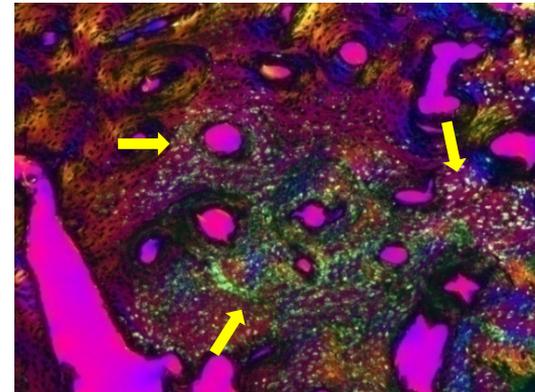
9.1.72 ZB D5(10) K40 Ib Femur A, 100x, einfaches Durchlicht. Bodenlagerungsbedingte Beschädigung (Bakterien?, rot)



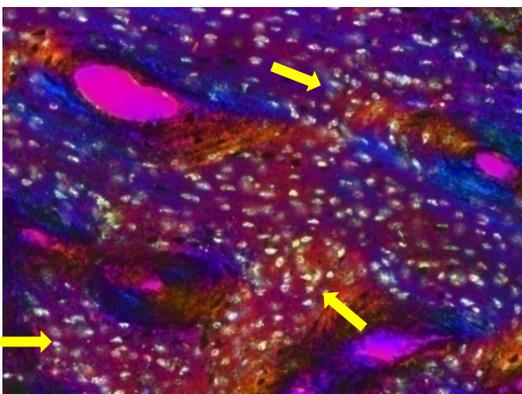
9.1.73 Oc 31/55, 100x, einfaches Durchlicht. Schicht von Sandkristallen oder Erde auf der Oberfläche (rot)



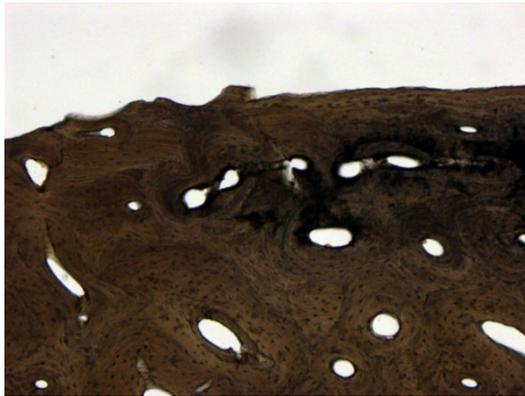
9.1.74 Oc 31/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Die Kristalle sind deutlich besser sichtbar in polarisiertem Licht (grün)



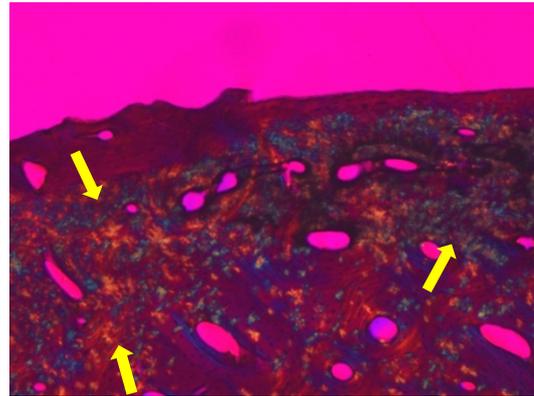
9.1.75 Oc 5/53, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Viele der Osteozytenlakunen (gelb) sind verfüllt mit eingelagerten Kristallen



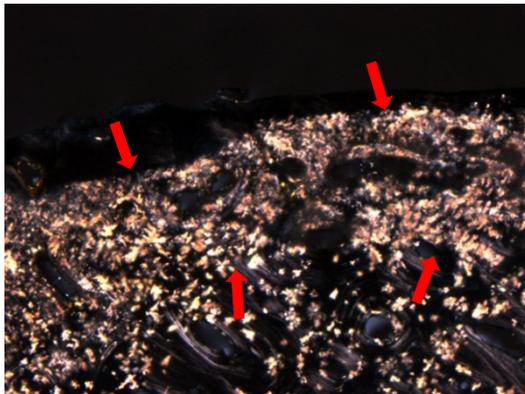
9.1.76 Oc 5/53, 200x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Osteozytenlakunen mit Kristallverfüllung (Beispiele: gelb)



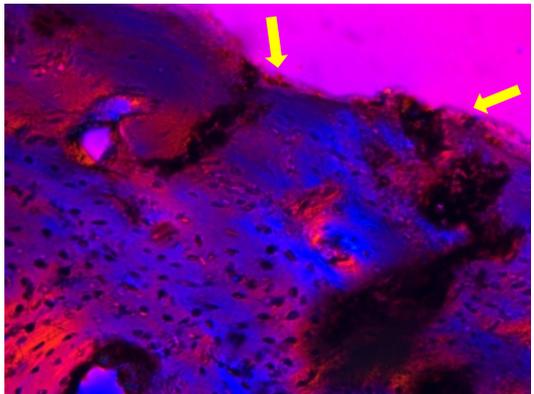
9.1.77 Oc 7a/53, 100x, einfaches Durchlicht. Das Knochenfragment ist in einfachem Durchlicht unauffällig



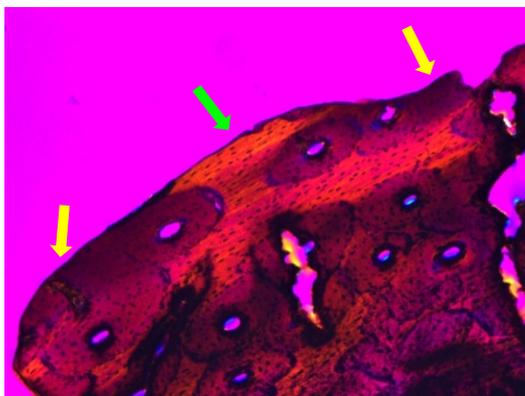
9.1.78 Oc 7a/53, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Im polaris. Im Licht mit Hilfsobjekt werden die Kristalle (gelb) als blaue oder orange Stellen dargestellt



9.1.79 Oc 7a/53, 100x, pol. Licht. In polarisiertem Licht zeigt sich massive Durchsetzung des Gewebes (rot), unsichtbar bei anderer Belichtung



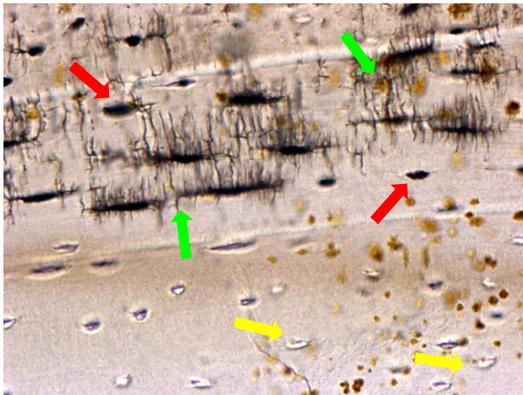
9.1.80 Si 14, 200x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Erosierte Oberfläche (gelb), z.B. im Folge der Wassererosion



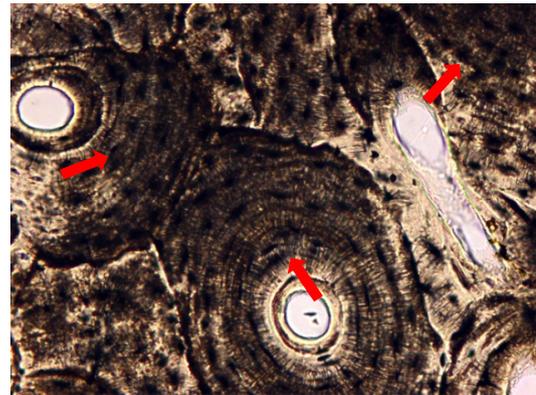
9.1.81 Si 26, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Trotz der Erosion der Oberfläche (gelb) lässt sich ein Rest der Generallamelle feststellen (grün)



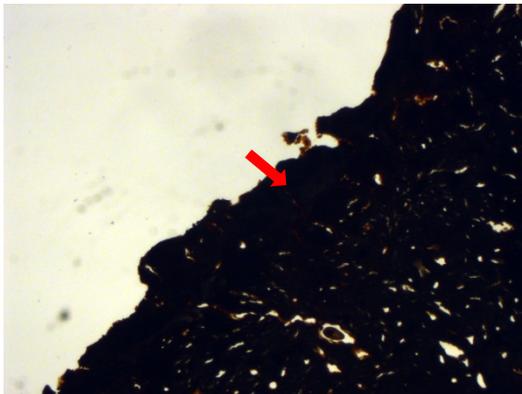
9.1.82 Oc 16/55, 16x, einfaches Durchlicht. Klebstoff (Holzleim Ponal, rot) in einem bodenlagerungsbedingten Riss



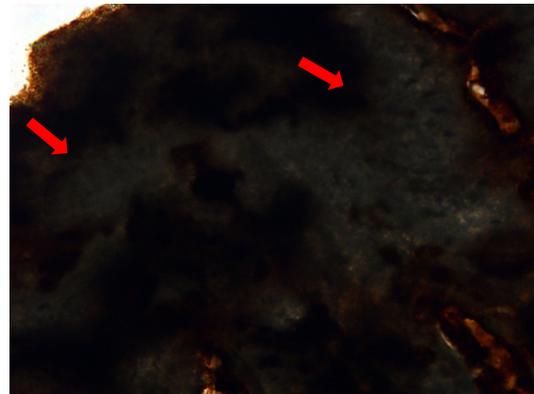
9.1.83 Oc 4/55, 400x, einfaches Durchlicht. Mit Luft (rot) und mit Kunststoff (gelb) verfüllte Lakunen, stellenweise die Canaliculi (grün) sichtbar



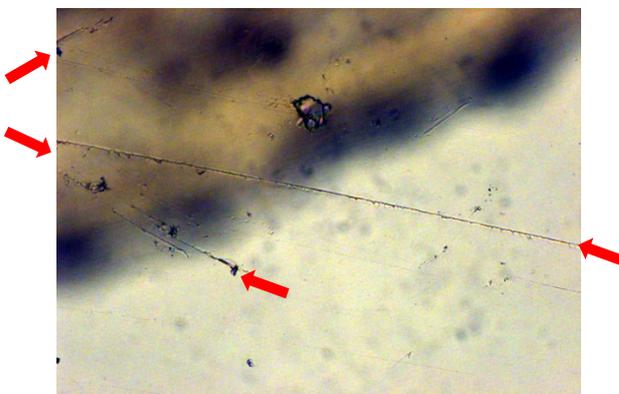
9.1.84 ZB D5(10) K40 Ib Femur B, 200x, einfaches Durchlicht. Die mit Luft verfüllten Canaliculi (Beispiele: rot) täuschen eine dunkle Verfärbung vor



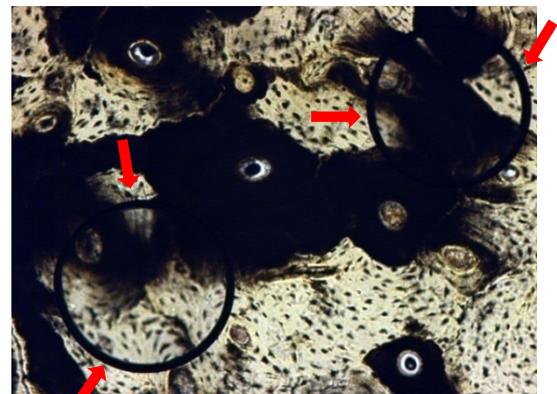
9.1.85 Oer II, 1+6, 25x, einfaches Durchlicht. Stark verfarbtes Fragment, eine Stelle (rot) unterschiedlich gestaltet



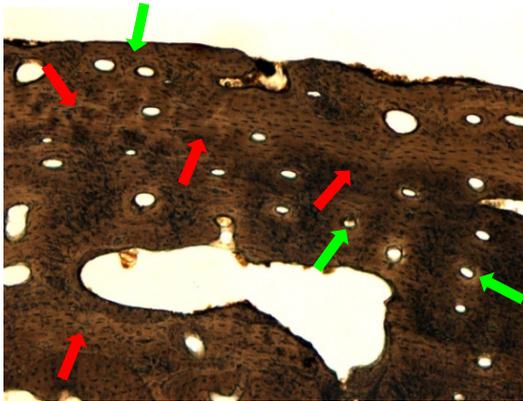
9.1.86 Oer II, 1+6, 200x, einfaches Durchlicht. Eine höhere Vergrößerung dieser Stelle (rot) zeigt eine verschwommene, dunkelgräuliche Verfärbung durch Luftblasen



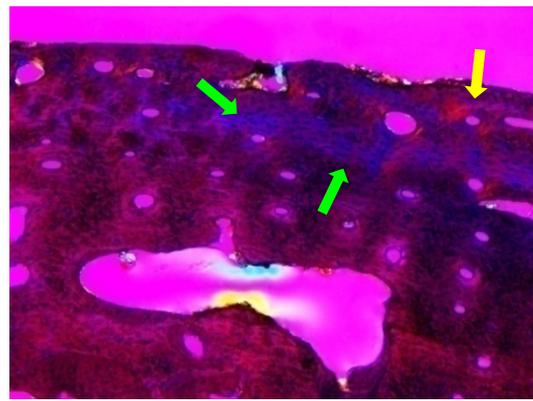
9.1.87 ZB 2000 D5(10) K40 Ib, 100x, einfaches Durchlicht. Kratzer (rot) auf der Oberfläche des Schliffes. Kratzer befinden sich oberhalb der Ebene des Objekts und somit beeinträchtigen sie die Sicht nur minimal



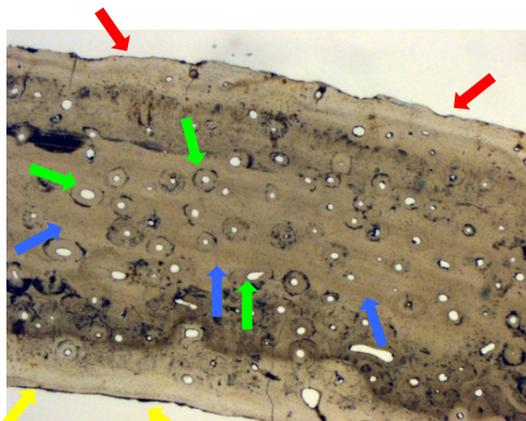
9.1.88 ZB D5(10) K40 Ib Femur A, 100x, einfaches Durchlicht. Luftblasen unter dem Deckglass sind als schwarze Kreise erkennbar (rot)



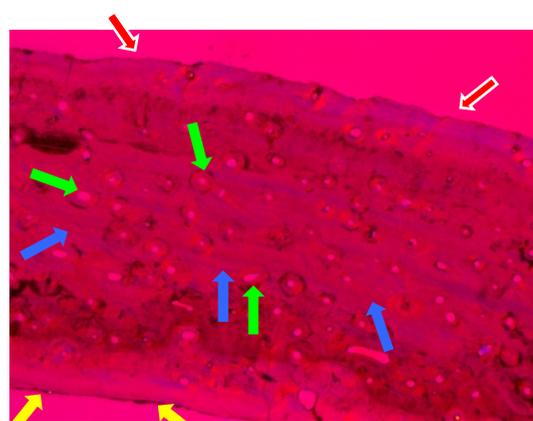
9.2.1 Oc 37/55, 100x, einfaches Durchlicht. Das primäre Knochengewebe (rot) mit zahlreichen Nichthaversschen Systemen (grün)



9.2.2 Oc 37/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Unorganisierte Kollagenstruktur (grün) des primären Knochengewebes, primäres Osteon (gelb)

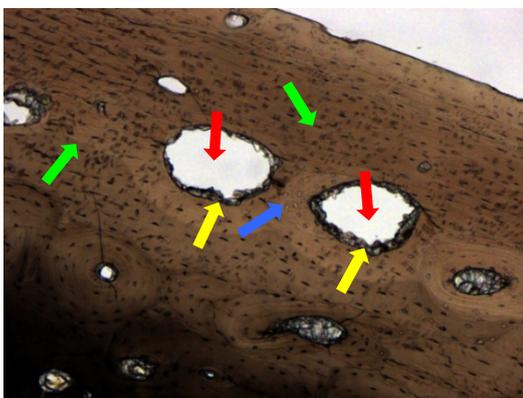


9.2.3 Oc 4/55, 25x, einfaches Durchlicht.

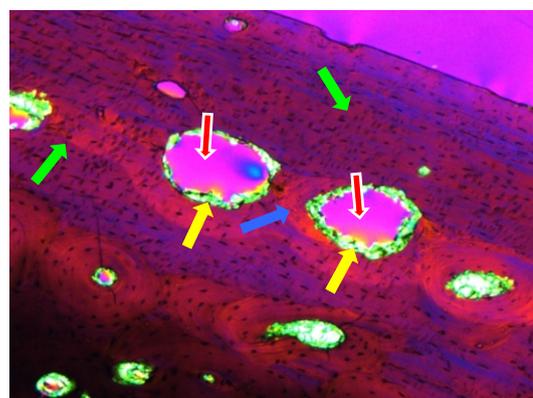


9.2.4 Oc 4/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.3 – 9.2.4 Äußere (rot) und innere (gelb) Generallamelle, primäre Osteone (grün) und primäres Knochengewebe (blau) eines Kinderknochens

