

Die Dame mit den Goldohrringen – Eine Spurensuche mit anthropologischen und historischen Daten und ein aussergewöhnlicher histologischer Befund

[The lady with golden earrings – An investigation using anthropological and historical data, and unusual histological findings]

CORNELIA ALDER,¹ NADJA HOKE,² GISELA GRUPE²

¹*Archäologische Bodenforschung Basel-Stadt, 4001 Basel, Schweiz*

²*Biozentrum der LMU, Anthropologie und Umweltgeschichte, 82152 Martinsried, Deutschland*

Zusammenfassung

Vor dem Basler Münster wurde im Sommer 2009 ein Skelett mit fein gearbeiteten Goldohrringen gefunden. Nicht nur der Goldschmuck, ein Hinweis auf eine gehobene Bevölkerungsschicht, sondern auch die prominente Lage des Skeletts liessen auf eine Identifizierung der Toten hoffen. Jedoch zeigte sich, dass die Sterbealtersbestimmung nicht zu den historisch ermittelten Personen passte. Die weiteren anthropologischen Ergebnisse entpuppten sich aber als sehr interessant. Die Dame aus der Oberschicht litt unter schwerer Karies, Mangelerscheinungen und an einer schweren Stoffwechselerkrankung.

Schlüsselwörter: Neuzeit, Identifizierung, Sterbealtersbestimmung, Histologie, Stoffwechselerkrankung

Summary

In the summer of 2009 a skeleton with finely crafted golden earrings was found in front of the Basler Münster. Not only the golden jewellery but also the prominent place of the grave suggested an attempt to identify the dead person. However, the determined age of the individual did not match any of the historical persons in question. But the further anthropological results turned out to be very interesting. The lady from the upper classes suffered of strong caries, deficiency symptoms, and of a severe metabolic disease.

Keywords: Post-medieval times, identification, age estimation, histology, metabolic disease

Die Dame mit den Goldohrringen

Das Skelett der „Dame mit den Goldohrringen“ wurde unter der Rittergasse vor der heutigen Front der Maria Magdalena-Kapelle in einem Leitungsgraben von Mitarbeitenden der Archäologischen Bodenforschung Basel-Stadt entdeckt (Abb. 1). Neben dem Schädel lagen zwei Goldohrringe in Tropfenform mit einem linsenförmigen Verschluss (Abb. 2). Auf der Vorderseite zeigen die aus filigranen Golddrähten und Goldkugelchen gearbeiteten Ohrringe Blütenmotive mit blauen Emailleinlagen. Die Ohrringe werden stilistisch in die zweite Hälfte des 17. Jh. datiert (Hörack 2009).

Insbesondere wegen der prominenten Bestattungslage bestand Hoffnung, der Individualität der Dame näher zu kommen. Parallel zu den archäologischen und historischen Recherchen erfolgten die anthropologischen Untersuchungen. Anhand verschiedener Kriterien am Schädel konnte das von archäologischer Seite als weiblich bestimmte Geschlecht bestätigt werden. Die Tote hatte einen grazilen Skelettbau und war nach Bach (1965) 155 cm gross. Eine grössere Herausforderung als die anthropologische Geschlechtsbestimmung stellte die Sterbealtersbestimmung der Toten dar. Diese wurde mit der kombinierten Methode (Ácsádi und Nemeskéri 1970) anhand des



Abb. 1: In situ Aufnahme des Skeletts der Dame mit den Goldohrringen. An Stelle des linken Ellenbogens ein rechter Daumenknochen – ein Hinweis auf die angewinkelte Haltung des rechten Arms im Grab.

Verwachsungsgrads der Schädelnähte, des fragmentarisch erhaltenen Oberarmkopfes sowie anhand des Gebisses und der Gelenke vorgenommen. Das Sterbealter liegt zwischen 25 und 48 Jahren. Mit der zahnhistologischen Methode (TCA) sollte versucht werden, das sehr weit gefasste Sterbealter der Frau einzugrenzen. Die jährlichen Zahnzementzuwachsringe zweier Prämolaren konnten im Schnittbild unter dem Mikroskop ausgezählt werden und ergeben ein Sterbealter der Dame um die 30 Jahre (Analyse von Frau Dr. Birgit Grosskopf, Göttingen: Sterbealter 26 +/- 3,2 Jahre. Analysen von Prof. Dr. Ursula Wittwer-Backofen, Medizinische Fakultät der Albert Ludwigs- Universität Freiburg: Sterbealter 31 bis 36 Jahre und mit der Lamendin-Technik um 30 Jahre). Auch die knochenhistologische Untersuchung sollte zur Bestimmung des Sterbealters wie auch zu Fragen bezüglich der Gesundheit der Verstorbenen weiterhelfen. Das Schnittbild eines Knochenplättchens des Oberarmknochens wurde erstellt. Dieses zeigt, dass eine massive,

periodisch verstärkt auftretende Mineralisationsstörung vorgelegen hat. Dies deutet auf eine Stoffwechselerkrankung hin. Mit hoher Wahrscheinlichkeit kann eine Nierenfunktionsstörung als Grund für den gestörten Knochenstoffwechsel angenommen werden (siehe Kasten). Eine Sterbealtersbestimmung unter Anwendung der klassischen histologischen Methode ist, bedingt durch die starken Strukturveränderungen des Knochens, nicht möglich.

Die Knochen erzählen uns aber noch Weiteres über das Leben und Leiden der verstorbenen Frau. Diese litt unter sehr starker Karies. Im Unterkiefer sind die Alveolen aller linken und der beiden ersten rechten Molaren zugewachsen. Vom linken ersten Prämolaren ist die Krone bis auf die Wurzel weggefault. In der rechten Oberkieferhälfte sind vom Eck- und dem zweiten Schneidezahn nur noch die Wurzeln vorhanden. Auch der erste rechte obere Schneidezahn weist Karies auf. In der linken Oberkieferhälfte (Abb. 3) weisen der erste und der zweite Schneidezahn wie auch der erste



Abb. 2: Die Goldohrringe nach der Restaurierung.

Prämolar starke Karies auf. Vom zweiten Prämolar ist nur noch der Wurzelstumpf vorhanden. Der erste und dritte Molar weisen sehr starke Karies auf, vom zweiten Molar ist ebenfalls nur noch der Wurzelrest vorhanden. Insbesondere im Oberkiefer ist ein Rückgang des Kieferknochens wegen einer Parodontitis zu beobachten. Mehrere Zähne zeigen starken Zahnsteinbefall. Ein schlechter Gebisszustand erstaunt in der frühen Neuzeit nicht weiter. Karies ist ein Indikator für mangelhafte oder fehlende Mundhygiene und bildet sich in Kombination mit Kohlenhydraten in der Nahrung (Grupe *et al.* 2005). Die vorhandenen transversalen Schmelzhypoplasien an diversen Zähnen deuten auf eine physiologische Stresssituation wie Mangelernährung oder eine Infektionskrankheit u.a. in der Kindheit der Dame hin (Grupe *et al.* 2005).

Die Gelenke – soweit erhalten – weisen eine nur geringe Abnutzung auf. Leichte Randbildung (Spondylosis deformans, Czarnetzki 1996) ist an der Facies articularis lateralis des Axis und auch an den Rändern der Halswirbelkörper (Corpus vertebrae) zu beobachten. Leichte Randbildungen liegen auch an den Brustwirbeln 2–4 vor. Ob die Dame, ihrer gehobenen gesellschaftlichen Stellung entsprechend, kaum harter körperlicher Arbeit nachgehen musste oder ob die geringen Verschleisserscheinungen eher an einem tieferen Sterbealter liegen, muss offen gelassen werden.