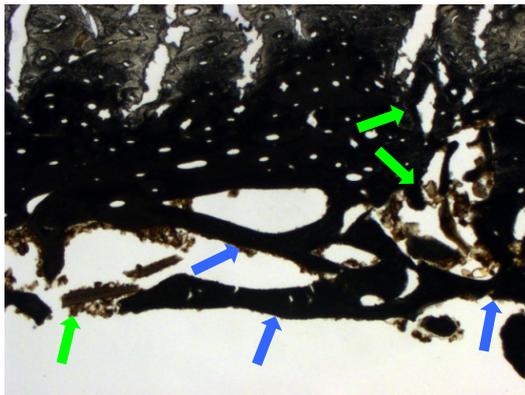


9.2.5 Ko 161, 100x, einfaches Durchlicht.

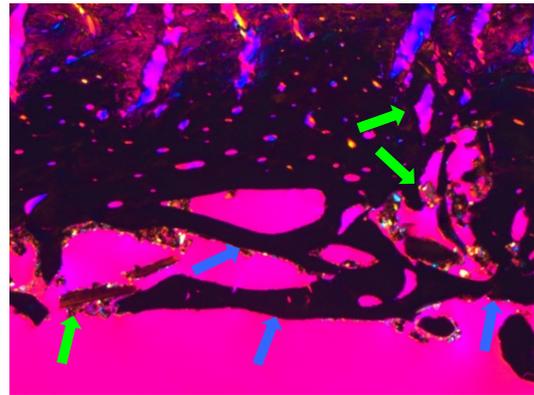


9.2.6 Ko 161, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.5 – 9.2.6 Regelmäßige Resorptionslakunen (rot) mit Kristallen der Versinterung (gelb) im primären Knochengewebe (grün). Fragment eines primären Osteons (blau)

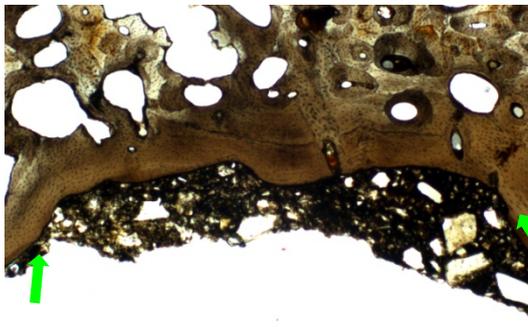


9.2.7 Oc 6/53, 25x, einfaches Durchlicht.

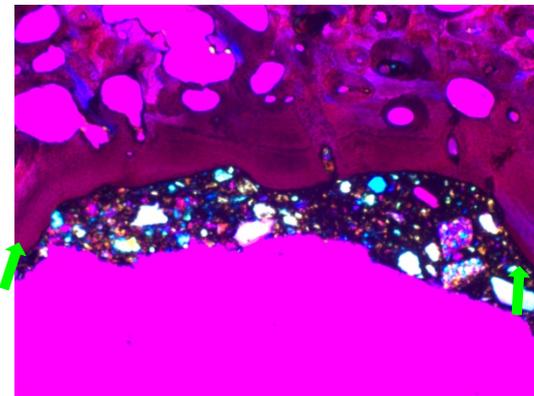


9.2.8 Oc 6/53, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.7 – 9.2.8 Regelmäßige, massive Spongiosabälkchen (blau) eines jungen (subadulten) Individuums, postmortale, hitzebedingte Risse (grün)

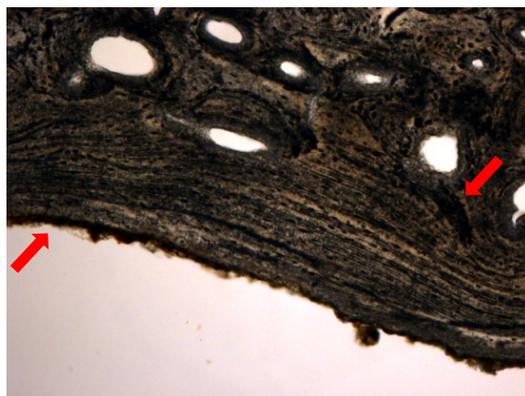


9.2.9 Mo 2, 100x, einfaches Durchlicht.

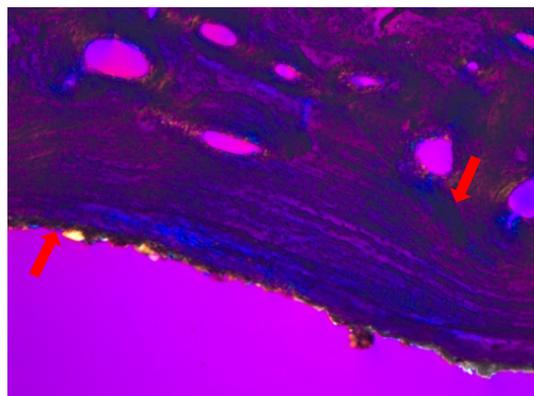


9.2.10 Mo 2, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.9 – 9.2.10 Gut erhaltene innere Generallamelle (GL, grün) eines jungen Individuum

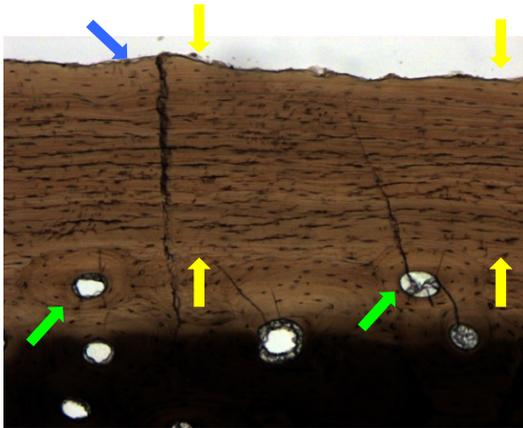


9.2.11 Oc 15/55, 100x, einfaches Durchlicht.

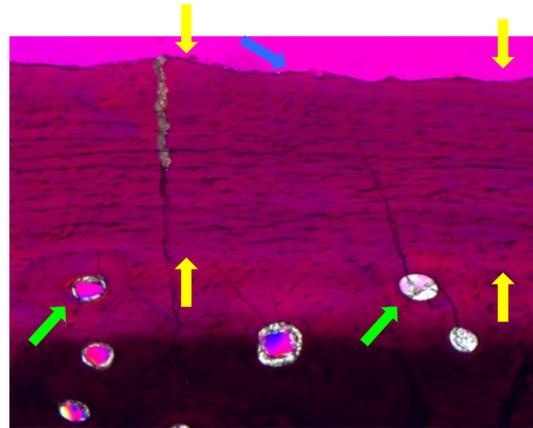


9.2.12 Oc 15/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.11 – 9.2.12 Eine starke Schicht der Tangenziallamellen auf der endostalen Oberfläche des Knochens (rot), zu stark und unregelmäßig für eine innere Generallamelle

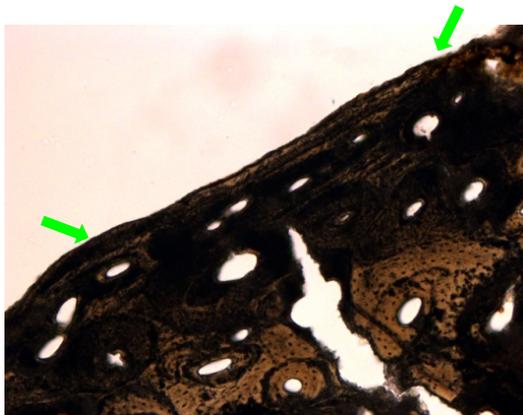


9.2.13 Ko 161, 100x, einfaches Durchlicht.

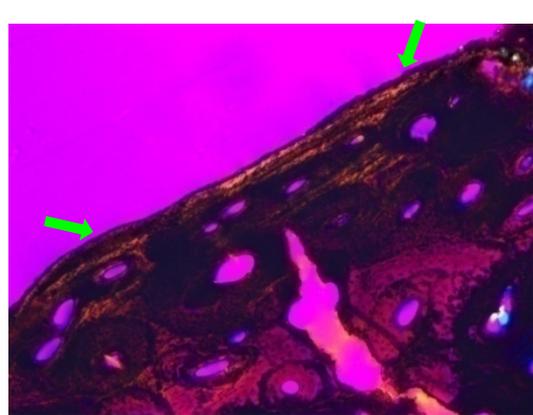


9.2.14 Ko 161, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.13 – 9.2.14 Sehr stark ausgebildete äußere Generallamelle (gelb) eines jungen Individuums, primäre Osteone unterhalb der GL (grün) und postmortal erodierte Oberfläche (blau)

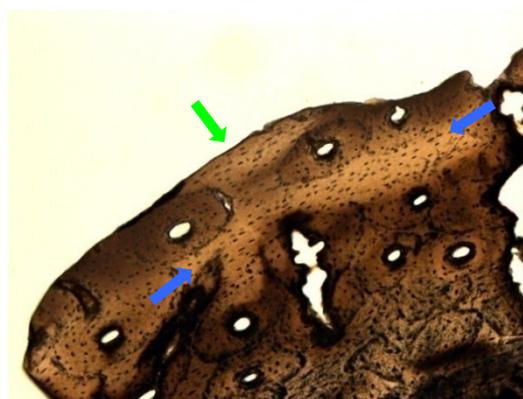


9.2.15 Oc 36/55, 100x, einfaches Durchlicht

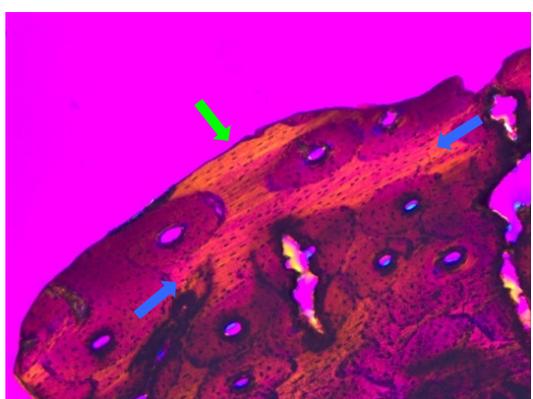


9.2.16 Oc 36/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt

9.2.15 – 9.2.16 Dünne Reste der äußeren Generallamelle (grün)

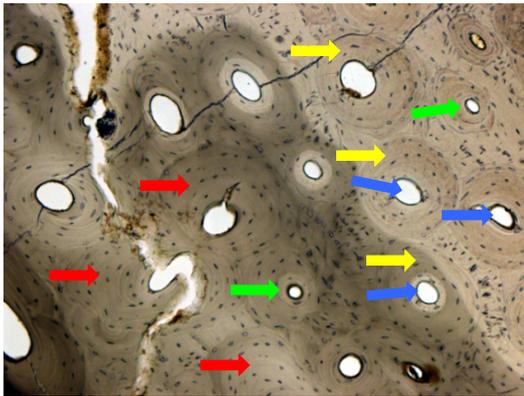


9.2.17 Si 26, 100x, einfaches Durchlicht.

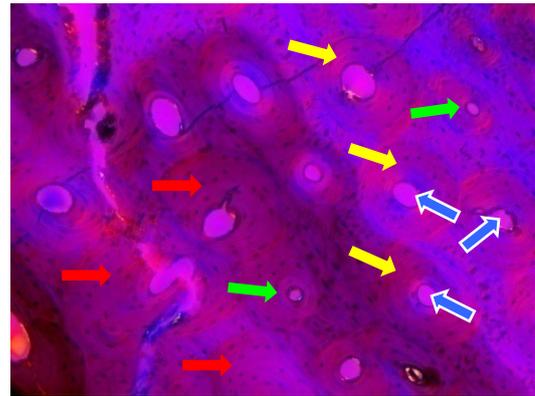


9.2.18 Si 26, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.17 – 9.2.18 Reste der stark erodierten äußeren GL (grün), flach unter der Oberfläche befindet sich eine Schicht der Tangentiallamellen (blau), die fälschlich eine GL vortäuscht

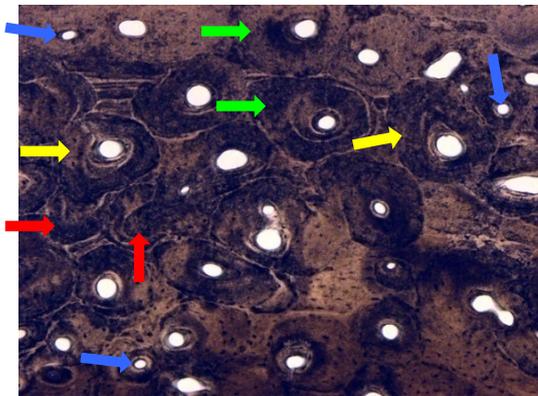


9.2.19 Oc 37/55, 100x, einfaches Durchlicht.

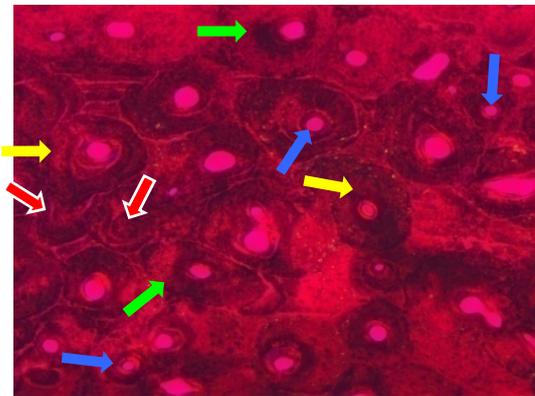


9.2.20 Oc 37/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.19 – 9.2.20 Große (rot) bis sehr große (gelb) Osteone, Lumen klein (grün) oder mittelgroß (blau)

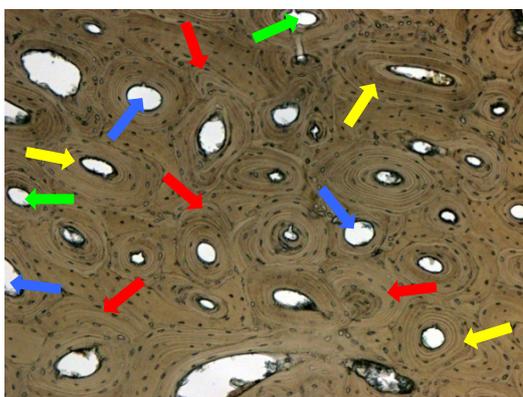


9.2.21 Oc 1a/53, 100x, einfaches Durchlicht.

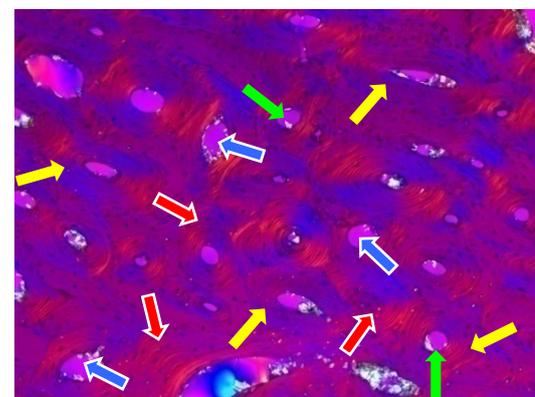


9.2.22 Oc 1a/53, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.21 – 9.2.22 Große (gelb) oder sehr große (grün) Osteone, Lumen klein (blau), fragmentierte Osteone (rot)

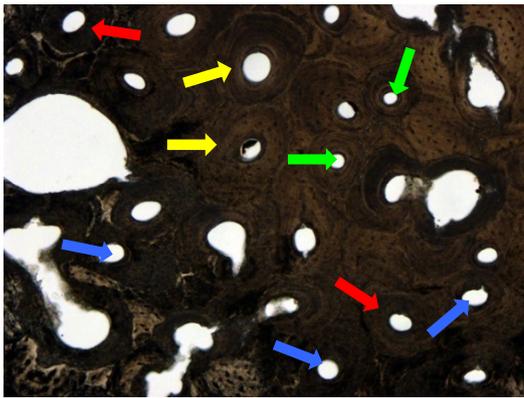


9.2.23 Oc 33/55, 100x, einfaches Durchlicht.

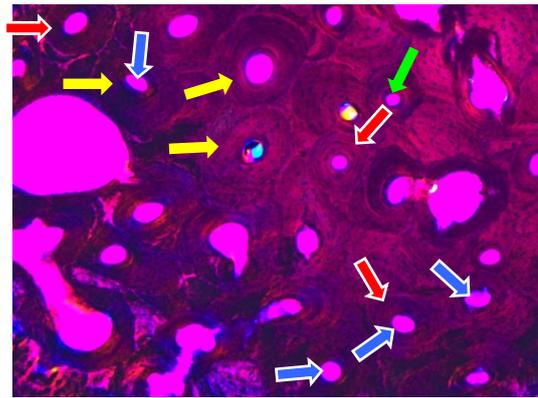


9.2.24 Oc 33/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.23 – 9.2.24 Große Osteone (gelb), Lumen mittelgroß (grün) oder groß (blau), fragmentierte alte Osteone (rot)

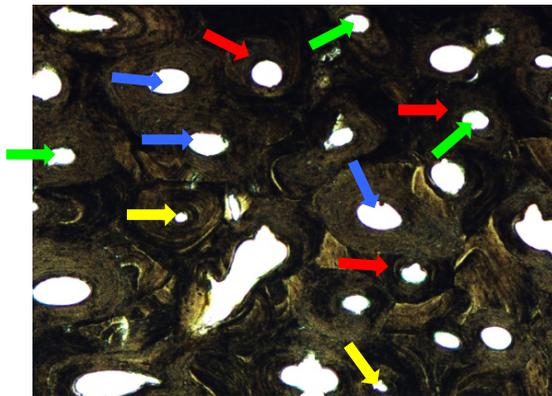


9.2.25 Oc 8b/53, 100x, einfaches Durchlicht.

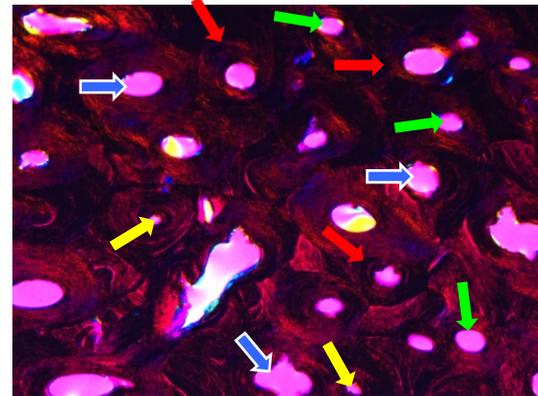


9.2.26 Oc 8b/53, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.25 – 9.2.26 Mittelgroße (rot) oder große (gelb) Osteone, Lumen klein (grün) oder mittelgroß (blau)

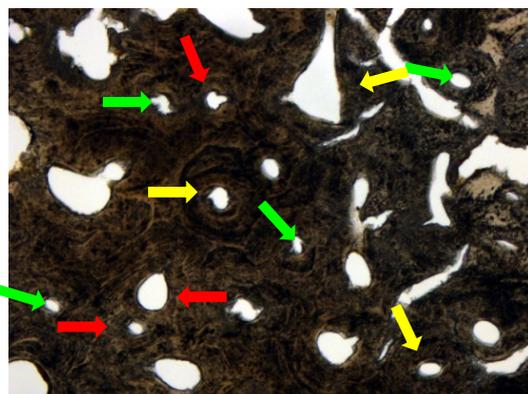


9.2.27 Bi 1, 100x, einfaches Durchlicht.

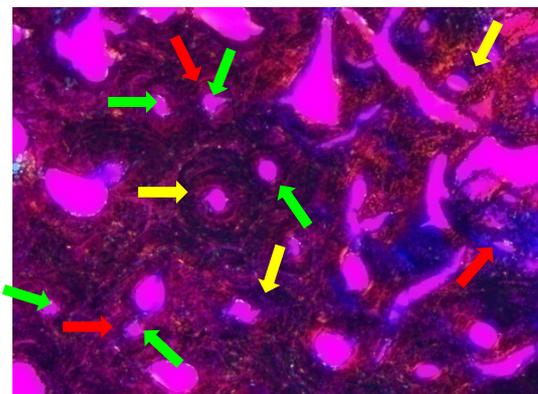


9.2.28 Bi 1, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.27 – 9.2.28 Mittelgroße Osteone (rot), Lumen klein (gelb), mittelgroß (grün) und groß (blau)

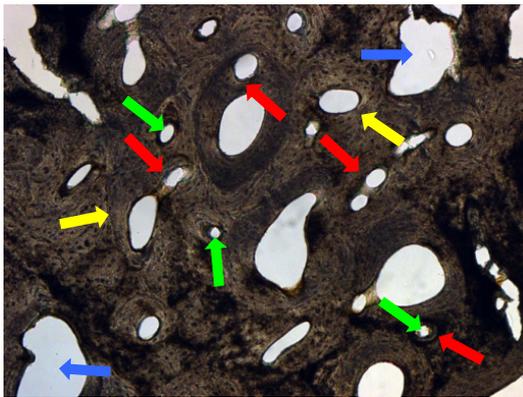


9.2.29 Oc 44/55, 100x, einfaches Durchlicht.

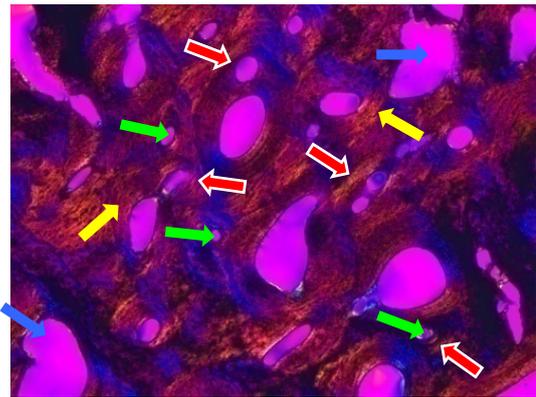


9.2.30 Oc 44/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.29 – 9.2.30 Kleine (rot) oder mittelgroße (gelb) Osteone, Lumen überwiegend klein (grün)

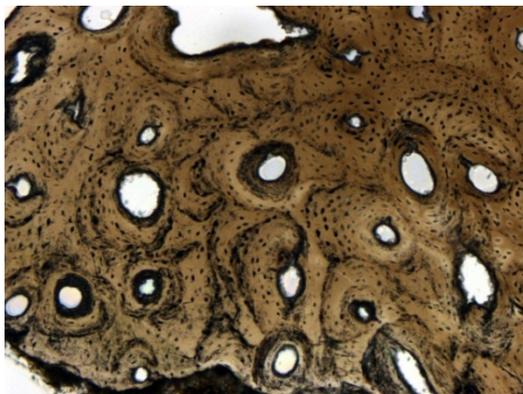


9.2.31 Oc 17/55, 100x, einfaches Durchlicht.

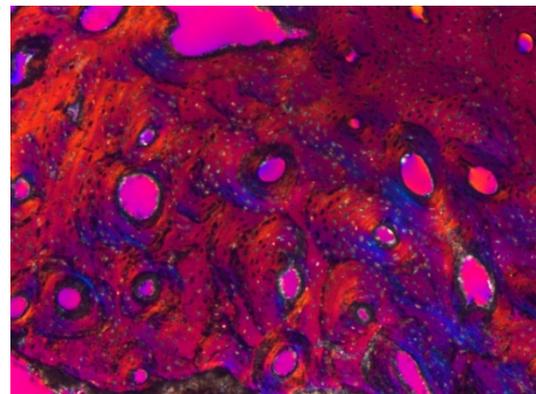


9.2.32 Oc 17/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.31 – 9.2.32 Kleine (rot) oder mittelgroße (gelb) Osteone, Lumen überwiegend klein (grün), oft vergrößert (blau) durch Osteoporose

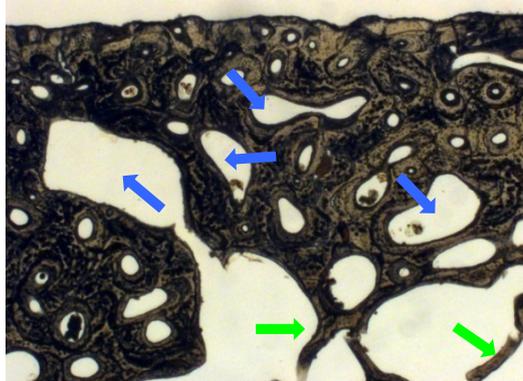


9.2.33 Oc 5/53, 100x, einfaches Durchlicht.

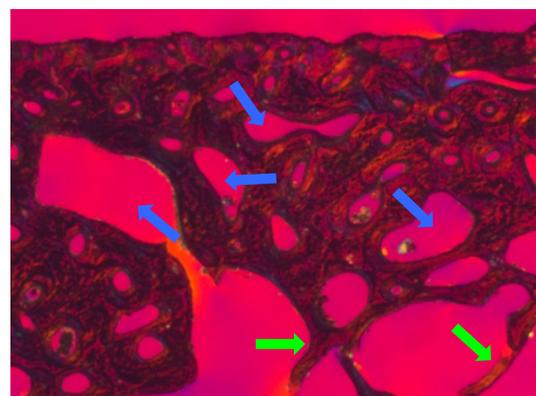


9.2.34 Oc 5/53, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.33 – 9.2.34 Unregelmäßige, sehr kleine bis große Osteone, Lumen sehr klein bis groß

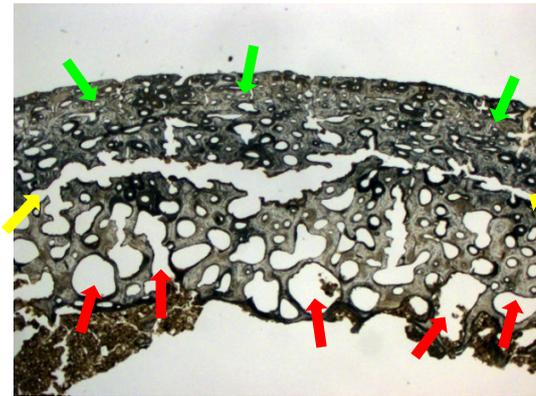


9.2.35 Oc 2/53, 40x, einfaches Durchlicht.

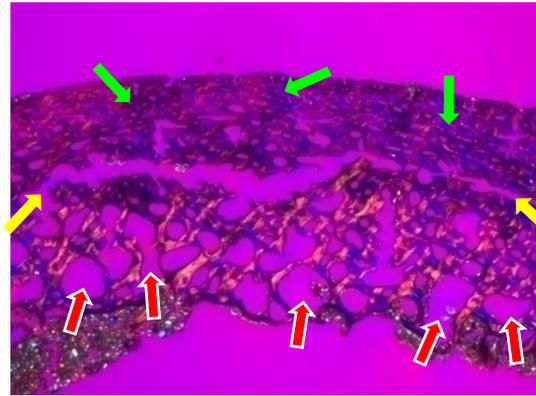


9.2.36 Oc 2/53, 40x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.35 – 9.2.36 Altersbedingt entstandenes Gewebe, das auf dem ersten Blick eine ähnliche Struktur wie Spongiosa aufweist (grün) und vergrößerte Lakunen (blau)

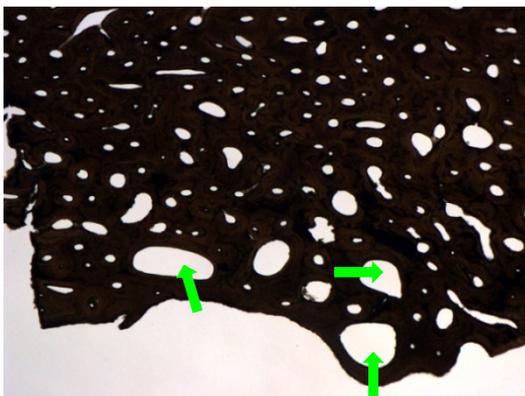


9.2.37 Oc 12/55, 16x, einfaches Durchlicht.

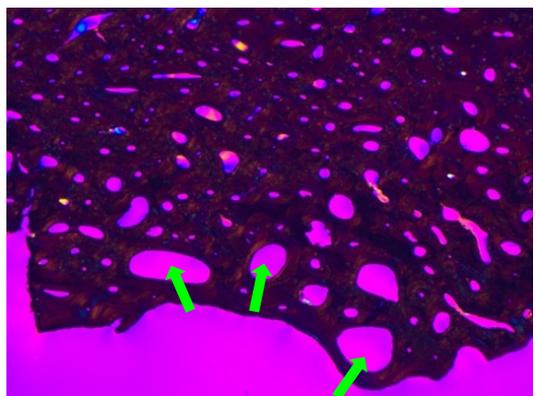


9.2.38 Oc 12/55, 16x, pol. Licht mit Hilfsobjekt.

9.2.37 – 9.2.38 Osteoporose: vergrößerte Lakunen (rot), die Osteone, die keine vergrößerten Lakunen besitzen, sind sehr klein (grün); ein großer hitzebedingter Riss (gelb)

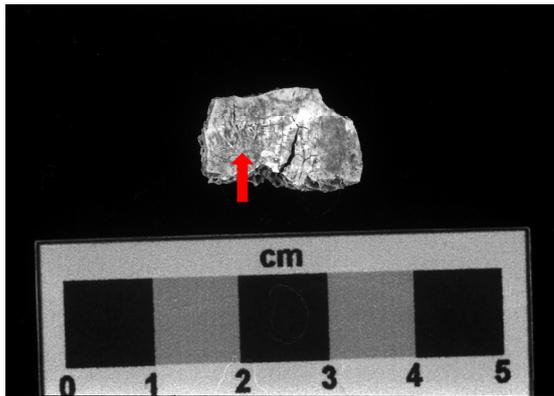


9.2.39 Oc 39/55, 25x, einfaches Durchlicht

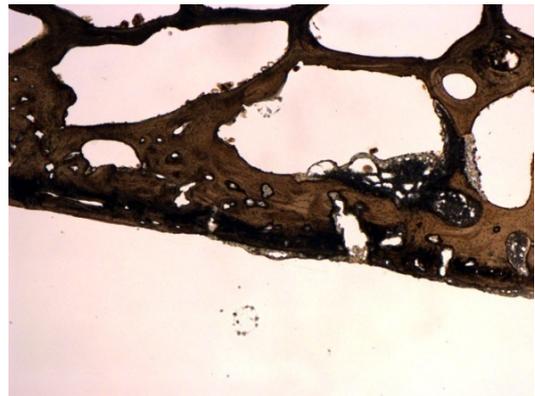


9.2.40 Oc 39/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt

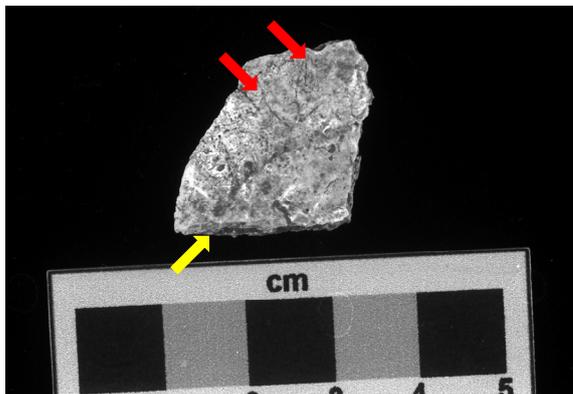
9.2.39 – 9.2.40 Falsche „Osteoporose“: vergrößerte Lakunen (grün)



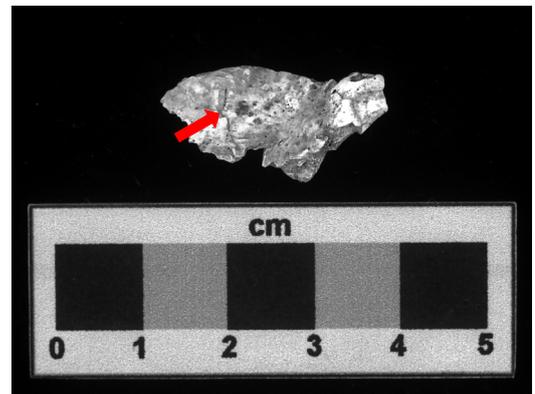
9.4.1 Oc 25/55. Scheinbar ein Fragment des Schädeldachs mit Gefäßimpressionen (rot)



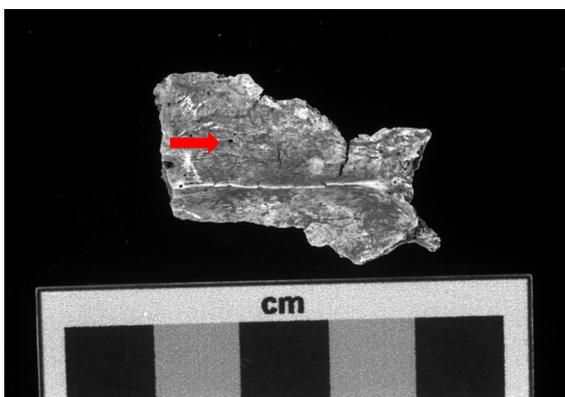
9.4.2 Oc 25/55, 25x, einfaches Durchlicht. Die Größe, Form und Struktur der Spongiosa und Corticalis identifizieren das Fragment als einen flachen Knochen (Pelvis?)