Am rechten und linken Schlüsselbein ist eine zusätzliche Gelenkfläche zu der ersten Rippe zu beobachten (Abb. 4). Hierbei handelt es sich um ein costoclaviculares Gelenk, wobei sich anstelle der

Knochenhistologischer Befund (von N. Hoke und G. Grupe)

Typischer osteonaler Knochen, wie er bei einem gesunden erwachsenen Individuum zu erwarten wäre, liegt nur in einem diskreten Bereich endostal bis medial vor. Die Osteone sind zahlreich und Schalllamellen erkennbar. Generallamellen sind so gut wie nicht erhalten. Im Falle gesunden Knochenstoffwechsels deutet dies auf ein fortgeschrittenes Lebensalter hin. Der Abschnitt umgebauten Knochens ist pathologisch unauffällig. Begrenzt wird dieser unauffällige Abschnitt in Richtung Kompaktamitte durch zahlreiche, deutlich sichtbare Haltelinien, welche Ereignisse massiver Mineralisationsstörung anzeigen. In Richtung des periostalen Randes ist ein periodischer Wechsel zwischen deutlich zutage tretenden, massiven Haltelinien und weniger deutlichen, feineren Linien zu beobachten. Osteone sind in der Hellfeldbetrachtung nur vereinzelt erkennbar, teilweise auch in Form primärer Osteone (Abb. 5). Unter Polfilterbetrachtung zeigt sich eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Störung der Brechungseigenschaften im Vergleich zu Generallamellen gesunden Knochens. Das Auftreten von Brewster-Kreuzen in Osteonen als Folge ihrer speziellen Doppelbrechungseigenschaften enthüllt eine große Anzahl im Hellfeld nicht sichtbarer sehr kleiner osteonaler Strukturen, die lokal gehäuft auftreten (Abb. 6). Die veränderten Doppelbrechungseigenschaften weisen allgemein auf ein gestörtes Mineral-Kollagenverhältnis hin. Im Gesamtbild enthüllt der Knochenschnitt eine massive, periodisch verstärkt auftretende Mineralisationsstörung, welche auf eine systemische Stoffwechselerkrankung hindeutet. Mit hoher Wahrscheinlichkeit kann eine Nierenfunktionsstörung als Grund für den gestörten Knochenstoffwechsel angenommen werden, da die Niere eine entscheidende Rolle in der Regulierung des Calcium- und Phosphathaushaltes sowie des Vitamin-D-Metabolismus spielt (Goodman 2006).

Als wahrscheinlichste Ursache für das atypische histologische Erscheinungsbild könnte eine adyname renale Knochenkrankheit (low bone turnover disease) angenommen werden, eine Erkrankung, die sehr häufig bei Dialysepatienten vorkommt (Brandenburg und Floege 2009). Gekennzeichnet ist diese Erkrankung durch einen extrem verlangsamten Knochenumbau, bedingt durch verminderte Mineral- wie auch Osteoidsynthese. Üblicherweise ist das Gesamtknochenvolumen reduziert, was im vorliegenden Fall jedoch nicht beobachtet werden kann (Lehmann und Wolf 2008). Die adyname renale Knochenkrankheit tritt unter verschiedenen Voraussetzungen auf: Zum einen kann sie sich als Folge von Aluminiumtoxikation manifestieren (häufig bei früheren Dialysebehandlungen), zum anderen als Folgeerscheinung bei Diabetes und im Alter. Tatsächlich ist eine adyname renale Knochenkrankheit der typische Knochenstatus bei Urämie (= terminale Niereninsuffizienz) (Brandenburg und Floege 2008). Nicht restlos erklären lässt sich das periodisch verstärkte Auftreten von mehr oder weniger deutlichen Haltelinien, was eine stärkere bzw. schwächere Ausprägung der Erkrankung in bestimmten Zeiträumen (Jahreszeiten) suggeriert.



Abb. 3: Linke Oberkieferhälfte mit sehr starker Karies.

normalen ligamentösen Verbindung der Clavicula mit der ersten Rippe ein Gelenk ausgebildet hat, eine Variante an der Grenze der Norm (Köhler 1989).

Die Todesursache der Dame konnte an den Skelettresten nicht festgestellt werden. Jedoch wird durch obige Ausführungen deutlich, dass die Frau, wenn sie nicht direkt an den Folgen der Stoffwechselerkrankung gestorben ist, sicherlich einen generell geschwächten Organismus hatte und auch an einer im Normalfall nicht tödlich verlaufenden Krankheit gestorben sein könnte.

Wie erwähnt sollte versucht werden, aufgrund der exakten Sterbealtersbestimmung und der Bestattungsbücher, Quellen und Pläne zum Basler Münster der Identität der Dame näher zu kommen. Aus dem Jahr 1761 stammt ein Gräberplan des Kreuzgangs, auf dem auch die Gräber in der Maria Magdalena-Kapelle verzeichnet sind. 1859/60 wurde wegen einer Strassenverbreiterung der Westteil der Kapelle abgebrochen und fünf Grabstätten aufgehoben (Bernasconi 2009). An der Stelle, wo die Dame mit den Goldohrringen lag, befand sich ursprünglich die



Abb. 4: Eine Variante an der Grenze der Norm: ein costoclaviculares Gelenk.

Familiengrabstätte des Abel Socin (1632–1695), Gerichtsherr und Gesandter am französischen Hof. Als Angehöriger einer der beiden damals mächtigsten Basler Familien hatte er drei Mal geheiratet. Seine dritte Frau, Maria Hummel, verstarb im Alter von 48 Jahren und ist auf dem Epitaph erwähnt. Bei dieser Dame vermutete man, dass sie die vorgefundene bestattete Person sein könnte. Die Zahnzementanalysen weisen dem vorgefundenen Skelett aber ein deutlich tieferes Sterbealter zu. Natürlich darf hier die Diskussion über die Zuverlässigkeit der Zahnzementmethode nicht ausser Acht gelassen werden. Jedoch gilt es zu beachten, dass diese Methode insbesondere in den Altersklassen von über 40 Jahren teilweise zu massiven Abweichungen führen kann (Obertová und Franken 2009) und die zahnhistologischen Bestimmungen in diesem Fall im Alter um die 30 Jahre liegen. Beim heutigen Stand der Forschung kann auch nicht gänzlich ausgeschlossen werden, dass das Zementwachstum auch durch die Stoffwechselerkrankung gestört worden sein könnte und somit das zahnhistologisch bestimmte Sterbealter beeinflusst bzw. verfälscht worden ist. Für ein tiefes Sterbealter würde auch der sehr geringe Abkautungsgrad der Zähne sprechen. Eine Beurteilung der Zahnabration ist jedoch wegen der starken Karies in Unter- und Oberkiefer nicht oder nur sehr bedingt möglich.

Um der Identität der Toten näher zu kommen, muss man sich auch nach weiteren in Frage kommenden

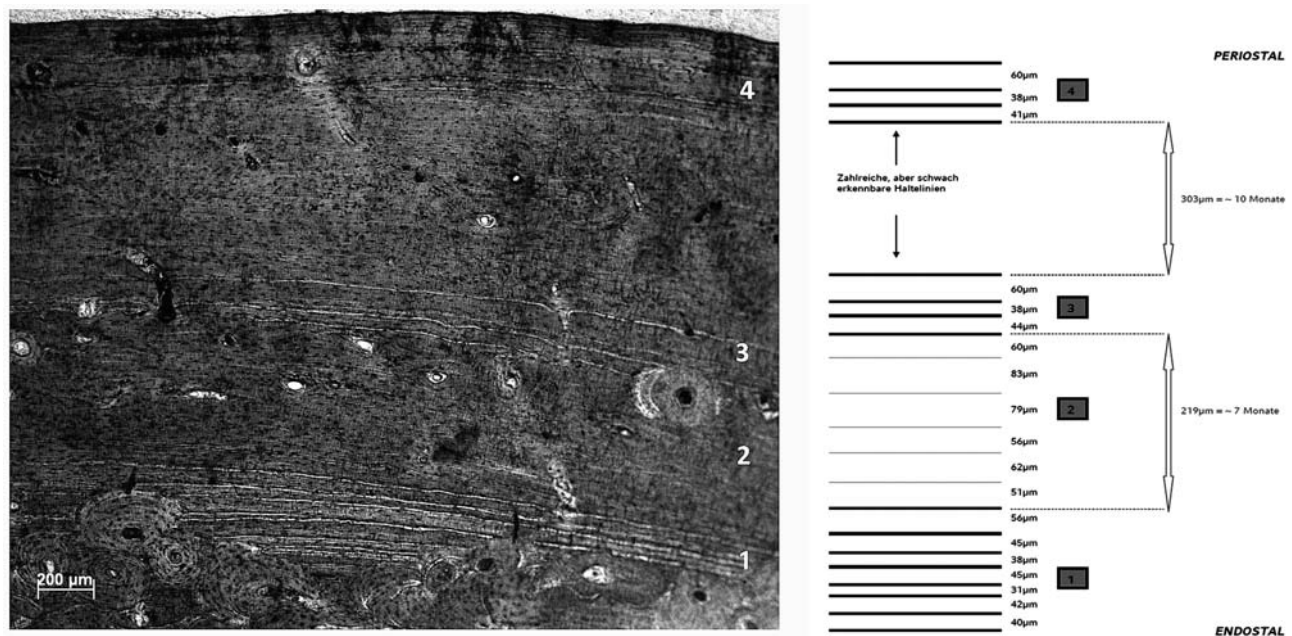


Abb. 5: Mikroskopisches Hellfeld-Bild (Vergrößerung 50×; oben: periostal; unten: endostal). Endostal ist die normale Struktur osteonalen Knochens zu erkennen. Die zahlreichen Haltelinien sowie der fehlende Knochenumbau medial und periostal deuten auf massive Mineralisationsstörungen hin. Rechts: Darstellung der Abstände zwischen den Haltelinien. Bei einer Syntheserate von 1 µm Knochensubstanz pro Tag für gesunden Knochen beträgt der Abstand zwischen den Linien 1–2 Monate.

Frauen umsehen. Die Mitglieder der weit verzweigten Basler Familie Socin sind ausser durch Inschriften auf den Grabplatten auch durch Familienbücher weitgehend bekannt, ihre Begräbnisplätze zu identifizieren ist aber nur in Einzelfällen möglich (Bernasconi 2009). So ergibt sich eine Reihe von in Frage kommender Personen, die durchaus die anthropologischen Kriterien erfüllten, deren Bestattungsplatz jedoch nicht mit den Gräbern in Verbindung gebracht werden kann. Hingegen gibt es eine kleinere Anzahl an Personen, von denen wir wissen, dass sie in den betreffenden Gräbern bestattet worden sind, aber nicht mit Ergebnissen der anthropologischen Untersuchung, insbesondere der Sterbealtersbestimmungen übereinstimmen. Eine Identifizierung der Dame ist bisher nicht gelungen. Auch wenn von den drei Ehefrauen des Abel Socin keine in das anthropologische Bild passt, scheint eine Zuweisung der Grabstelle zur Familie Socin plausibel. Jedoch ist auch nicht ganz auszuschliessen, dass schon vor den Socins an dieser Stelle bestattet wurde und es sich bei der Dame mit den Goldohrringen somit um eine gänzlich unbekannte Person handeln könnte. Sicher ist aber, dass wir es mit einer Dame aus der Basler Oberschicht zu tun haben, die chronisch krank war, vermutlich jung verstorben ist und mit einer, zu dieser in

Basel streng protestantischen Zeit, ungewöhnlichen Beigabe – den meisterhaft gearbeiteten Goldohrringen – bestattet wurde.

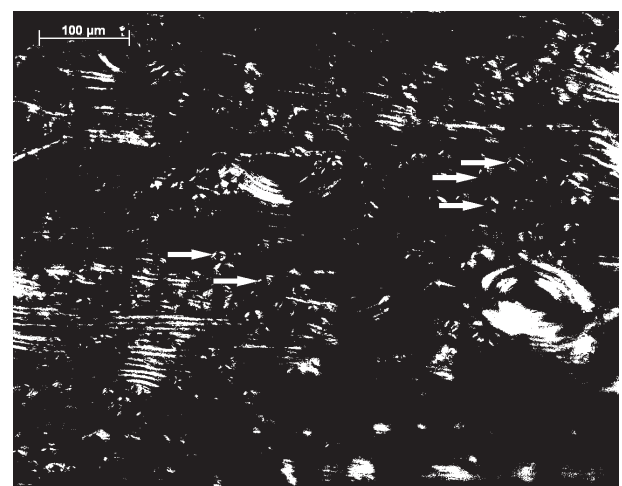


Abb. 6: Polfilteraufnahme im Bereich des nicht umgebauten Gewebes (Vergrößerung 200×). Die Pfeile bezeichnen beispielhaft die sehr kleinen osteonalen Strukturen.

Literatur

- Acsádi G, Nemeskéri I 1970. *History of Human Life Span and Mortality*. Budapest.
- Bernasconi M 2010. *Jahresbericht der Archäologischen Bodenforschung Basel-Stadt 2009*. Basel, 69–95.
- Brandenburg V, Floege J 2009. *Adynome* ("low turnover") *renale Osteopathie*. *Der Nephrologe* 5: 388–394.
- Brandenburg V, Floege J 2008. *Adynamic bone disease – bone and beyond*. *Nephrology Dialysis Transplantation* plus 3: 135–147.
- Czarnetzki A 1996. *Stumme Zeugen ihrer Leiden, Paläopathologische Befunde*. Tübingen.
- Goodman WG 2006. *Renal osteodystrophy for nonnephrologists*. *Journal of Bone and Mineral Metabolism* 24: 161–163.
- Grupe G, Christiansen K, Schröder I, Wittwer-Backofen U 2005. *Anthropologie, Ein einführendes Lehrbuch*. Berlin, 102.
- Hörack C 2010. *Jahresbericht der Archäologischen Bodenforschung Basel-Stadt 2009*. Basel, 80–81.
- Köhler A 1989. *Grenzen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbild des Skeletts*. Stuttgart, 226–228.
- Lehmann G, Wolf G 2008. *Knochenhistologie bei renaler Osteodystrophie*. *Osteologie* 3: 107–111.
- Monier-Faugere M-C, Mawad H, Qi Q, Friedler RM, Malluche HH 2000. *High Prevalence of Low Bone Turnover and Occurrence of Osteomalacia after Kidney Transplantation*. *Journal of the American Society of Nephrology* 11: 1093–1099.
- Obertová Z, Francken M 2009. *Tooth Cementum Annulation Method: Accuracy and Applicability*. In: Koppe T, Meyer G, Alt KW. *Comparative Dental Morphology*. Basel, 184–189.

Adressen:

Cornelia Alder
Archäologische Bodenforschung Basel-Stadt
Petersgraben 11
4001 Basel
Schweiz
E-mail: cornelia.alder@bs.ch

Nadja Hoke, Gisela Grupe
Biozentrum der LMU
Anthropologie und Umweltgeschichte
Großhadener Str. 2
82152 Martinsried
Deutschland
E-mail: nadja.hoke@lrz.uni-muenchen.de;
G. Grupe@lrz.uni-muenchen.de

Abbildungsnachweis

Abb. 1–4

Archäologische Bodenforschung Basel-Stadt

Abb. 5–6

Hoke und Grupe 2010

Anthropologische Untersuchungen an frühneuzeitlichen Schädeln aus dem Beinhaus von Hergiswil, Kt. Nidwalden, Schweiz

[Anthropological analysis of post-medieval ossuary skulls from Hergiswil, canton Nidwalden, Switzerland]

ANDREAS CUENI

16010 Kriens, Schweiz

Zusammenfassung

Die Schädel funde aus dem Beinhaus von Hergiswil repräsentieren eine weitgehend normale Bevölkerung der Frühen Neuzeit. Frauendefizit und geringere Lebenserwartung, verbunden mit einer Übersterblichkeit jüngerer Frauen im gebärfähigen Alter sind charakteristisch für eine Dorfbevölkerung dieser Zeit. Hinsichtlich der Morphologie entsprechen sowohl die Frauen als auch die Männer dem stark verrundeten Schädeltyp, der für die Alpiniden Bevölkerungen der Neuzeit kennzeichnend ist. Die Krankheitsbelastung verweist auf normale Lebensumstände mit arthrotischen beziehungsweise spondylotischen Veränderungen, intravitalen Zahnverlusten und Erkrankungen des knöchernen Zahnhalteapparats. Häufige Cribra orbitalia deuten auf überstandene Stresssituationen hin. Von Interesse ist aufgrund der anatomischen Erbvarianten die Herausbildung von fünf Bevölkerungsgruppen. Sie könnten möglicherweise fünf alteingesessene Hergiswiler Familien repräsentieren, deren Geschichte teilweise bis ins 14. Jahrhundert zurückgeht.

Schlüsselwörter: Beinhausschädel, anthropologische Charakterisierung, epigenetische Merkmale, Familienverbände

Summary

The skull findings from the ossuary of Hergiswil represent to a high degree a normal population of the early modern age. Deficiency of women and lower life expectancy, combined with higher mortality of younger women in the reproductive age, are characteristic for a village population of this time. Regarding the morphology, both women and men correspond to the strongly rounded skull type which is characteristic for the populations of post-medieval Alpinids. The palaeopathological findings include osteoarthritic or spondylotic changes, dental caries, intra vitam tooth loss and diseases of the jaw bones, and point towards normal living conditions. Frequent cribra orbitalia indicate survived physical stress situations. The study of the epigenetic variants shows five subpopulations. They could possibly represent five long-established families from Hergiswil whose history partly goes back to the 14th century.

Keywords: Ossuary skulls, anthropological characterization, epigenetic variants, family kinship groups

Einleitung

Im Jahre 1998 wurde während der Neugestaltung des ehemaligen Beinhauses in Hergiswil NW eine Grube mit einer grossen Zahl menschlicher Schädeln vorgefunden. Im Verlauf einer Notbergung konnten die Schädel von beinahe 800 Individuen freigelegt, geborgen und anschliessend anthropologisch untersucht werden.

Beinhäuser waren bis ins 18. Jahrhundert Bestandteil der Friedhofsanlage und dienten der geordneten

Aufbewahrung der bei einer Neubelegung der Gräber herausgenommenen Gebeine. Diese Beinhäuser waren in der Regel ein- oder zweigeschossige Kapellen mit mindestens einem Altar. Die Knochen der verstorbenen Vorfahren konnten häufig durch eine Öffnung von Aussen betrachtet werden, sozusagen als dauerndes „memento mori“, als Erinnerung daran, wohin die Reise des Menschen in dieser Welt letztlich führt.