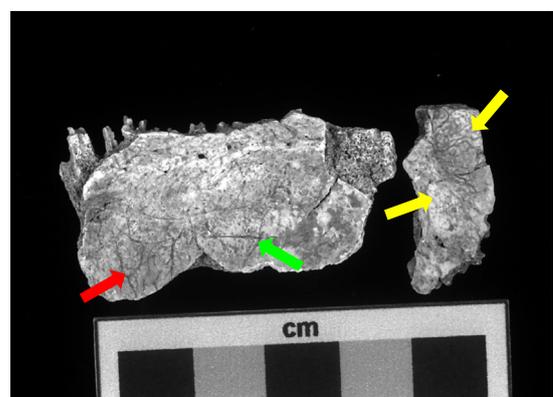
9.4.3 Bi 1. Verdacht auf vermehrte Gefäßimpressionen (rot) entlang der normalen Abdrücke der Äste der Arteria meningea media (gelb)



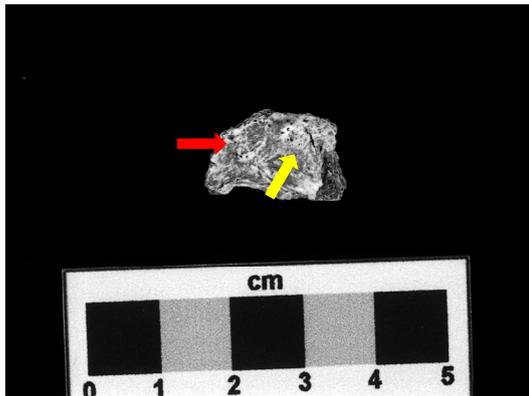
9.4.4 Mo 1. Verdacht auf vermehrte Gefäßimpressionen (rot) auf der Oberfläche eines nicht bestimmbar Schädeldach- oder Schädelbasisfragments



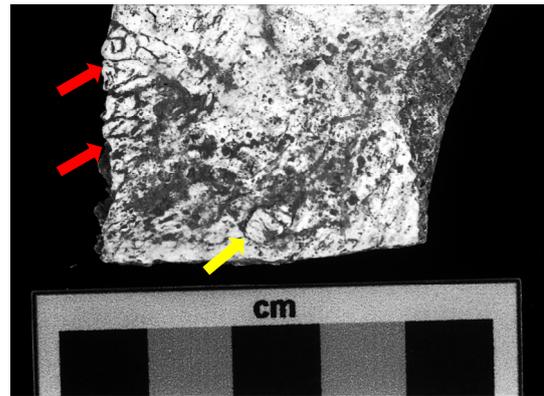
9.4.5 Oc 27/55. Verdacht auf vermehrte Gefäßimpressionen (rot) bei der Crista frontalis (wohl durch Blutung des Sinus sagittalis superior)



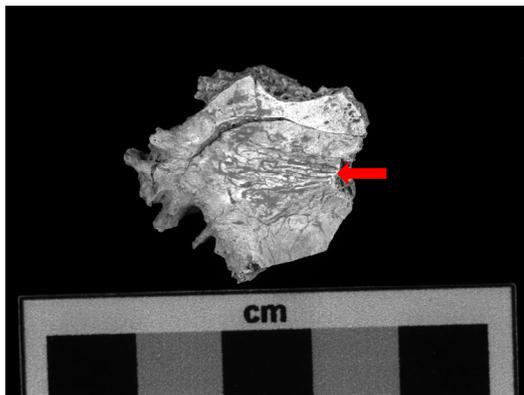
9.4.6 Oc 29a/55. Verdacht auf Gefäßimpressionen (rot) am Sulcus Sinus sagittalis superioris und an einem Fragment des Sulcus Sinus transversus (gelb), Verdacht auf poröse Auflagerung (grün)



9.4.7 Oc 36/55. Verdacht auf vermehrte Gefäßimpressionen (rot) und poröse Auflagerung (gelb) auf einem nicht identifizierbaren Schädelfragment



9.4.8 Oc 43/55. Vermehrte Gefäßimpressionen (rot) und eingesunkene plattenartige Neubildung (wohl entzündlich, gelb) auf dem Os parietale



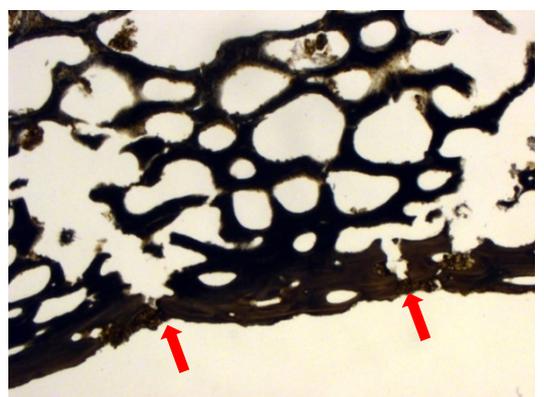
9.4.9 H-K Gr 2? Vermehrte Gefäßimpressionen (rot), wohl in der Nähe des Sulcus Sinus transversus



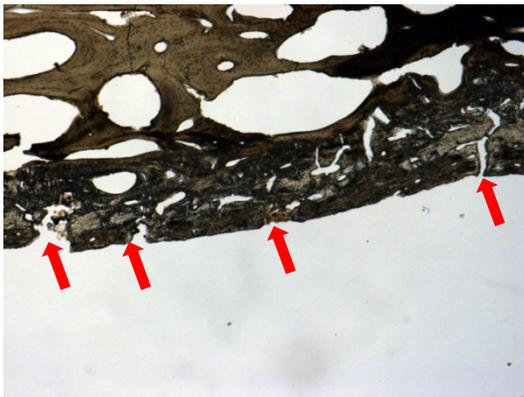
9.4.10 Oer II 19. Sternförmig angeordnete Gefäßimpressionen (rot) am Sulcus Sinus sagittalis superior



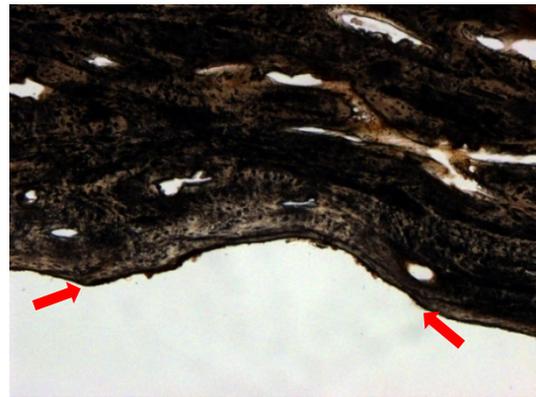
9.4.11 Oer II 19. Vergrößerung der sternförmig angeordneten Gefäßimpressionen (rot)



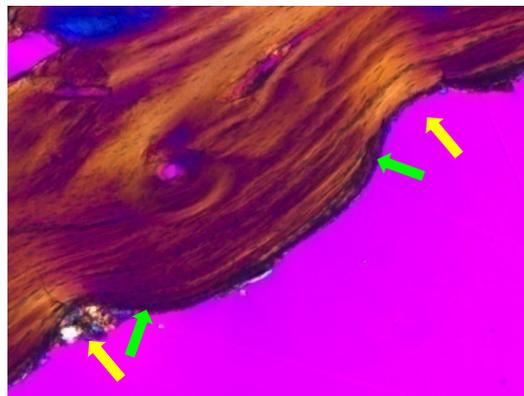
9.4.12 Oc 1/55, 25x, einfaches Durchlicht. Postmortal entstandene Risse (rot)



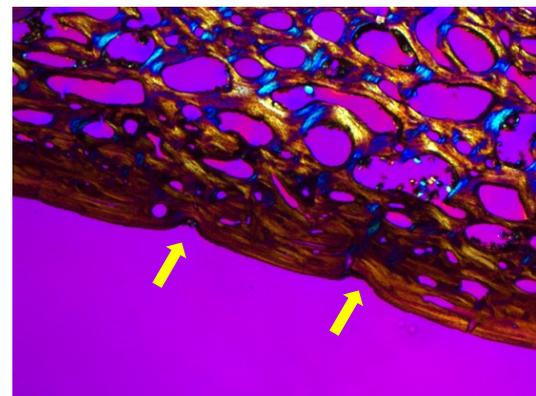
9.4.13 Oc 4b/55, 25x, einfaches Durchlicht. Postmortal entstandene Risse (rot) täuschen Gefäßimpressionen vor



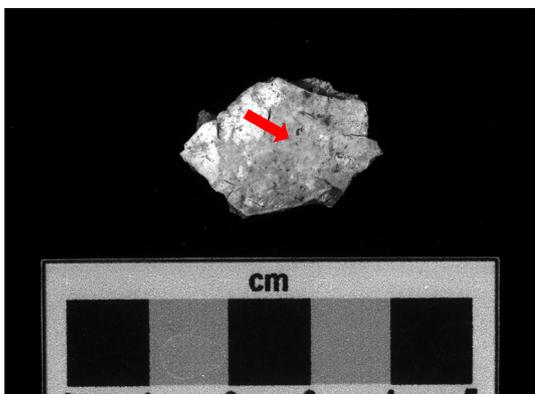
9.4.14 Bi 1, 100x, einfaches Durchlicht. Verlauf der Knochenlamellen (rot) deutet auf einen intravitalen Ursprung der Impression hin



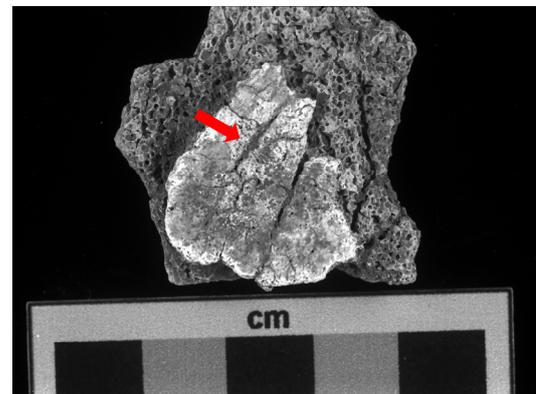
9.4.15 Oc 29a/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Intravital entstandene Impressionen (gelb), erkennbar am Verlauf der Lamellen (grün)



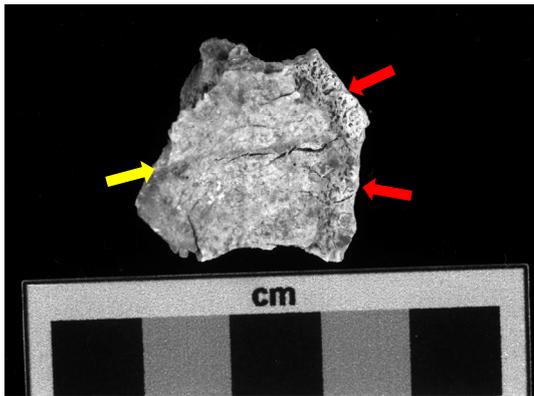
9.4.16 Oc 43/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Gefäßimpressionen (gelb) auf der Lamina interna



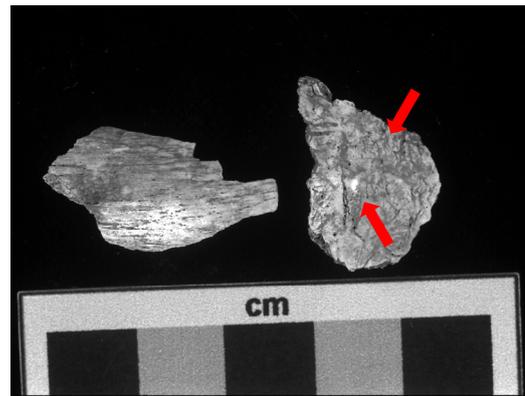
9.4.17 Mo 2. Verdacht auf eine poröse Auflagerung (rot) auf der Lamina interna



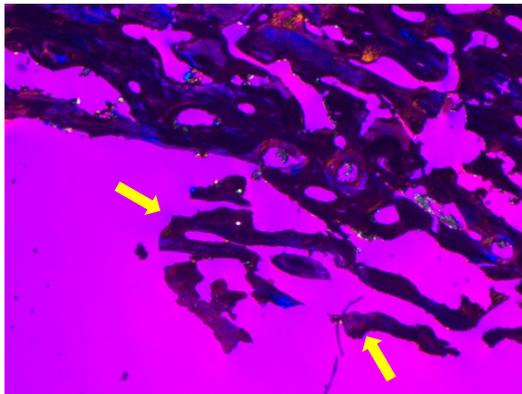
9.4.18 Oc 1/55. Verdacht auf eine poröse Auflagerung (rot) auf der Lamina interna



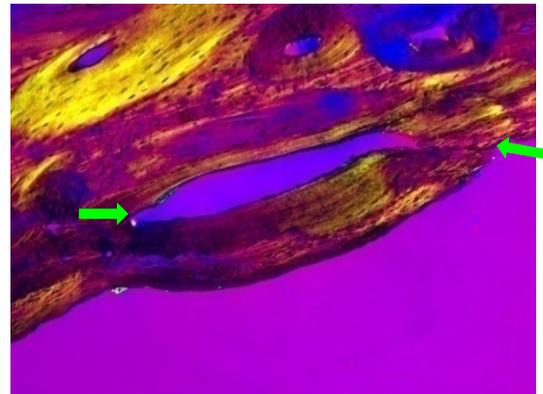
9.4.19 Oc 9b/55. Verdacht auf eine poröse Auflagerung (rot) auf der Lamina interna, in der Nähe eines Asts der Arteria meningea media (gelb)



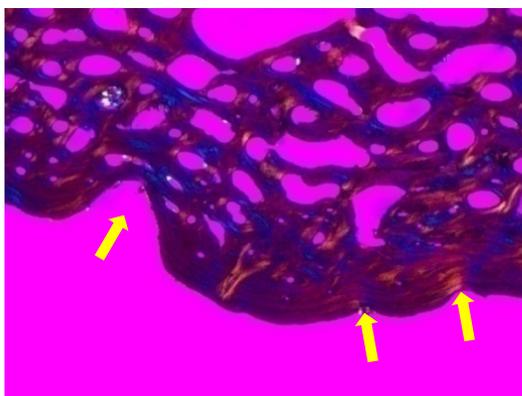
9.4.20 Oc 44/55. Verdacht auf eine poröse Auflagerung (rot)



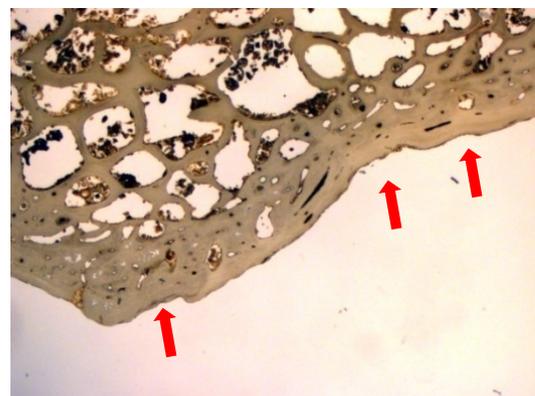
9.4.21 Oc 39/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Die histologische Untersuchung zeigt, dass die „Auflagerung“ aus zerbrochenen Diploëbälkchen (gelb) besteht



9.4.22 Oc 43/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Aufgeplatzte Schicht des Knochens täuscht eine Auflagerung vor (grün)



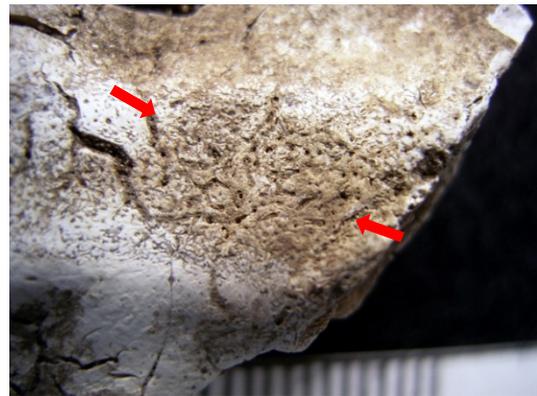
9.4.23 Oc 29a/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Zahlreiche Gefäßimpressionen (gelb) am Confluens sinuum



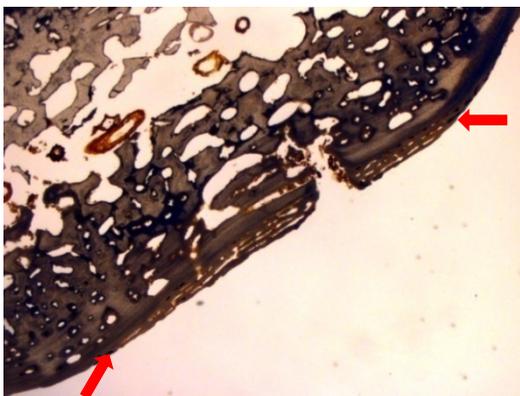
9.4.24 Oer II 19, 16x, einfaches Durchlicht. Gefäßimpressionen in und entlang des Sulcus Sinus sagittalis superior (rot)



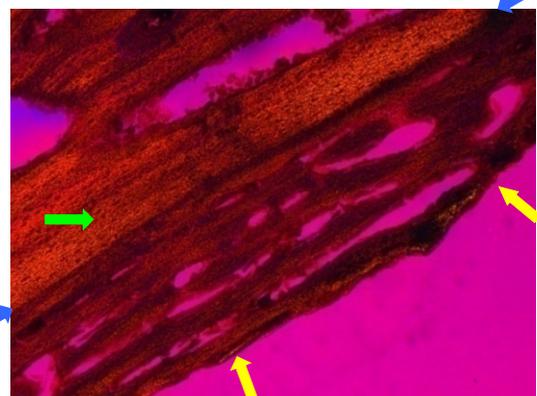
9.4.25 Oer II 18. Poröse Oberfläche, Verdacht auf eine Auflagerung im Sulcus Sinus transversi (rot)



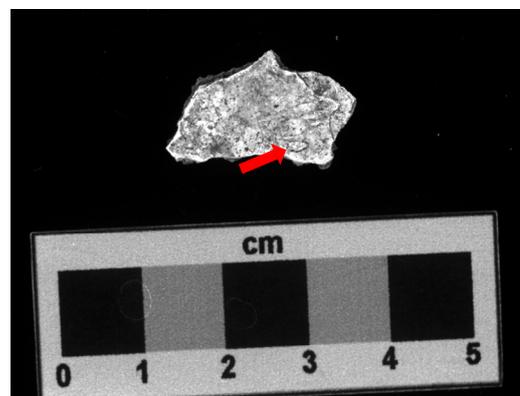
9.4.26 Oer II 18. Detail der porösen Oberfläche (rot)