Bei den vorgefundenen menschlichen Gebeinen handelt es sich ausschliesslich um Schädel ohne die zugehörigen Unterkiefer und Zähne sowie um

vereinzelte Oberarm- oder Oberschenkelknochen. Infolge dieser charakteristischen Erhaltung kann davon ausgegangen werden, dass es sich um die Überreste eines ehemaligen Schädeldepots handelt. Hinsichtlich der Zeitstellung lässt sich wegen des bekannten Baujahrs der Beinhauskapelle von 1675 annehmen, dass die Gebeine eine Zeitspanne von der frühen Neuzeit bis etwa ins 18. oder frühe 19. Jahrhundert hinein repräsentieren. 1873 wurde die Schädelwand abgetragen.

Die Skelettreste aus dem Beinhaus von Hergiswil bilden ein wichtiges Quellenmaterial, das Aussagen zur demographischen Struktur einer frühneuzeitlichen Bevölkerung der Zentralschweiz sowie zur Morphologie und zu möglichen Verwandtschaftsbeziehungen gestattet. Daneben ist die Erfassung einiger pathologischer Erscheinungen für die Darstellung verschiedener Krankheitsbilder und als Kennzeichen von Ernährungsgewohnheiten möglich.

Material und Methodik

Material

Die Aussagekraft der Untersuchung wird dadurch eingeschränkt, dass für die Untersuchung lediglich Calvarien, also Schädel ohne Unterkiefer zur Verfügung standen. Im Ganzen umfasste das Ensemble aus dem Beinhaus von Hergiswil die Calvarien von 778 Menschen. Für die anthropologische Begutachtung eigneten sich 746 Calvarien von erwachsenen Frauen und Männern aller Altersstufen (Tab. 1). Skelettelemente von Kindern und Jugendlichen fehlten völlig. Auch sind aus den Oberkiefern fast alle Zähne entfernt worden, sofern sie den Verstorbenen nicht bereits zu Lebzeiten ausgefallen waren. Bei wenigen Individuen steckten noch vereinzelte Backenzähne in den Oberkieferknochen. Die geringe Gesamtzahl von nur 46 Zähnen verunmöglicht jedoch differenzierte Rückschlüsse hinsichtlich der Zahngesundheit.

Tab. 1: Übersicht über das Skelettmaterial aus dem Beinhaus von Hergiswil.

Schädel (Calvaria)	intakt	746
	defekt	32
Unterkiefer		2
Humeri		8
Femora		12

Methoden

Die Geschlechtsdiagnosen an den Schädeln wurden gemäss den „Empfehlungen“ von Ferembach *et al.* (1979) durchgeführt. In fraglichen Fällen wurden Verfahren der multivariaten Statistik zu Hilfe genommen (Henke 1973, 99ff.).

Für die Altersbestimmung musste die Obliteration der Schädelnähte herangezogen werden. In erster Linie wurde der endokraniale Nahtverschluss nach der Methode von Perizonius (1984, 203) beurteilt, ergänzend fand die ektokraniale Verknöcherung nach dem Schema von Vallois, modifiziert von Rösing (1977, 60) Anwendung.

Die Berechnung der Sterbetafeln erfolgte gemäss den in Acsádi und Nemeskéri (1970, 63 ff.), und Drenhaus (1992, 606ff.) aufgeführten Methoden.

Die Erhebung der metrischen Daten geschah auf der Grundlage der Massdefinitionen von Martin (Bräuer 1988, 129ff.).

Für die epigenetischen Merkmale am Schädel wurden die Arbeiten von Reinhard und Rösing (1985), Hauser und De Stefano (1989) und Czarnetzki (2000) beigezogen. Die osteopathologischen Befunde wurden nach Schultz (1988, 480ff.) erhoben.

Ergebnisse

Demographie

Die Voraussetzungen für eine demographische Analyse sind für das Schädelensemble von Hergiswil nur in sehr begrenztem Ausmasse gegeben. Von den Bedingungen, die Wittwer-Backofen (1987, 3) formuliert hat, ist lediglich eine einzige erfüllt. Der Charakter der Bevölkerung ist nur hinsichtlich ihrer „Natürlichkeit“ beurteilbar. Es handelt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um Angehörige einer bäuerlichen Bevölkerung, die zusammen eine Dorfgemeinschaft bildeten. Das Schädelensemble besitzt somit hinsichtlich der Individuenzahl und der Zusammensetzung nur eine äusserst eingeschränkte Repräsentativität. Als Folge der willkürlichen Auslese der Schädel durch die Totengräber stellen die Calvarien eine „mechanische Bevölkerung“ dar, deren Zusammensetzung durch Sonderbestattungen, selektive Bestattungsmodi oder auch eine nicht näher bekannte Sozialtopographie innerhalb des zugehörigen Friedhofs wesentlich beeinflusst sein können (Herrmann 1987, 57).

Tab. 2: Geschlechterverteilung der Bevölkerungsstichprobe aus dem Beinhaus von Hergiswil (n = 746).

Männer		Frauen		Indet	
n	%	n	%	n	%
407	54,6	296	39,6	43	5,8

Geschlechterverteilung

Bei 703 der insgesamt 746 Erwachsenen mit einem Sterbealter von mehr als 20 Jahren liess sich das Geschlecht mit Sicherheit oder wenigstens hoher Wahrscheinlichkeit bestimmen. Dabei konnten 407 Schädel als männlich und 296 als weiblich eingestuft werden. Für 43 Individuen erwiesen sich sowohl die morphologische als auch die diskriminanzanalytische Bestimmung als unsicher. Diese Individuen wurden als unbestimmbar eingestuft (Tab. 2).

Das nachstehende Diagramm veranschaulicht die Verteilung (Abb. 1):

Für den Maskulinitätsindex des Schädelensembles aus dem Beinhaus von Hergiswil ergibt sich für Erwachsene ab der frühadulten Altersstufe ein Wert von 137,5. Er belegt einen deutlichen Männerüberschuss, wie er für ländliche Bevölkerungen des Mittelalters und der frühen Neuzeit häufig beobachtet werden kann. Bei einer Gegenüberstellung mit anderen Populationsstichproben des zentralschweizerischen Raums, wie etwa Reiden (Cueni 1989, 60ff.), Stans (Cueni und Meyer-Hofmann 1989) oder Altishofen (Cueni 1991) mit Werten zwischen 117,3 und 150,0, liegt in Hergiswil der Maskulinitätsindex in einem mittleren Bereich. Historiker sehen für Mittelalter und Neuzeit in unausgewogenen Sexualrelationen ein Kennzeichen für Orte mit starker Ein- oder Auswanderung; ein Ungleichgewicht der Geschlechter mit deutlichem Frauenüberschuss gilt als typisches Merkmal von Städten und stadtnahen Gemeinden (Burri 1975, 43f.). Als Ursache der demographischen Stadt-Land-Unterschiede kann der historisch nachgewiesene Zustrom alleinstehender Frauen zu den städtischen

Haushälterinnen- und Dienstbotenstellen gelten (Burri 1975, 43f.). Im Falle des Orts Hergiswil könnte die benachbarte Stadt Luzern einen merklichen Einfluss als Anziehungspunkt ausgeübt haben. Eine Verzerrung der realen Bevölkerungsstruktur als Folge der Selektion durch die Totengräber muss jedoch in Betracht gezogen werden.

Altersverteilung und Sterblichkeitsstruktur

Die Verteilung der Sterbehäufigkeiten innerhalb des Schädelensembles aus dem Beinhaus von Hergiswil in absoluten und relativen Werten geht aus Tabelle 3 hervor. Für 746 Individuen, nämlich 407 Männer und 296 Frauen sowie 43 geschlechtsmässig nicht bestimmbare Individuen, konnte das Sterbealter mit ausreichender Genauigkeit ermittelt werden und mit einer Klassenbreite von maximal 10 Jahren angegeben werden (Tab. 3).

Die Stichprobe zeigt eine Verteilung der Sterbefälle erwachsener Hergiswiler, die für Bevölkerungen auf vorindustriellem Niveau weitgehend als repräsentativ gelten darf (Abb. 2).

Die Verteilung ist gekennzeichnet durch geringe Sterblichkeit im Adultstadium, Sterbemaxima in der matura Phase und nur wenige Todesfälle im Alter von über 60 Jahren.

Die nach Geschlechtern getrennte Untersuchung des Schädelensembles von Hergiswil zeigt im Wesentlichen eine ähnliche Verteilung der Sterbehäufigkeiten (Tab. 3). Kennzeichnend sind für beide Geschlechter niedrige Sterberaten für die Früherwachsenen zwischen dem 20. und dem 30. Lebensjahr und eine stetige Zunahme der Sterbeziffern für die drei folgenden Dezennien. Das Sterbemaximum der Männer fällt mit 38,6 % ins sechste Jahrzehnt. Die Hauptsterblichkeit der Frauen ist dagegen mit 34,1 % um ein Jahrzehnt nach unten verschoben. Dies entspricht der regelmässig beobachteten Tendenz, dass die Hauptsterblichkeit der Männer im ganzen Mittelalter und bis weit in die Neuzeit hinein in einem Altersbereich lag, der gegenüber den Frauen um etwa eine Stufe nach oben

Tab. 3: Verteilung der absoluten und relativen Sterbehäufigkeiten innerhalb der gesamten Stichprobe aus dem Beinhaus von Hergiswil auf Dezennien.

Alters- Intervall (Jahre)	Gesamtstichprobe		Männer		Frauen		Geschlechtsmässig nicht bestimmbare Individuen	
	n	%	n	%	n	%	n	%
20–29	93	12,4	45	11,0	48	16,2	--	--
30–39	126	16,9	68	16,7	54	18,2	4	9,3
40–49	200	26,9	99	24,3	101	34,1	--	--
50–59	226	30,3	157	38,6	56	18,9	13	30,2
60–69	64	8,6	28	6,9	20	6,8	16	37,3
70–x	37	4,8	10	2,5	17	5,8	10	23,2
Total	746	100,0	407	100,0	296	100,0	43	100,0

Tab. 4a: Abgekürzte Sterbetafel der Männer aus dem Beinhausensemble von Hergiswil.

LJ	A	D _x	d _x	l _x	q _x	L _x	T _x	e _{x20}
20–29	10	45	110,6	1000,0	110,6	9447,0	27080,0	27,1
30–39	10	68	167,1	889,4	187,9	8050,5	17633,0	19,8
40–49	10	99	243,2	722,3	336,7	6007,0	9582,5	13,3
50–59	10	157	385,7	479,1	805,1	2862,5	3575,5	7,5
60–69	10	28	68,8	93,4	737,4	590,0	713,0	7,6
70–x	10	10	24,6	24,6	1000,0	123,0	123,0	5,0

Tab. 4b: Abgekürzte Sterbetafel der Frauen aus dem Beinhausensemble von Hergiswil.

LJ	A	D _x	d _x	l _x	q _x	L _x	T _x	e _{x20}
20–29	10	48	162,2	1000,0	162,2	9189,0	24898,0	24,9
30–39	10	54	182,4	837,8	217,7	7466,0	15709,0	18,8
40–49	10	101	341,2	655,4	520,6	4848,0	8243,0	16,2
50–59	10	56	189,2	314,2	602,2	2196,0	3395,0	10,8
60–69	10	20	67,6	125,0	540,8	912,0	1199,0	9,6
70–x	10	17	57,4	57,4	1000,0	287,0	287,0	5,0

verschoben war (Bach und Simon 1978, 18). Ein Alter von mehr als 70 Jahren haben im frühneuzeitlichen Hergiswil jedoch etwas mehr Frauen (5,8 %) als Männer (2,5 %) erreicht.

Die Sterblichkeitsstrukturen widerspiegeln sich für beide Geschlechter in den jeweiligen Überlebensordnungen (Abb. 3).

Lebenserwartung

Zur Berechnung der Lebenserwartung wurden abgekürzte Sterbetafeln mit Klassengrößen von 10 Jahren, verwendet (Tab. 4a und 4b).

Hieraus ergibt sich für die Frauen im frühneuzeitlichen Hergiswil eine leicht niedrigere Lebenserwartung ($e_{x20} = 24,9$ Jahre) als für die Männern ($e_{x20} = 27,1$ Jahre). Ab der frühmaternen Altersgruppe besteht für Frauen jedoch eine höhere Lebenserwartung als für die Männer. Die Verminderung der Lebenserwartung beruht auf einer erhöhten Sterblichkeit jüngerer Frauen zwischen dem 20. und etwa dem 45. Lebensjahr (Ulrich-Bochsler *et al.* 1985, 84f.). Der geringe Unterschied kann durch Zufälligkeiten in der Zusammensetzung der Stichproben bedingt sein, kann aber auch auf verhältnismässig gute Lebensbedingungen im damaligen Hergiswil hindeuten.

Metrik und Morphologie

Die Beschreibung der Calvarien erfolgte mittels metrischer und morphognostischer Verfahren. Als auswertbar erwiesen sich die metrischen Daten von 387 Männern und 283 Frauen (Tab. 5).

Die frühneuzeitlichen Calvarien aus Hergiswil zeigen überwiegend Brachykranie, mit einer für Männer mittleren, für Frauen grösseren Schädelhöhe. Nur vier Männerschädel weisen eine stärkere Abweichung auf und weisen Dolichokranie auf. Die Stirnpartien sind mehrheitlich mittelbreit bis breit geformt. Auf eine Beschreibung der Viscerocranien wird verzichtet, da die Gesichtsskelette meist eine deutlich grössere Variabilität besitzen (Holló *et al.* 2010).

Neben den metrischen Merkmalen können die Hirnschädel auch durch deskriptive Formmerkmale charakterisiert werden. Dabei dominieren in der Vertikalnorm bei den Männern Sphäroide (60,9 %), bei den Frauen Ovoide (57,8 %). In der Lateralnorm dominieren für die Männer starke Wölbungen mit 64,4 %, für die Frauen mit 62,2 %. Ein knöcherner Chignon findet sich nur bei drei Männern, bei Frauen fehlt er völlig.

Im Ganzen liegt ein eher schmales morphologisches Formenspektrum vor. Letztlich entsprechen die Schädel weitestgehend dem stark verrundeten, kurz, breit und eher hoch geformten Typus, der seit dem Spätmittelalter im voralpinen Siedlungsraum der Zentralschweiz in vorherrschendem Masse das Erscheinungsbild der Bevölkerung prägte.

Anatomische Varianten am Schädel

Epigenetische Merkmale werden unter anderem für Populationsstudien verwendet, da sie familiäre Häufungen zeigen, aber auch für Bevölkerungsvergleiche herangezogen werden können.

Tab. 5: Metrische Daten der Hirnschädel aus dem Beinhaus von Hergiswil.

%	n	Männer		Frauen	n	%
<i>Längen-Breitenindex</i>						
1.0	4	x-74,9	dolichokran	x-74,9	--	--
10.9	42	75,0-79,9	mesokran	75,0-79,9	24	8,8
88.1	339	80,0-x	brachykran	80,0-x	250	91.2
<i>Längen-Ohrhöhenindex</i>						
6.0	22	x-57,9	chamaekran	x-57,9	--	--
57.2	208	58,0-62,9	orthokran	58,0-62,9	78	28,5
36,8	134	63,0-x	hypsikran	63,0-x	196	71,5
<i>Transversaler Frontalindex</i>						
11.2	39	x-76,9	schmal	x-76,9	55	21,7
21.2	74	77,0-81,9	mittelbreit	77,0-81,9	156	61,7
67.2	236	82,0-x	breit	82,0-x	42	16,6

An den Schädeln aus dem Beinhaus von Hergiswil wurde daher eine Reihe von entsprechenden, immer wieder auftretenden Merkmalen erhoben (Tab. 6).

Die beobachteten anatomischen Varianten zeigen eine breite Streuung über das ganze Schädelensemble. Von Bedeutung sind aber einige immer wiederkehrende Vergesellschaftungen von Merkmalen, welche die Herausarbeitung von fünf Gruppen gestatten.

Die detaillierte Auswertung der Merkmale zeigt 25mal die Vergesellschaftung einer Sutura frontalis persistens mit einem ein- oder beidseitigen Foramen frontale multiplex, einem Os apicis lambdae, einem Os epiptericum und einer Sutura incisiva.

Dreiundzwanzig Mal kann eine Sutura frontalis persistens zusammen mit Ossicula coronalia, einem Os praeinterparietale, mit Foramina emissaria parietalia, einer Sutura frontotemporalis, einer Sutura infraorbitalis und einer Sutura incisiva beobachtet werden. Ossicula sagittalia sind 34mal mit Ossicula lambdoidea, ein- oder beidseitigen Foramina mastoidea, einem Canalis hypoglossi partitus, einer Sutura infraorbitalis und einem Torus palatinus vergesellschaftet. Im Weiteren kommen 28mal Foramina emissaria parietalia zusammen mit Ossicula sagittalia, einer Sutura frontotemporalis, einer Sutura infraorbitalis, einem Condylus occipitalis partitus und einem Torus palatinus vor und schliesslich besteht 31mal eine Kombination von Ossicula coronalia, Ossicula lambdoidea, einem Os apicis lambdae, einem ein- oder zweiseitigen Canalis hypoglossi partitus, einem Torus palatinus und Foramina zygomaticofacialia (Abb. 4a und 4b).