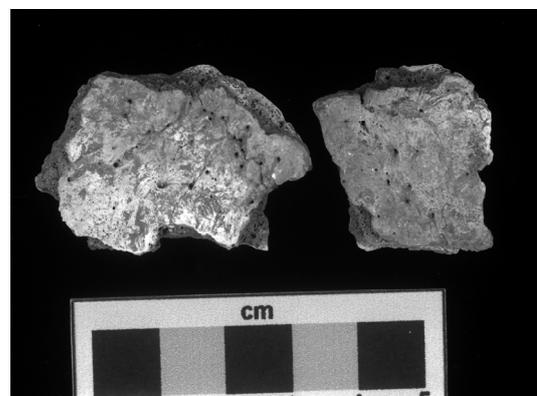
9.4.27 Oer II 18, 16x, einfaches Durchlicht. Poröse Auflagerung klar erkennbar auf der originellen Oberfläche des Sulcus Sinus transversi (rot)



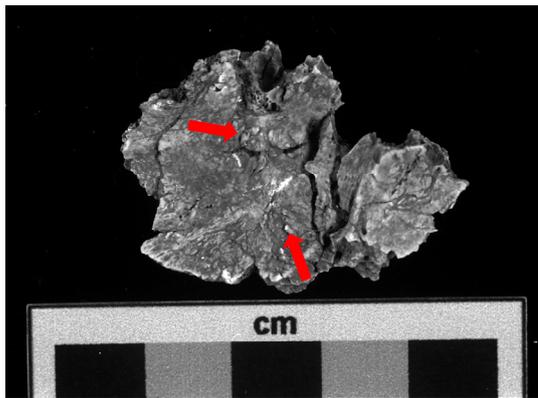
9.4.28 Oer II 18, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Klar erkennbare Grenze (blau) zwischen der nicht integrierten Auflagerung (gelb) und der ursprünglichen Oberfläche (grün)



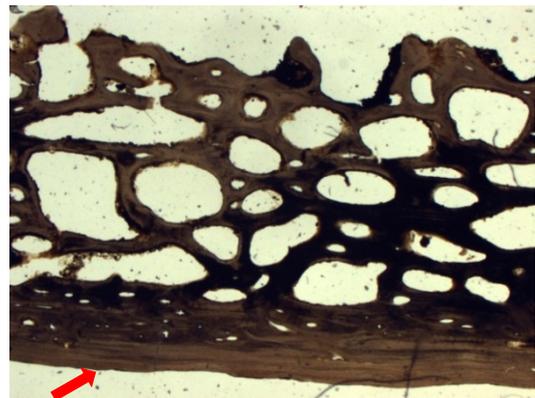
9.4.29 Bi 1. Verdacht auf eine durch einen entzündlichen Prozess entstandene Neubildung (rot)



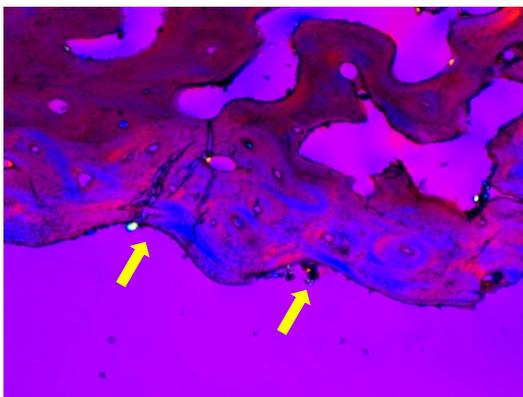
9.4.30 Oc 7/55. Verdacht auf eine entzündlich veränderte Oberfläche der Lamina interna des Schädeldaches



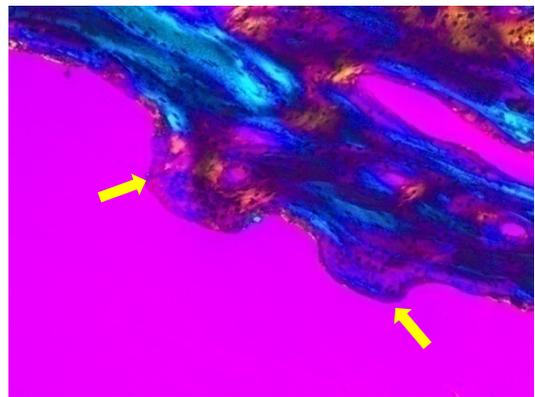
9.4.31 Oc 27/55. Verdacht auf eine entzündlich bedingte Neubildungen (rot) auf der Oberfläche der Lamina interna



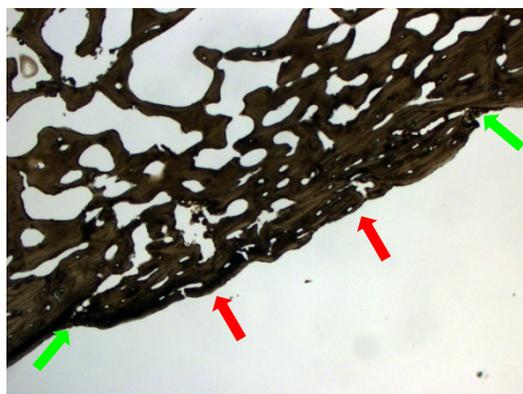
9.4.32 Bi 1, 25x, einfaches Durchlicht. Im lichtmikroskopischen Bild lässt sich auf der Lamina interna (rot) keine pathologische Veränderung feststellen



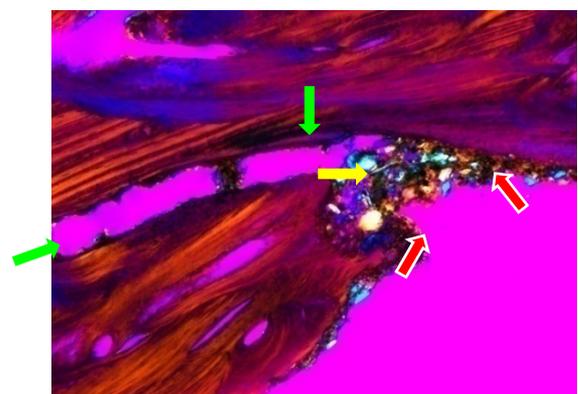
9.4.33 Oc 7/55, 40x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Intravital entstandene Impressionen (gelb) auf der Lamina interna



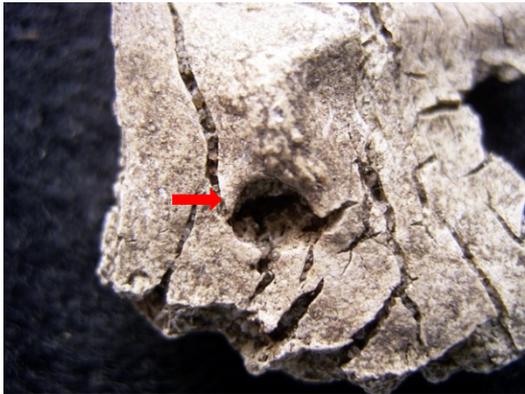
9.4.34 Oc 27/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Wohl integrierte Neubildungen (gelb) auf der Lamina interna



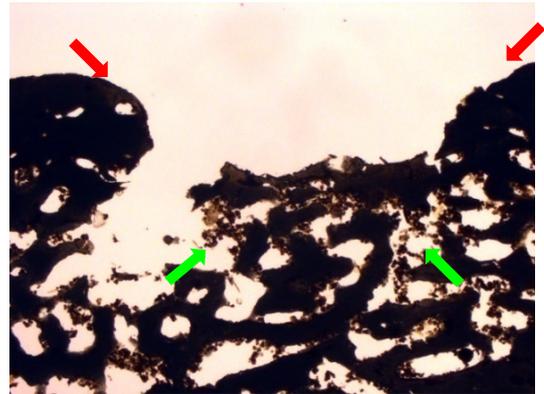
9.4.35 Oc 43/55, 16x, einfaches Durchlicht. Eine Platte (rot), die scheinbar in die originelle Oberfläche eingedrückt wurde (grün)



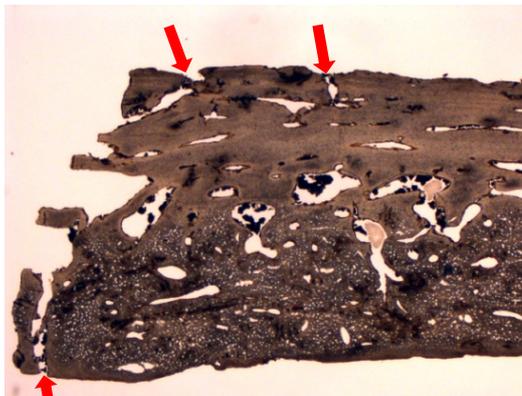
9.4.36 Oc 43/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Detail des Randes der selben Platte in einer Vertiefung (rot), eingelagerter Sand (gelb) und postmortaler Riss (grün)



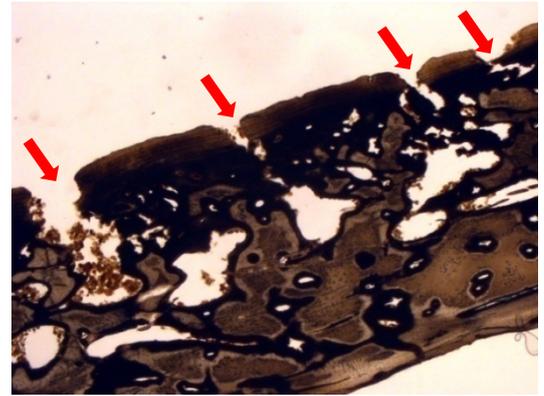
9.4.37 Oer II, 18. Ein runder Defekt in einer Fossa cranii anterior (rot), Verdacht auf einen druckatrophischen Prozess



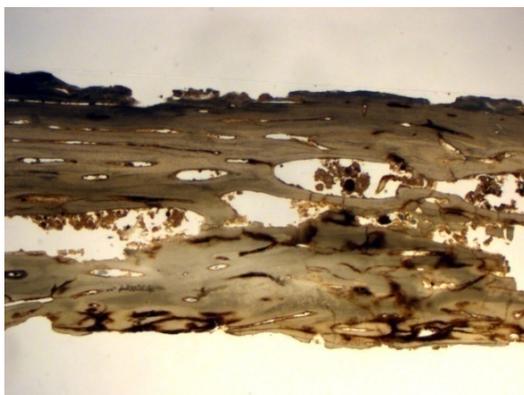
9.4.38 Oer II 18, 25x, einfaches Durchlicht. Abgebrochene und erodierte Ränder (rot) und die eingedrückte Diploë (grün) deuten auf eine postmortale Beschädigung hin



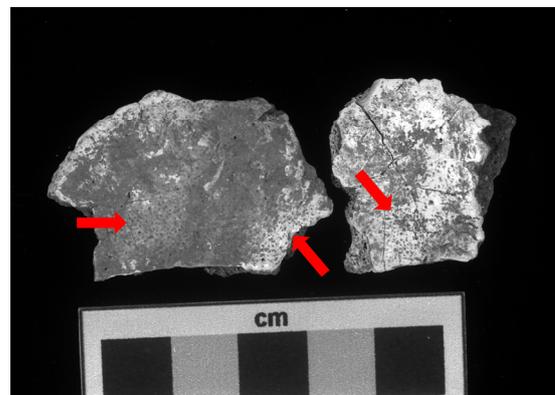
9.4.39 Oer II 13, 25x, einfaches Durchlicht. Postmortal entstandene Risse (rot) können manchmal poröse Oberflächen und somit pathologische Prozesse vortäuschen



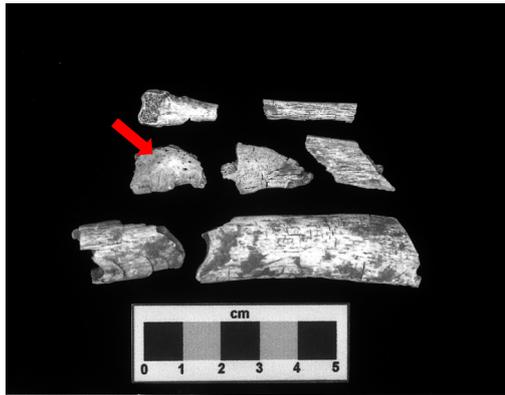
9.4.40 Oer II 18, 25x, einfaches Durchlicht. Postmortale Risse (rot) täuschen eine poröse Lamina externa des Schädeldaches vor



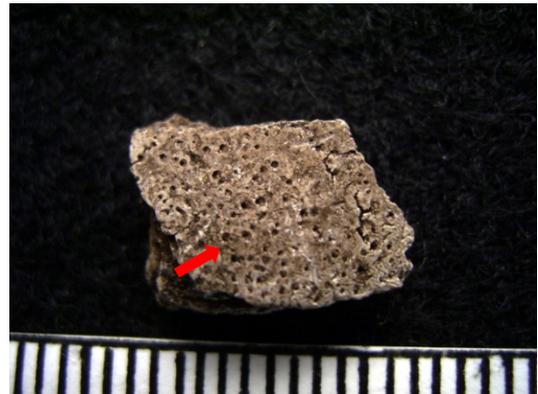
9.4.41 Oer II 19, 16x, einfaches Durchlicht. Stark erodierte und zerrissene Lamina interna (unten) und externa eines Schädeldachfragmentes täuschen poröse Oberflächen vor



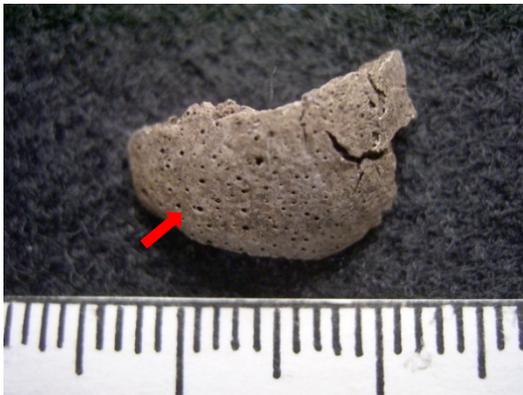
9.4.42 Oc 7/55. Poröse Oberfläche der Lamina externa (rot) zweier Fragmente des Os parietale



9.4.43 Oc 36/55. Poröse Oberfläche der Lamina externa eines Schädelfragmentes (rot)



9.4.44 Oer II, 13. Poröse Oberfläche der Lamina externa eines Schädelfragmentes (rot)



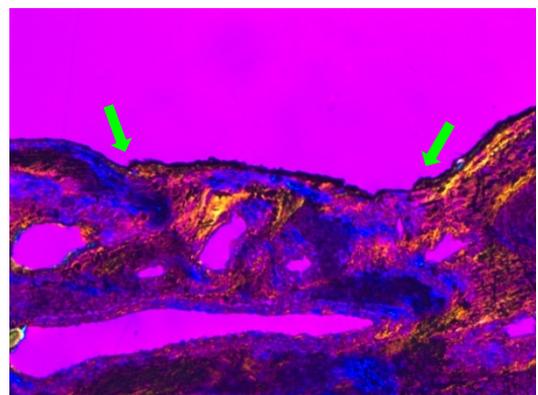
9.4.45 Oer II, 13. Poröse Oberfläche der Lamina externa eines Schädelfragmentes (rot)



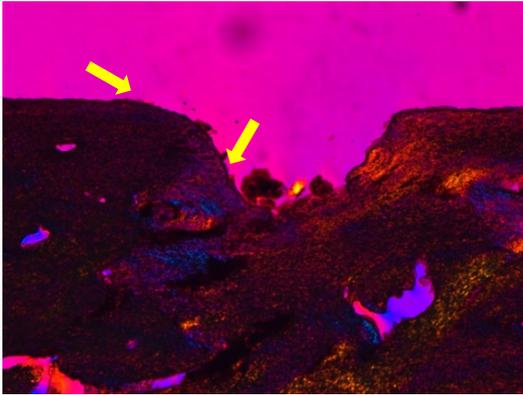
9.4.46 Oer II, 18. Poröse Oberfläche der Lamina externa eines Schädelfragmentes (rot)



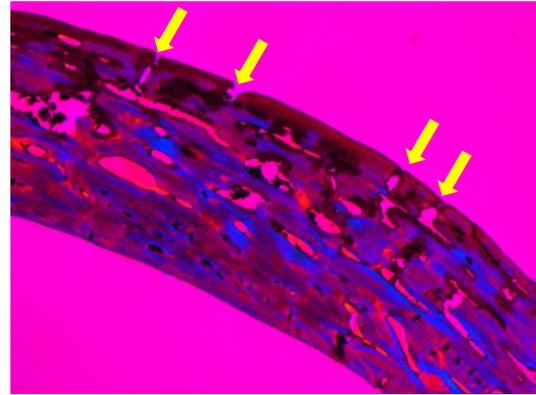
9.4.47 Oer II, 18. Poröse Oberfläche der Lamina externa eines Schädelfragmentes (rot)



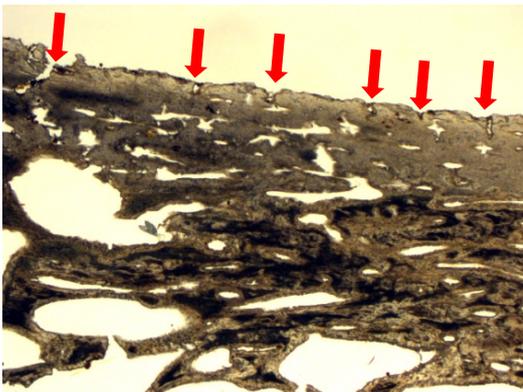
9.4.48 Oc 36/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Intravital entstandene Vertiefungen auf der Lamina externa (grün)