Die durch die anatomischen Erbmerkmale gebildeten Gruppen repräsentieren mit hoher Wahrscheinlichkeit Familienverbände. Dabei fällt jedoch auf, dass einige Merkmalskombinationen nicht auf jeweils eine einzige Gruppe beschränkt sind, sondern zum Teil in zwei oder mehr Gruppen auftreten. Dies kann dahingehend gedeutet werden, dass im

frühneuzeitlichen Hergiswil recht enge Heiratskreise bestanden, die möglicherweise zu eigentlicher Endogamie führten.

In diesem Zusammenhang ist von Interesse, dass im spätmittelalterlich-frühneuzeitlichen Hergiswil archiva-lisch nachgewiesen fünf Familien lebten, die teilweise bis ins frühe 14. Jahrhundert zurückgehen. Dabei handelt es sich um die Familien Keiser, Z’Rotz, Zibung,

Tab. 6: Epigenetische Merkmale an den Schädeln aus dem Beinhaus von Hergiswil.

MERKMAL	MÄNNER n =	FRAUEN n =
Sutura frontalis persistens	58	43
Foramen frontale	284	212
Foramen frontale multiplex	87	53
Ossicula coronalia	122	94
Os fonticuli anterius	34	21
Ossicula sagittalia	158	114
Os bregmaticum	32	23
Foramina emissaria parietalia	188	112
Os apicis lambdae	31	14
Os fonticuli posterius	28	12
Ossicula lambdoidea	100	62
Os praeinterparietale	32	14
Fissura occipitalis transversa	21	18
Os astericum	87	64
Ossiculum occipitomastoideum	55	40
Foramen mastoideum	275	117
Canalis condylaris	354	214
Condylus occipitalis partitus	91	63
Canalis hypoglossi partitus	98	54
Os incisurae parietalis	73	51
Os epiptericum	79	47
Sutura frontotemporalis	68	49
Foramina zygomaticofacialia	112	88
Sutura infraorbitalis	82	53
Sutura incisiva	32	17
Torus palatinus	45	39

Tab. 7: Verteilung der Kiefergelenksarthrosen auf die Geschlechter.

	n	%
Männer	48	11,8
Frauen	62	20,9

Blättler und Bucher. Allerdings tritt der Name Bucher erst spät in Erscheinung und wird im 17. Jahrhundert erstmals erwähnt. Möglicherweise handelt es sich bei einer der fünf Gruppen auch um Angehörige der um das Jahr 1500 erstmals aufgeführten Familie Farlimann, die 1867 erloschen ist. Eine Zuordnung der einzelnen anatomisch definierten Gruppen zu den erwähnten Familien ist mangels rezenter Vergleichsdaten nicht möglich. Auch dürfte die in der jüngeren Vergangenheit eingetretene Durchmischung der Wohnbevölkerung von Hergiswil durch die verstärkte Migration einer derartigen Identifizierung im Wege stehen.

Pathologische Erscheinungen

Degenerative Veränderungen

An den Schädeln können in erster Linie Verschleisserscheinungen der Kiefergelenke durch Fehlstellungen oder Fehlbelastungen des Kauapparats beobachtet werden. An den Kiefergelenksgruben der Schädel aus dem Beinhaus von Hergiswil fanden sich bei 110 Individuen die entsprechenden Anzeichen in unterschiedlicher Ausprägung (Tab 7). Die Schädigungen traten ausschliesslich an Menschen im Alter von über 40 Jahren auf und nahmen mit zunehmendem Lebensalter stetig zu. Die stärksten Ausprägungsgrade zeigten die Schädel mit weitgehendem oder vollständigem Zahnverlust. Als Hauptursachen der Kiefergelenksarthrosen müssen daher mit hoher Wahrscheinlichkeit Karies und Parodontitis sowie altersbedingte Fehlbelastungen verantwortlich gemacht werden. Aber auch eine Ernährung, die den Kauapparat über Jahre hinweg erheblich belastete, könnte als Grund für die Veränderungen angenommen werden.

Neben den Kiefergelenksarthrosen bestehen bei 158 Individuen krankhafte Veränderungen der Hinterhauptskondylen, die zusammen mit dem ersten Halswirbel das Atlantooccipitalgelenk bilden. Diese degenerative Erkrankung hat die Neigungsmöglichkeit des Kopfes zum Teil erheblich beeinträchtigt.

Befunde am Zahnhalteapparat

Bei zahlreichen Individuen führte die Karies zu Entzündungen der Wurzelspitzen und dort zur Ausbildung von eitrigen Wurzelabszessen. Abszess-

höhlen mit Knochenperforationen, konnten bei 383 Schädeln festgestellt werden, wobei 122 Individuen mehr als einen Entzündungsherd aufwiesen.

Gut 58% aller Oberkiefer zeigen die Merkmale der Alveolaratrophie durch Parodontose oder Parodontitis. Nahezu alle über dreissigjährigen Individuen sind in unterschiedlichem Ausmasse davon betroffen, wobei die Ausprägung mit zunehmendem Alter zunimmt. Zahnbetterkrankungen sind in Hergiswil bei Frauen durchweg etwas häufiger anzutreffen als bei Männern.

Krankhafte Befunde unterschiedlicher Herkunft

Cribra orbitalia waren an 61 Schädeln zu beobachten. Sie gelten als Stressmarker und lassen sich mit ernährungsbedingten Anämien oder Avitaminosen in Verbindung bringen (Hengen 1971, 57ff; Braun 2004, 11ff.). Die annähernd gleichmässige Verteilung auf Männer und Frauen lässt keine geschlechtsspezifischen Aussagen zu.

Literatur

- Acsádi G, Nemeskéri J 1970. *History of human life span and mortality*. Budapest.
- Bach A, Simon K 1978. *Sterblichkeit des Menschen im historischen Verlauf unter besonderer Berücksichtigung ihrer Geschlechtsspezifität*. Alt-Thüringen 15: 7–17.
- Bräuer G 1988. *Grundlagen der Anthropometrie*. In: Martin R, Knussmann R. *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*. Band 1: *Wesen und Methoden der Anthropologie*, 1. Teil: *Wissenschaftstheorie, Geschichte, morphologische Methoden*. Stuttgart, New York.
- Braun S 2004. *Cribra orbitalia – Makroskopische Evaluation eines Stressors in der Skelettserie Spitalfriedhof St. Johann in Basel*. Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie 10(2): 1–51.
- Burri H-R 1975. *Die Bevölkerung Luzerns im 18. und frühen 19. Jahrhundert. Demographie und Schichtung einer Schweizer Stadt im Ancien Régime*. Luzerner Historische Veröffentlichungen 3. Luzern.
- Cueni A 1989. *Die mittelalterliche Bevölkerung von Reiden. Johanniterkommende Reiden: Festschrift zum Abschluss der Restaurierung 1987–1989*. Vorausdruck aus der Heimatkunde des Wiggertals 1989. Willisau.
- Cueni A, Meyer-Hofmann L 1989. *Stans Pfarrkirche St. Peter und Paul, Ausgrabungen 1984/85. Die mittelalterlichen Bevölkerungen von Stans*. Mskr. Staatsarchiv Nidwalden Stans.
- Cueni A 1991. *Die mittelalterlichen Bestattungen aus der Kirche St. Martin in Altishofen*. Mskr. Amt für Denkmalpflege und Archäologie Luzern.
- Czarnetzki A 2000. *Epigenetische Skelettmerkmale im Populationsvergleich. Eine Apologie*. Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie 6(1): 1–88.
- Drenhaus U 1992. *Methoden der Paläodemographie*. In: Martin R, Knussmann R. *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*. Band 1: *Wesen und Methoden der Anthropologie*, 2. Teil: *Physiologische, psychologische, genetische und mathematische Methoden*. Stuttgart, New York.
- Ferembach D, Schwidetzky I, Stloukal M 1979. *Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett*. Homo 30: 1–32 (Anhang).
- Hauser G, De Stefano G 1989. *Epigenetic Variants of the Human Skull*. Stuttgart.
- Hengen OP 1971. *Cribra orbitalia: Pathogenesis and Probable Etiology*. Homo 22: 57–76.
- Henke W 1973. *Zur Methode der diskriminanzanalytischen Geschlechtsbestimmung am Schädel*. Homo 24: 99–117.
- Herrmann B 1987. *Anthropologische Zugänge zu Bevölkerung und Bevölkerungsentwicklung im Mittelalter*. In: Herrmann B, Sprandel R. *Determinanten der Bevölkerungsentwicklung im Mittelalter*. Weinheim.
- Holló G, Szathmary L, Marcsik A, Barta Z 2010. *Linear measurements of the neurocranium are better indicators of population differences than those of the facial skeleton: Comparative Study of 1961 Skulls*. Human Biology 82(1): 29–46.
- Perizonius WRK 1984. *Closing and non-closing sutures in 256 crania of known age and sex from Amsterdam*. Journal of Human Evolution 13: 201–216.
- Rösing FW 1977. *Methoden und Aussagemöglichkeiten der anthropologischen Leichenbrandbestimmung*. Archäologie und Naturwissenschaften 1. Mainz.
- Reinhard R, Rösing FW 1985. *Ein Literaturüberblick über Definitionen diskreter Merkmale/anatomischer Varianten am Schädel des Menschen*. Ulm.
- Schultz M 1988. *Paläopathologische Diagnostik*. In: Martin R, Knussmann R. *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*. Band 1: *Wesen und Methoden der Anthropologie*, 1. Teil: *Wissenschaftstheorie, Geschichte, morphologische Methoden*. Stuttgart, New York.
- Sjøvold T 1988. *Geschlechtsdiagnose am Skelett*. In: Martin R, Knussmann R. *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*. Band 1: *Wesen und Methoden der Anthropologie*, 1. Teil: *Wissenschaftstheorie, Geschichte, morphologische Methoden*. Stuttgart, New York.
- Ulrich-Bochsler S, Menk R, Schäublin E 1985. *Die Bevölkerung von Oberwil bei Büren*. In: Eggenberger P, Kellenberger H. *Oberwil bei Büren an der Aare, Reformierte Pfarrkirche*. Bern.
- Wittwer-Backofen U 1987. *Siedlung und Friedhof – Eine methodische Studie zur Aussagekraft demographischer und paläodemographischer Parameter bei kleinen Populationen*. Naturwissenschaftliche Dissertation Universität Mainz.