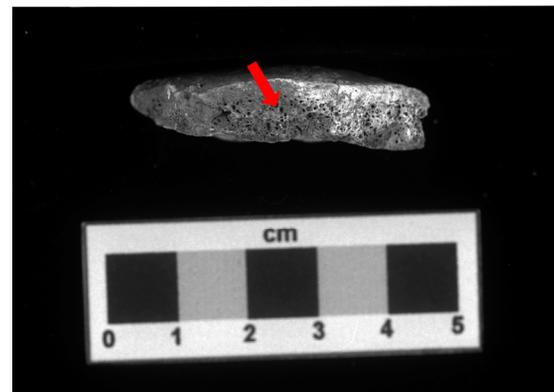
9.4.49 Oer II 18, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Am Verlauf der Kollagenlamellen (gelb) lässt sich der intravitale Ursprung der Vertiefung erkennen



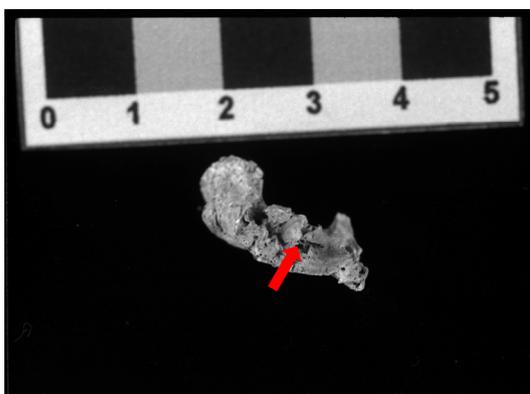
9.4.50 Oer II 13, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Die postmortalen Risse (gelb) täuschen eine poröse Oberfläche vor



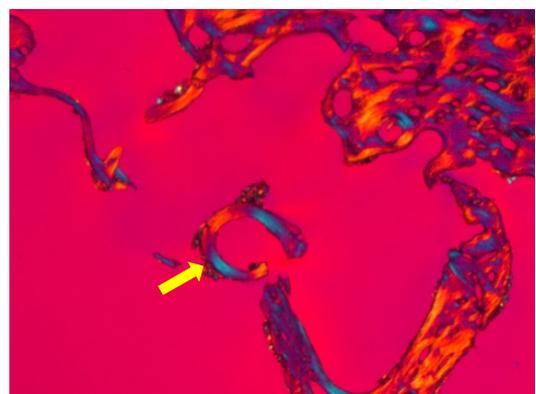
9.4.51 Oer II 17, 25x, einfaches Durchlicht. Die postmortalen Risse (rot) täuschen eine poröse Oberfläche vor



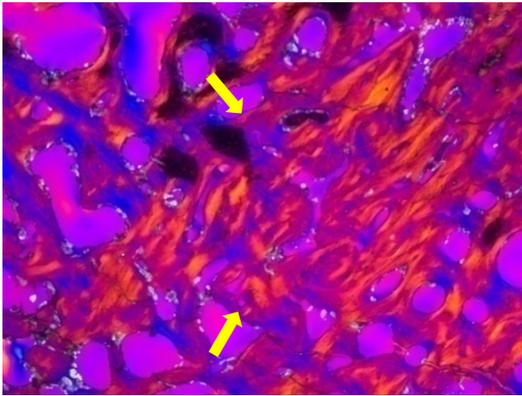
9.4.52 Oc 7/55. Dichte, im makroskopischen Bild regelmäßig aufgebaute Diploë (rot) eines verdickten Fragments des Schädeldachs



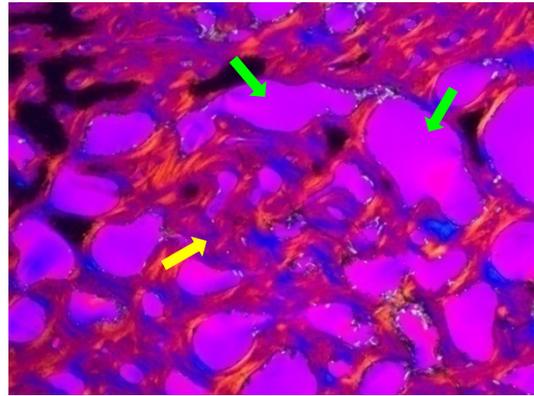
9.4.53 H-K Gr. 1. Verdacht auf eine zystenartige Neubildung (rot) in der Diploë eines scheinbar verdickten Schädelbasisfragments



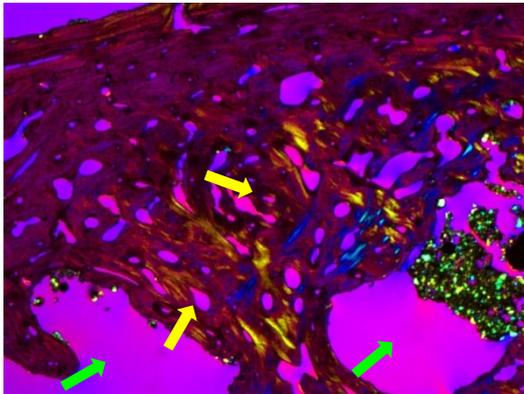
9.4.54 H-K Gr. 1, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Tatsächlich handelt es sich um ein abgebrochenes, deformiertes Diploëbälkchen (gelb)



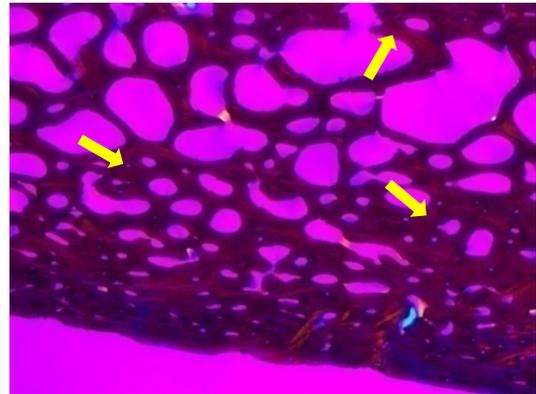
9.4.55 Oc 7/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Eine nahezu „kompakte“ Verdickung der Diploë (gelb)



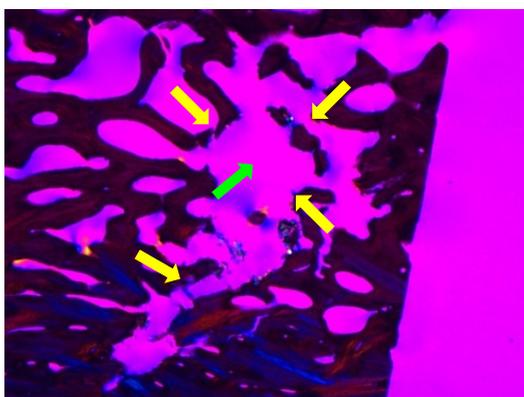
9.4.56 Oc 7/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Eine Verdickung der Diploë (gelb), die vergrößerten Räume sind Folge der postmortalen Risse (grün)



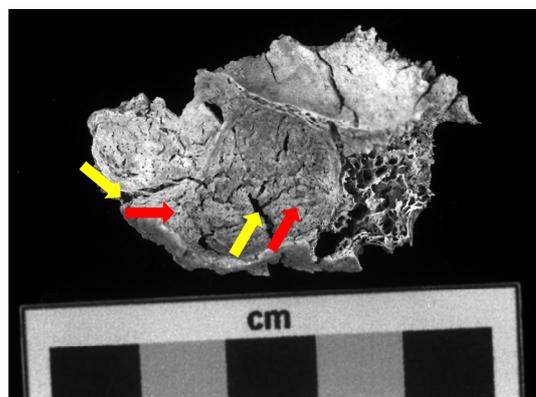
9.4.57 Oc 43/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Verdickte, unregelmäßige Diploë (gelb) mit stellenweise vergrößerten Räumen (grün)



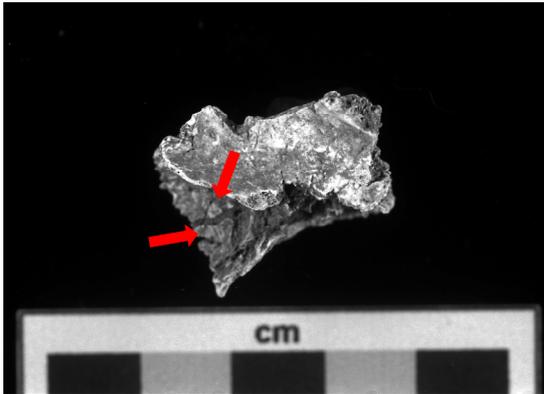
9.4.58 Oc 43/55, 16x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Verdickte Diploëbällchen (gelb)



9.4.59 Oc 43/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Ein scheinbar intravital aufgelockerter (osteolytischer) Herd (grün) ist aufgrund der hitzebedingten Risse (gelb) als postmortal einzuordnen



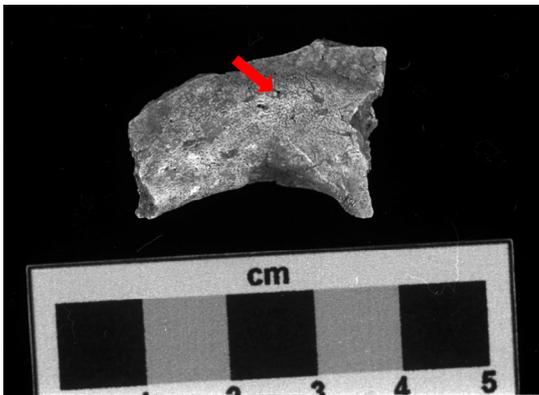
9.4.60 Oc 9b/55. Intravital poröse, höckerige Oberfläche des Sinus maxillaris (rot), die von hitzebedingten Rissen (gelb) teilweise falsifiziert wird



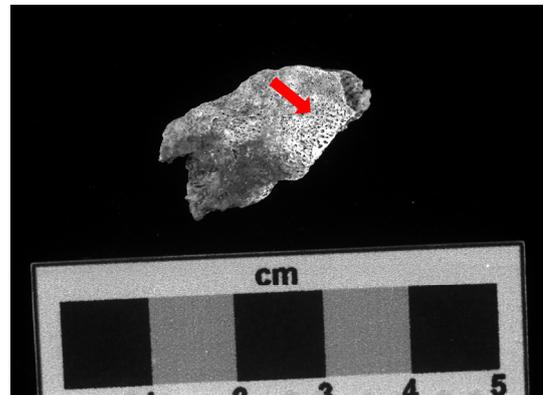
9.4.61 Oc 3/55. Reste der durch Hitze beschädigten unregelmäßigen Auflagerungen (rot) auf dem Boden des Sinus maxillaris



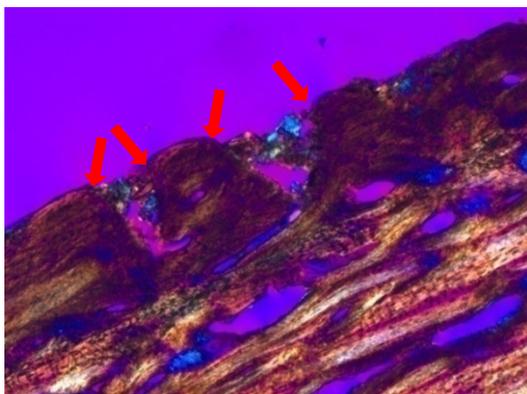
9.4.62 Oc 27/55. Höckerartige Neubildungen auf der Oberfläche des Sinus frontalis (rot)



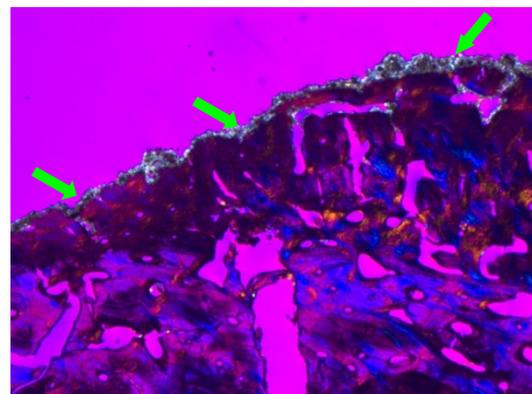
9.4.63 Oc 15/55. Poröse Oberfläche des Arcus superciliaris (rot), tatsächlich durch Hitze beschädigte Oberfläche



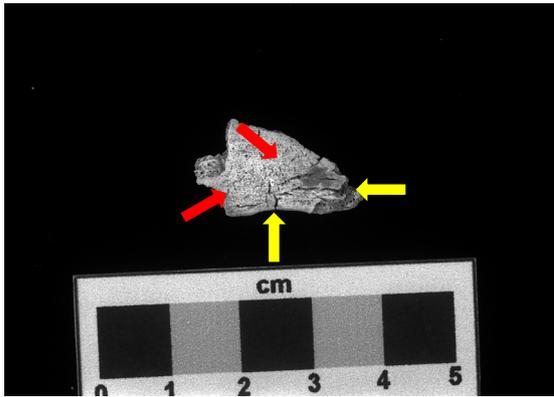
9.4.64 Oc 39/55. Poröse Oberfläche des Arcus superciliaris (rot), tatsächlich durch Hitze beschädigte Oberfläche



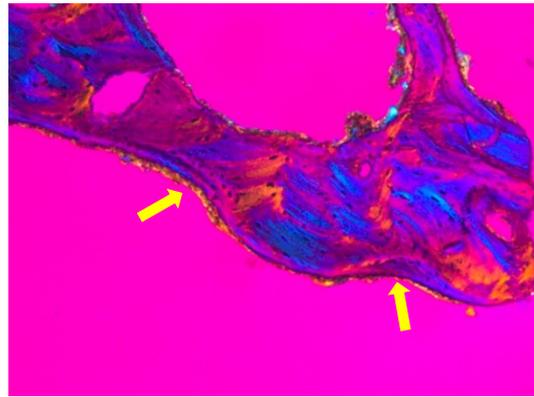
9.4.65 Oc 15/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Unterbrechungen des Verlaufs der Kollagenfasern (rot) deuten auf einen postmortalen Ursprung der Vertiefungen hin



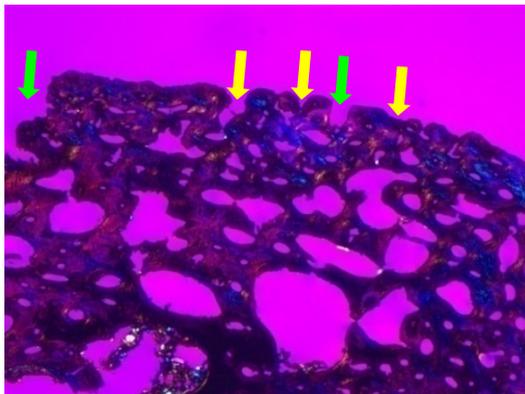
9.4.66 Oc 39/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Starke postmortale Beschädigung der Oberfläche (grün) täuschte eine poröse Oberfläche vor



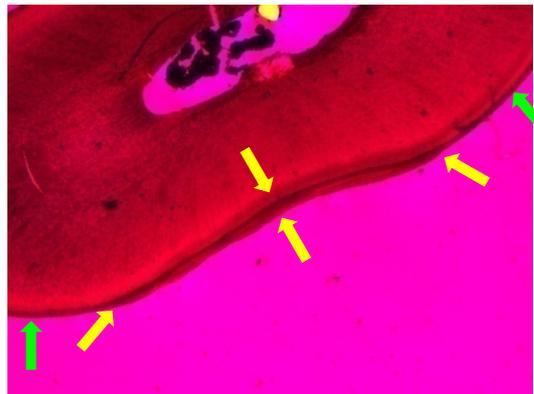
9.4.67 Oc 36/55. Poröse Oberfläche des Arcus superciliaris (rot) erwies sich als tatsächlich intravital hypervaskularisiert, die postmortalen Risse (gelb) lassen sich klar unterscheiden



9.4.68 Oc 27/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Aufgrund des nicht unterbrochenen Kollagenverlaufs (gelb) lässt sich der intravitale Ursprung der Vertiefungen nachweisen



9.4.69 Oc 36/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Die intravitalen Vertiefungen (gelb) lassen sich klar von den Rissen (grün) unterscheiden



9.4.70 Oer II 13, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Eine unregelmäßige Schicht des Zahnzements (gelb) im Vergleich mit normalem Zement (grün)



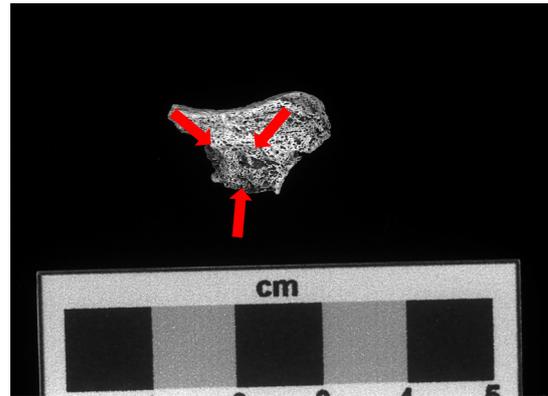
9.4.71 Oer II, 19. Poröse, unregelmäßige Oberfläche eines Alveolfragments (rot), wahrscheinlich ein Abszess, der Zahn war wohl perimortal verloren