Adresse:

Andreas Cueni
St. Niklausengasse 1
6010 Kriens
Schweiz
Tel.: 041 320 03 35
E-mail: ascueni@solnet.ch

Abbildungsnachweis

Abb. 1–4
Andreas Cueni

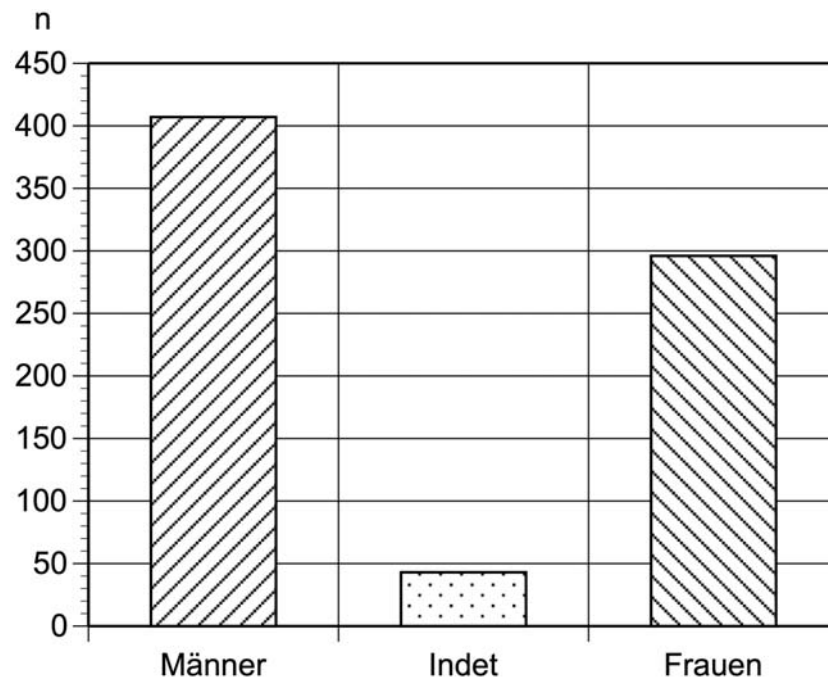


Abb. 1: Geschlechterverteilung im Schädelensemble aus dem Beinhaus von Hergiswil.

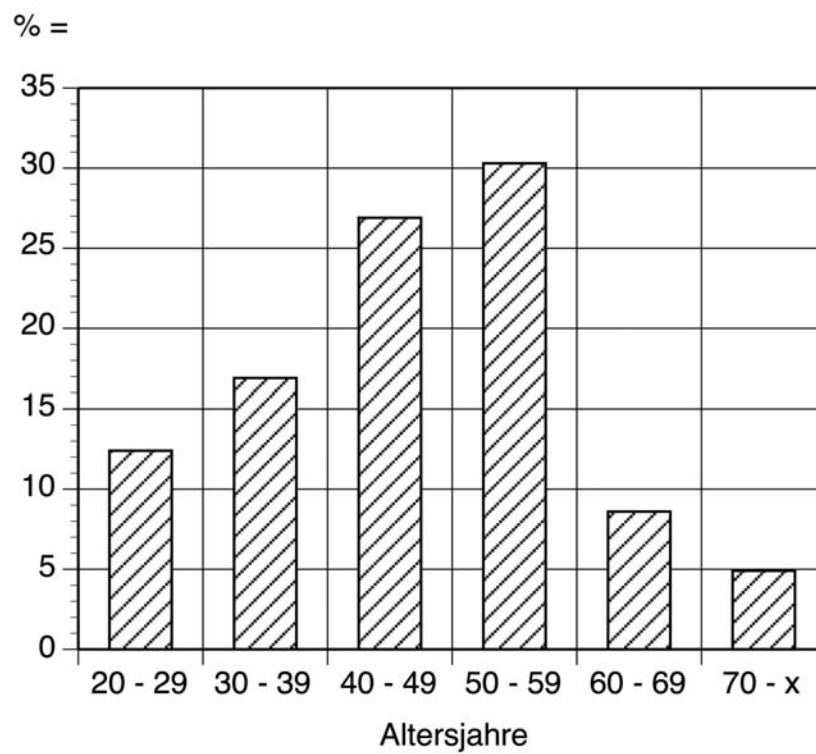


Abb. 2: Altersverteilung der Gesamtstichprobe aus dem Beinhaus von Hergiswil in Prozentanteilen.

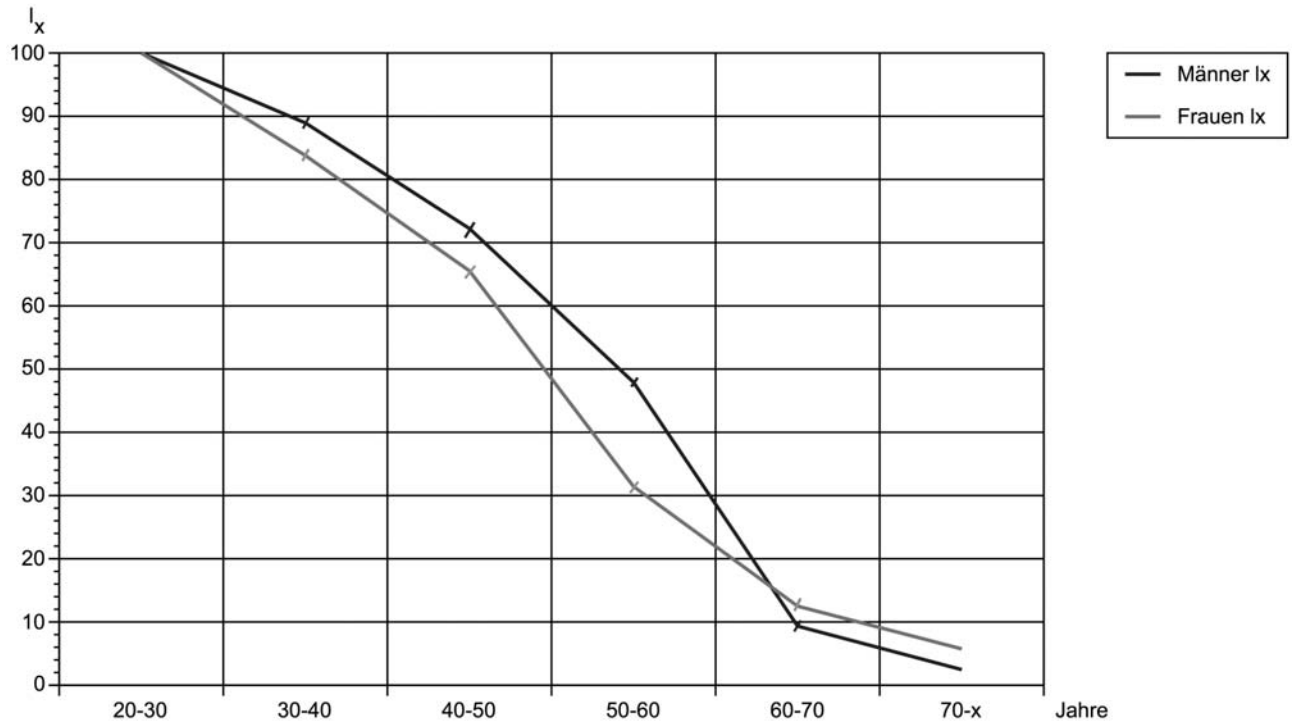


Abb. 3: Überlebensordnung der Bevölkerungsstichprobe aus dem Beinhaus von Hergiswil. (Anteil der Überlebenden I_x in Prozentwerten; vgl. Tab. 4a und 4b).