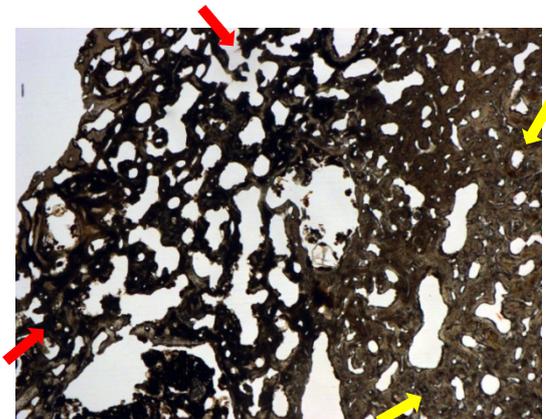
9.4.72 Oer II, 10/10a. Ein ausgezogener Rand (rot) und eine unregelmäßige Neubildung (grün) an den Alveolen der unteren Incisivi und Caninus



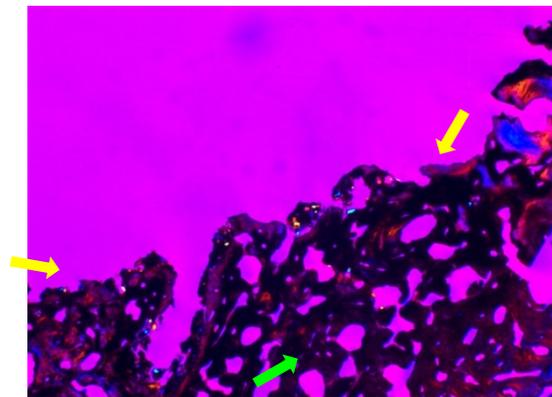
9.4.73 Oer II, 10/10a. Die Innenfläche der Mandibula, intravitale Lochdefekte (rot), wohl eine Entzündung (Parodontitis)



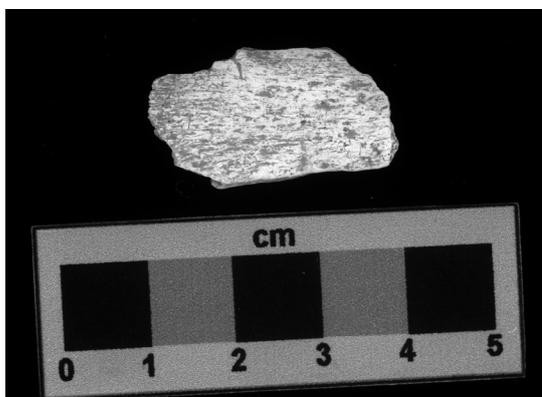
9.4.74 Si 14. Eine nahezu runde Stelle mit unregelmäßiger, feiner Spongiosa (rot) in einem nicht bestimmbar Knochenfragment



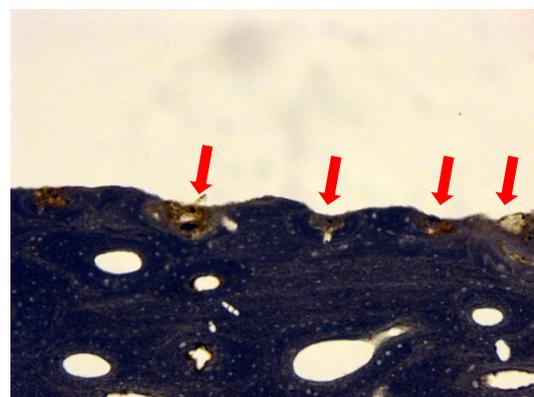
9.4.75 Si 14, 25x, einfaches Durchlicht. Knochengewebe einer Metastase (rot) und die Grenze zur ursprünglichen Knochensubstanz (gelb), die vom osteolytischen Prozess schon angegriffen, aber nicht abgebaut wurde



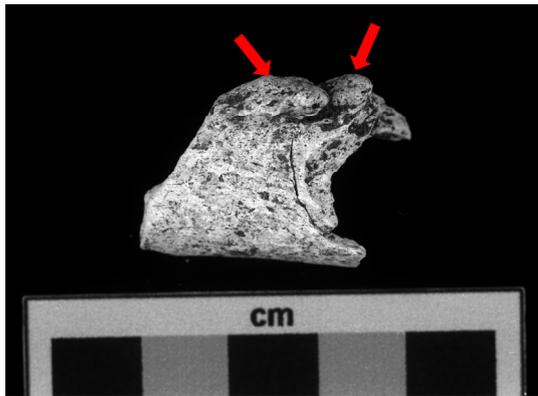
9.4.76 Si 14, 40x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Ein wohl perimortal entstandener, wohl osteolytisch abgebauter Rand (gelb) der Metastase (grün)



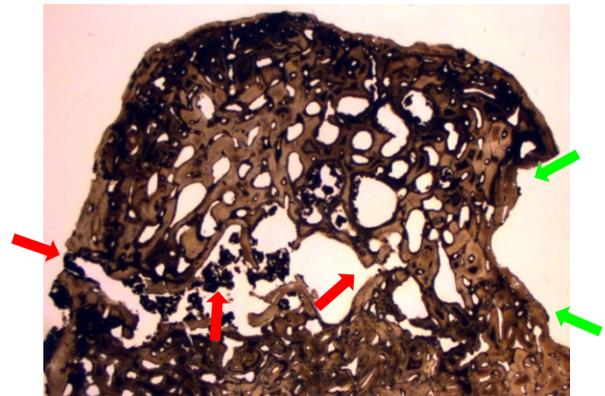
9.4.77 H-K Grhg 4. Poröse, streifige Oberfläche eines Beckenfragments



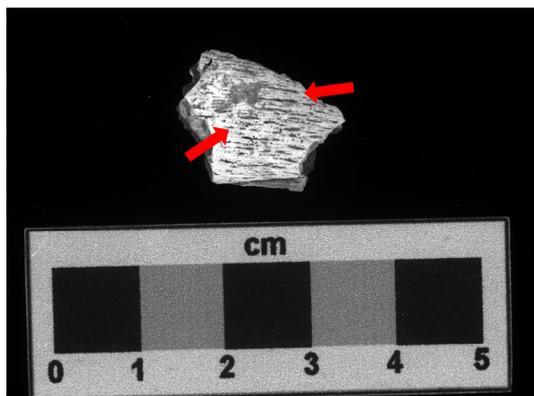
9.4.78 H-K Grhg. 4, 100x, einfaches Durchlicht. Die Streifen erwiesen sich als durch Erosion eröffnete Osteonenkanäle (rot) und somit als postmortale Artefakte



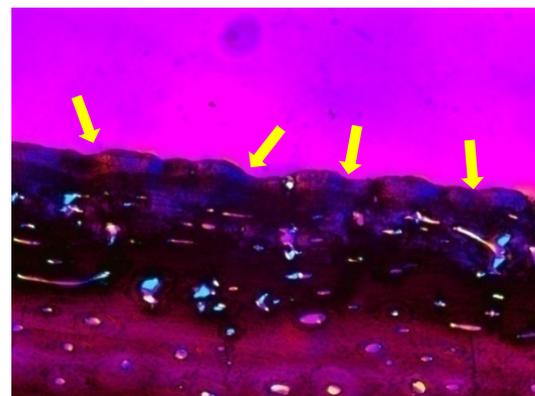
9.4.79 Si 22. Ein scheinbar pathologisch veränderter Muskelansatz (rot), makroskopisch vermutet Linea Musculi solei



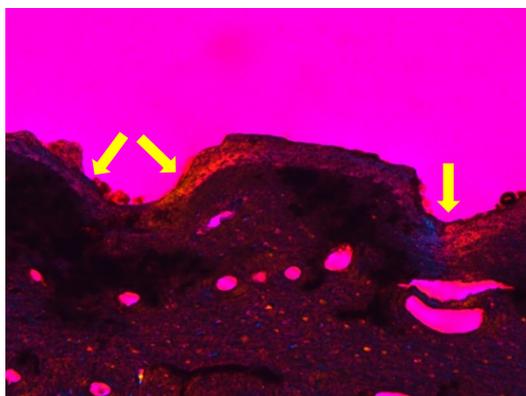
9.4.80 Si 22, 16x, einfaches Durchlicht. Die vermutliche Neubildung entstand durch eine hitzebedingte Beschädigung (rot) der Linea aspera, die z.T. deformiert (grün) ist und dadurch an die Linea. Musc. solei erinnerte



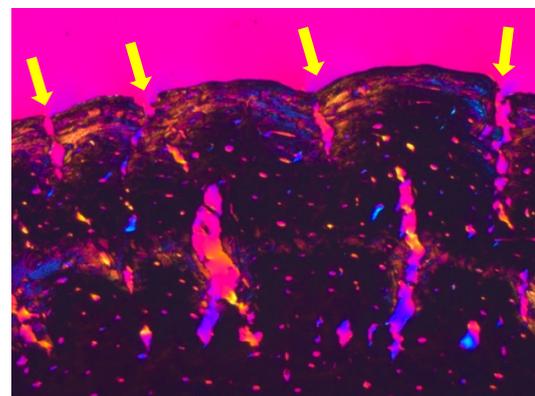
9.4.81 Oc 20/55. Verdacht auf intravitale Längsstreifung (rot) erwies sich als begründet



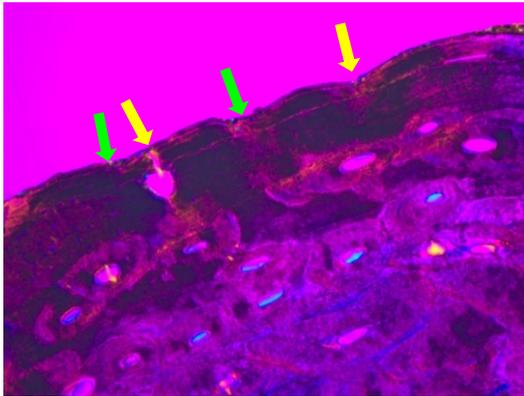
9.4.82 Oc 20/55, 40x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Postmortal stark beschädigte, aber aufgrund des Kollagenverlaufes (gelb) als intravitale erkennbare Rinnen: Längsstreifung



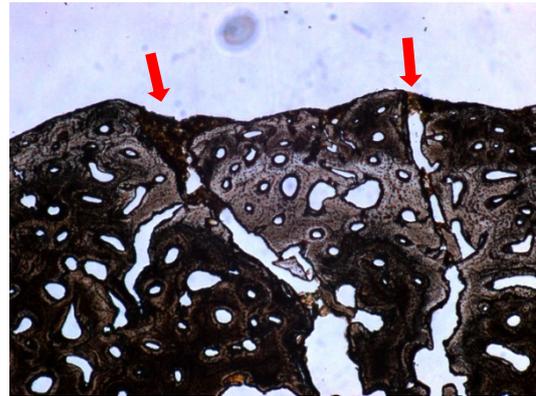
9.4.83 Oer II 18, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Am Kollagenverlauf (gelb) erkennbare intravitale angelegte Vertiefungen



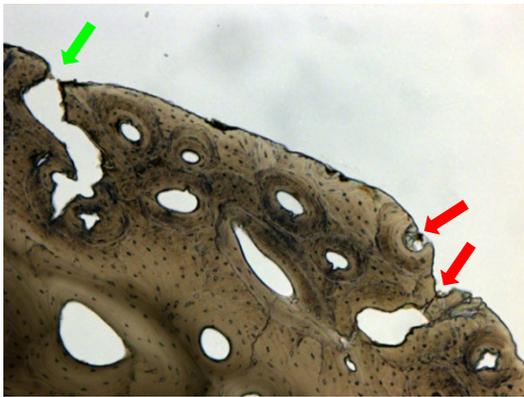
9.4.84 Oc 6/53, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Postmortale Risse (gelb) täuschten in der makroskopischen Betrachtung intravitale Rinnen vor



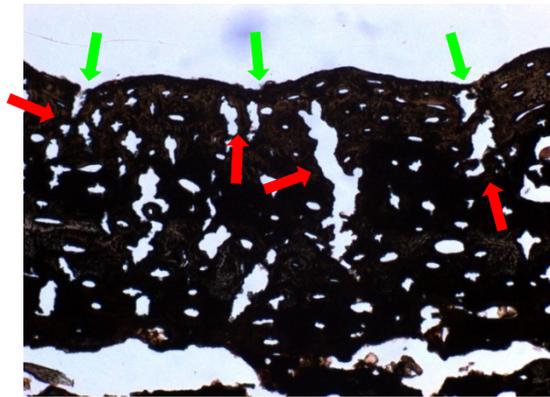
9.4.85 Oc 15/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Risse (gelb) und erodierte Oberfläche (grün) täuschen makroskopisch intravitale Rinnen vor



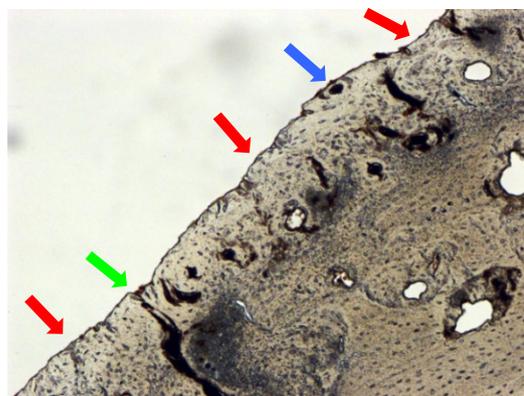
9.4.86 Oc 17/55, 40x, einfaches Durchlicht. Tiefe Risse mit versinterter Erde (rot) täuschten makroskopisch intravitale Rinnen vor



9.4.87 Oc 31/55, 100x, einfaches Durchlicht. Die originelle Oberfläche ist erodiert (freigelegte Osteonkanäle, rot) und zerrissen (grün), sie wirkte makroskopisch längs gestreift



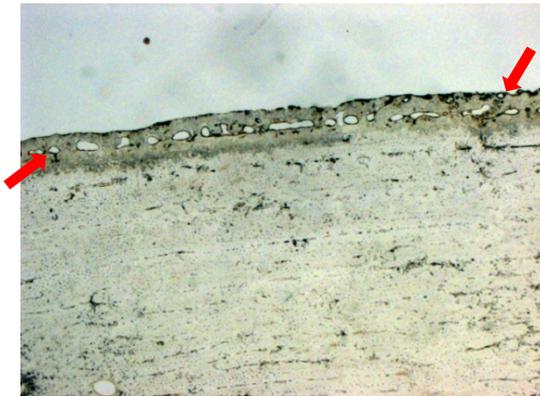
9.4.88 Oc 36/55, 40x, einfaches Durchlicht. Hitzebedingte Risse tiefer im Gewebe (rot). Die deformierte Oberfläche (grün) wirkte makroskopisch gestreift



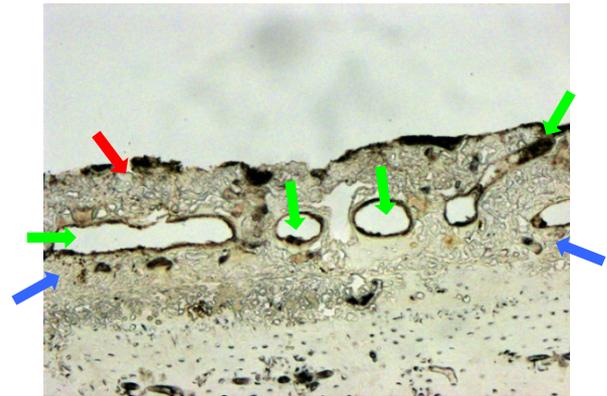
9.4.89 Oer II 12, 100x, einfaches Durchlicht. Erodierter Oberfläche (rot), Risse (grün) und z.T. freigelegte Osteonkanäle (blau) täuschten makroskopisch Längsstreifung vor



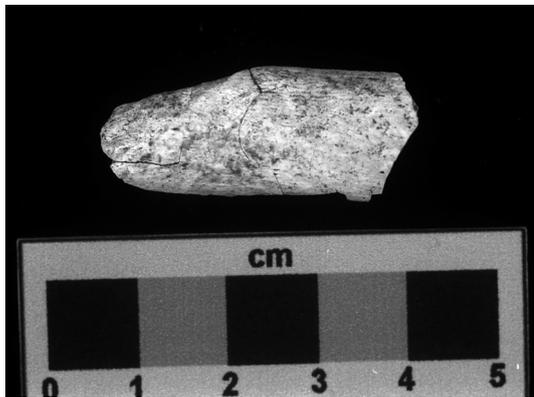
9.4.90 Si X. Ein unbekanntes Knochenfragment aus der Nähe der Brandgräber, dessen Zugehörigkeit zu überprüfen war



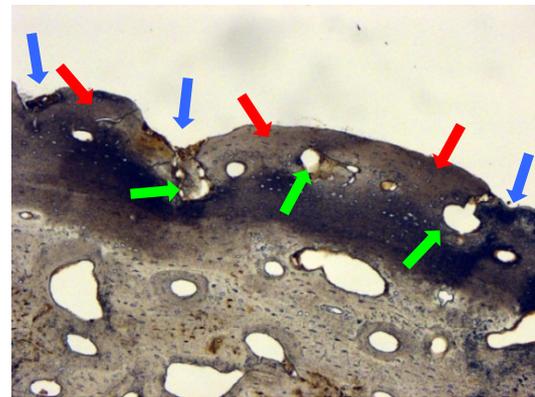
9.4.91 Si X, 25x, einfaches Durchlicht. Eine Schicht hämorrhagisch bedingter Auflagerung (rot) auf der Oberfläche eines unverbrannten Tierknochens



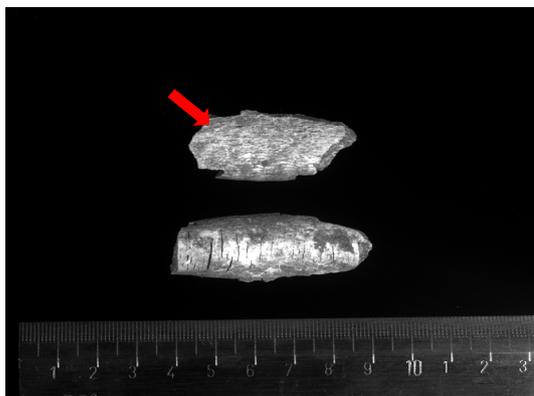
9.4.92 Si X, 100x, einfaches Durchlicht. Die Hämorrhagische Auflagerung (rot) ist durch die Kanäle der subperiostalen Gefäße (grün) von der originellen Oberfläche (blau) getrennt



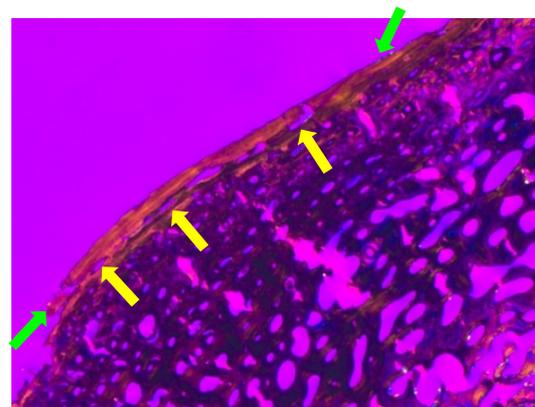
9.4.93 Si 36. Makroskopisch ließ sich auf der Oberfläche des Fragments keine Auflagerung feststellen



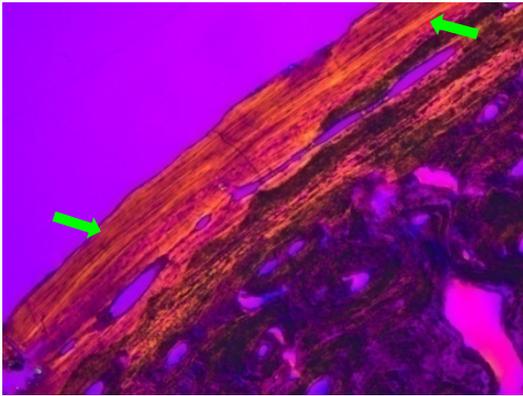
9.4.94 Si 36, 100x, einfaches Durchlicht. Verdacht auf eine gut integrierte, wohl hämorrhagisch bedingte Auflagerung (rot) mit sichtbaren subperiostalen Gefäßkanälen (grün), postmortal beschädigt (blau)



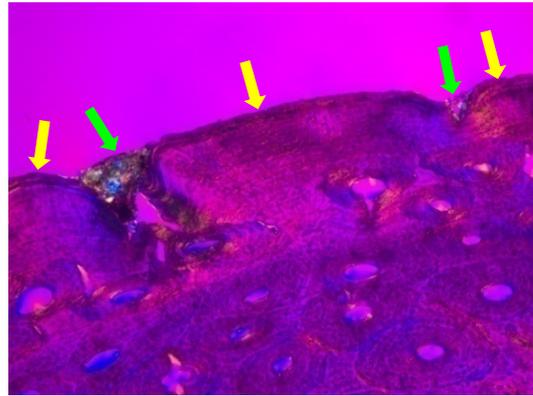
9.4.95 Oc 12/55. Makroskopisch ließ sich auf der Oberfläche des Knochenfragments (rot) keine Spur einer möglichen Auflagerung feststellen



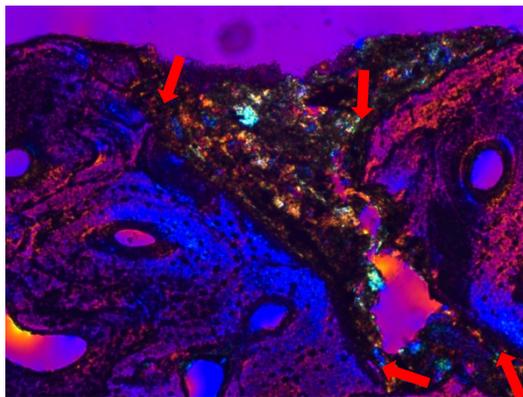
9.4.96 Oc 12/55, 25x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Eine regelmäßige, lamellär aufgebaute Schicht (grün), die von der Oberfläche getrennt zu sein scheint (gelb), Verdacht auf eine alte Auflagerung



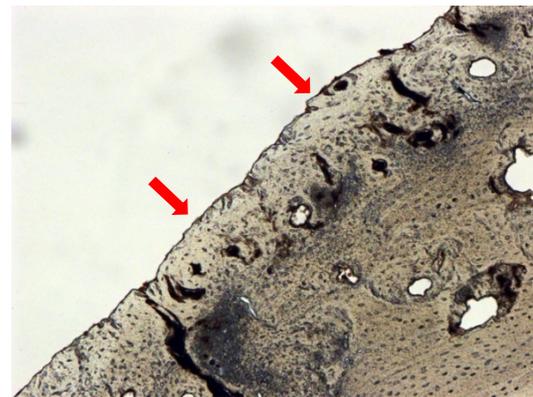
9.4.97 Oc 12/55, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Die regelmäßige, lamelläre Struktur (grün) der vermeintlichen Auflagerung lässt sich nicht mit einem entzündlichen oder hämorrhagischen Prozess in Zusammenhang bringen



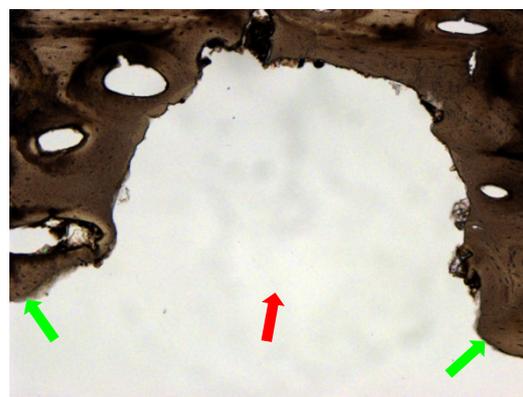
9.4.98 Oc 15/55, 16x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. „Polsterähnliche“ Strukturen (gelb) lassen sich aufgrund der hitzebedingten Deformation und Risse (grün) als beschädigte äußere Generallamelle identifizieren



9.4.99 Oc 17/55, 160x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Ein „Einschnitt“ zwischen zwei „Polster“ (rot) ist eindeutig postmortal



9.4.100 Oer II 12, 100x, einfaches Durchlicht. Fläche „Polster“ (rot) sind durch Erosion der Oberfläche entstanden



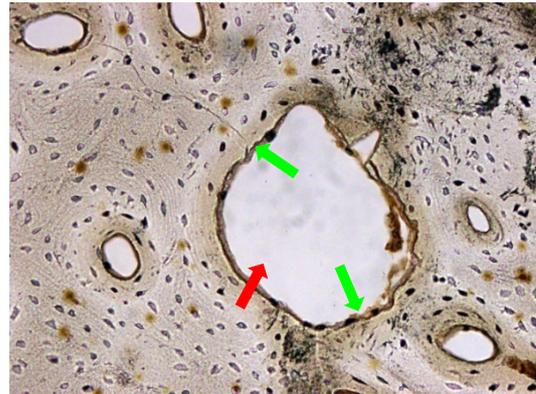
9.4.101 Si 14, 100x, einfaches Durchlicht. Eine „Grube“ (rot) auf der endostalen Oberfläche (grün: innere Generallamelle) ist nur durch Hitze ausgebrochen



9.4.102 Oc 1/55, 40x, einfaches Durchlicht. Eine vermutlich entzündlich bedingte Zyste (rot) direkt unter der Oberfläche eines Kinderknochens hatte wohl durch eine Fistel (grün) Verbindung zu der Oberfläche



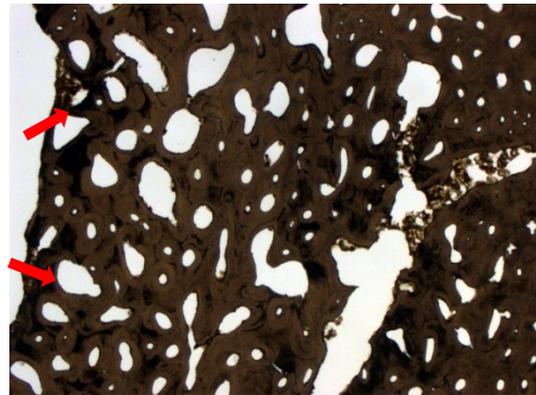
9.4.103 Oc 1/55, 400x, einfaches Durchlicht. Die Oberfläche der Zyste ist bedeckt mit tiefen Howshipschen Lakunen (rot), eindeutiger Beweis eines prämortalen Ursprungs



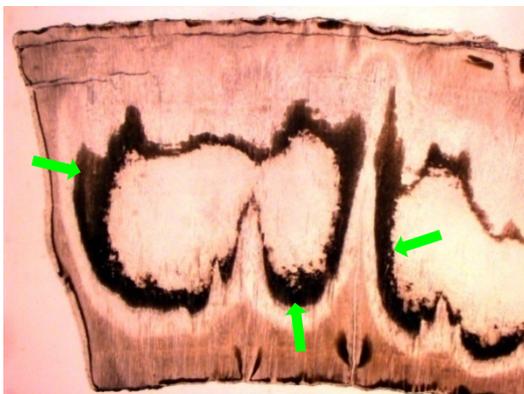
9.4.104 Si 39, 200x, einfaches Durchlicht. Dem Alter des Individuums (35-50 Jahre) nicht angemessen vermehrte Resorptionslakunen (rot) mit Spuren der Howshipschen Lakunen (grün)



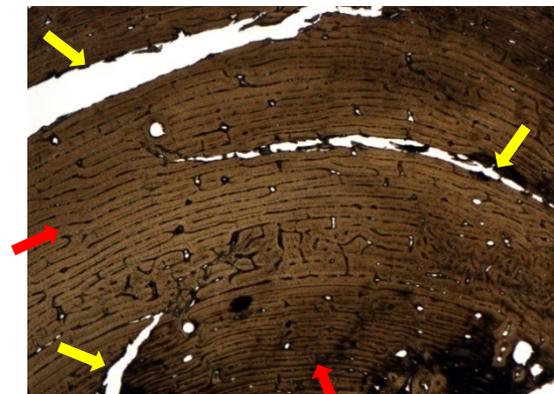
9.4.105 Si 39, 200x, einfaches Durchlicht. Die Howship'schen Lakunen (rot) deuten auf einen aggressiven osteolytischen Prozess hin



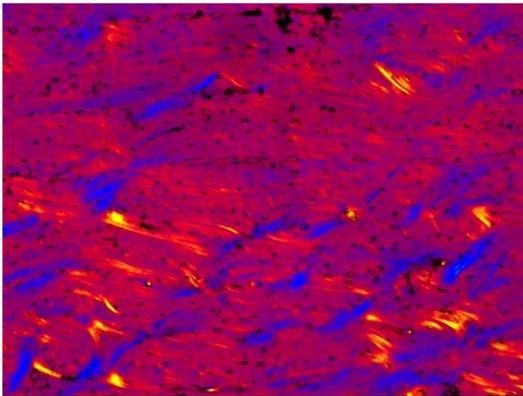
9.4.106 Oc 7a/53, 25x, einfaches Durchlicht. Das rarefizierte Knochengewebe (rot) erinnert an altersbedingte Osteoporose, die aber dem Alter des Individuums (unter 50 Jahre) nicht angemessen ist



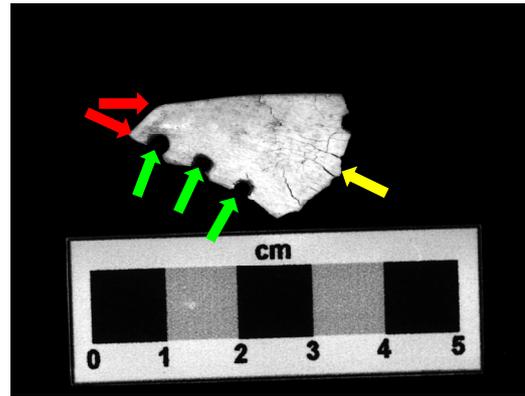
9.4.107 Ko 394, 16x, einfaches Durchlicht. Ein Tierknochenfragment mit Spuren postmortaler Beschädigung (grün)



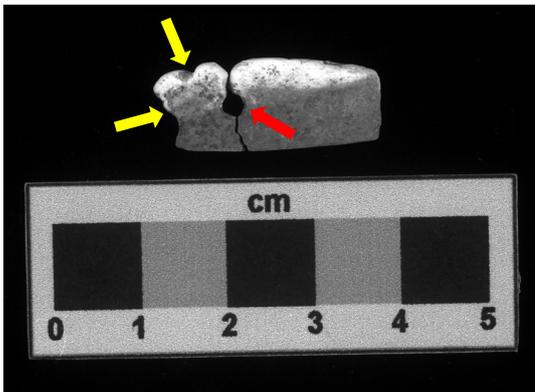
9.4.108 Oc 21/55, 25x, einfaches Durchlicht. Lamelläre Struktur eines Tierknochens (rot) mit hitzebedingten Rissen (gelb)



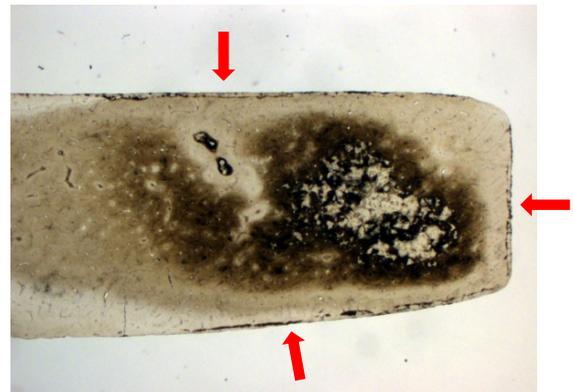
9.4.109 Si X, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Histologische Struktur eines Tierknochens, der makroskopisch für einen Menschenknochen gehalten wurde



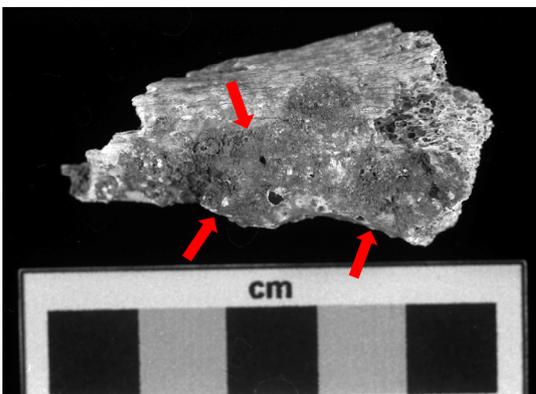
9.4.110 Oc 1b/55. Ein Fragment eines geglätteten Tierknochens, zwei Seiten poliert (rot), die andere wohl hitzebedingt abgebrochen (gelb), drei durchbohrte Öffnungen (grün)



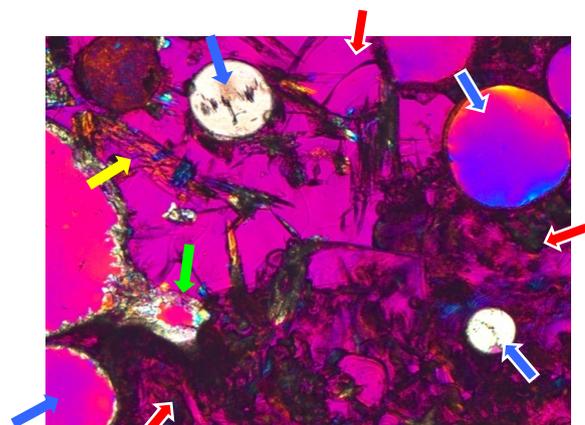
9.4.111 Oc 15/55. Fragment eines polierten Tierknochens, mit wohl durchbohrter Öffnung (rot), verbrannt und beschädigt (gelb)



9.4.112 Oc 15/55, 16x, einfaches Durchlicht. Polierte Oberflächen (rot) eines Tierknochenfragments



9.4.113 Oc 5/53. Reste eines verbrannten unbekanntes Objekts (rot) auf der Oberfläche der distalen Metaphyse eines abgebrochenen linken Radius



9.4.114 Oc 5/53, 100x, pol. Licht mit Hilfsobjekt. Die amorphe mikroskopische Struktur (rot) des Objektes mit wenigen eingedrückt Knochentrabekulae (gelb), Sand (grün) und Blasen (blau)

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, sowie keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen verwendet habe. Die Arbeit war noch nicht Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens.

Jan Nováček

Göttingen, den 3. Februar 2012