Abb. 4a: Frauenschädel mit Sutura frontalis persistens.



Abb 4b: Männerschädel mit Os apicis lambdae.

Eine Wiege für mein Kind – Ein erster kurzer Überblick zum (frühmittelalterlichen) Friedhof „Kilchli“ in Reigoldswil, BL und ein Verdacht auf eine Möller-Barlow Erkrankung

[A cradle for my child – a first look at the (early) medieval cemetery “Kilchli” in Reigoldswil, BL and a suspected case of Möller-Barlow Disease]

VIERA TRANCIK PETITPIERRE

Archäo-Anthropologischer Dienst, 4147 Aesch, Schweiz

Zusammenfassung

Diese Arbeit beruht auf der im Sommer durchgeführten anthropologischen Erstuntersuchung von 129 Individuen aus dem Früh- bis Hochmittelalter. Neben einer kurzen Übersicht wird eine frühmittelalterliche Kleinkinderbestattung vorgestellt. Eine mögliche Möller-Barlow-Erkrankung wird diskutiert.

Schlüsselwörter: Möller-Barlow-Erkrankung, kindlicher Skorbut, Frühmittelalter

Summary

This paper is based on a preliminary anthropological investigation of 129 human skeletons from the early and late medieval period. Besides a short overview, the paper presents an early medieval infant tomb and discusses a possible Möller-Barlow disease of the infant.

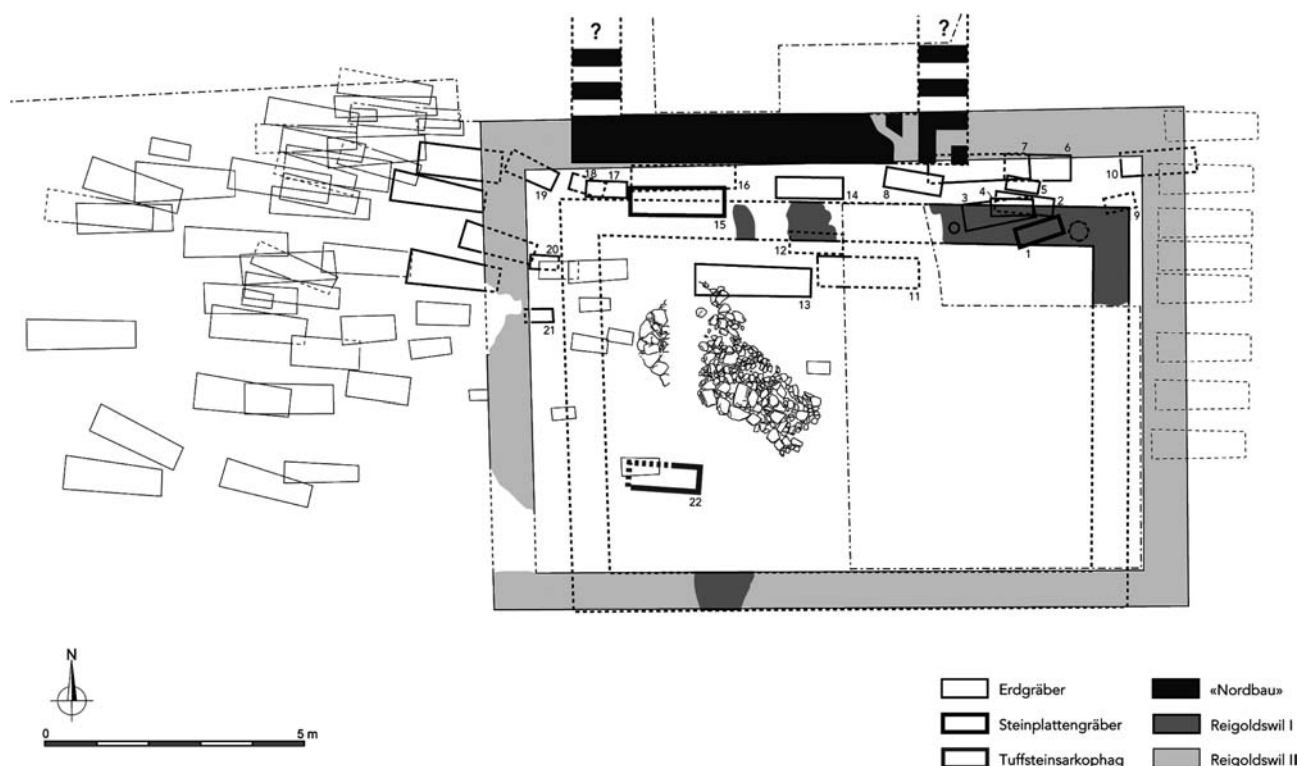
Key words: Möller-Barlow disease, infantile scurvy, early medieval time

Einleitung

Auf dem heutigen Gemeindeareal von Reigoldswil lassen sich gleich mehrere Grab- und Friedhofareale aus dem Frühmittelalter lokalisieren. Zwar ist das Dorf erst seit dem 12. Jahrhundert schriftlich erwähnt, doch reichen die Funde bis in die römische Zeit zurück.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Friedhof „Kilchli“. Die Fundstelle liegt oberhalb des heutigen Dorfes in der Talenge der hinteren Frenke unmittelbar vor dem Anstieg zu einem direkten Juraübergang ins Mittelland. Schon aus dem 18. Jh. ist eine Fundmeldung von der gegenüberliegenden Talseite bekannt, welche ein Grab „zuunterst an der Wasserfalle über der Ziegelhütte“ beschreibt (Marti, 2000b). Weitere Funde ab den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts folgen

beidseits der Talenge in loser Zahl. Doch erst 1995 und 1996 konnte eine erste archäologische Untersuchung des Areals in Angriff genommen werden. Ganz in der Nähe des bereits erwähnten frühmittelalterlichen Gräberfeldes konnte eine karolingische Hilariuskirche (9. Jh.) mit einem schon früher beginnenden Friedhof nachgewiesen werden. Die karolingische Kirche wurde in romanischer Zeit (11./12. Jh.) durch einen etwas grösseren Neubau ersetzt. Wohl älter als das „Kilchli“ ist neben dem Friedhof auch ein offenbar profaner Steinbau aus dem 8./frühen 9. Jahrhundert (Marti 2000a). An der Südmauer dieses vermutlich als Wohnturm anzusprechenden Gebäudes orientieren sich die ersten noch frühmittelalterlichen, also vorkirchlichen, Gräber (Plan 1). Den Funden nach scheint dieser „Turm“ den Mittelpunkt eines bisher noch nicht näher erfassten



Plan 1: Reigoldswil-Kilchli (St. Hilarius). Befund des wohl vorkirchlichen „Nordbaus“ und der Kirchenbauphasen I und II (romanisch) mit zugehörigen Bestattungen. Die frühmittelalterlichen Gräber sind nummeriert.

herrschaftlichen Komplexes gebildet zu haben, zu dem vielleicht eine Mühle und später auch eine Kirche gehört haben (Marti 2000a). Eine Profanierung der Hilariuskirche erfolgte im 16. Jh. Seither sind einige Um- und Anbauten an der ehemalige Kirche erfolgt, die auch heute noch als Wohngebäude genutzt wird.

Material und Methoden

Im Rahmen einer Bestandsaufnahme der menschlichen Überreste aus den Gräbern in und um die Hilariuskirche konnte das anthropologische Material im Sommer 2010 erstmals von der Verfasserin gesichtet werden. Die Alters- und Geschlechtsbestimmung der Erwachsenen erfolgte nach den Empfehlungen von Ferembach *et al.* (1979), die Föten und perinaten Individuen wurden nach den Tabellen von Fazekas und Kósa (1978) altersbestimmt, an den übrigen nicht erwachsenen Skeletten wurde das Alter nach der Zahnentwicklung (Ubelaker 1979, zit. n. Schaefer *et al.*

2009) und der Langknochenmasse (Maresh 1970, zit. n. Schaefer *et al.* 2009; Schmid und Künle 1958) ermittelt. Auf eine Geschlechtsbestimmung der Kinder wurde bei dieser ersten Durchsicht verzichtet. Die gewonnenen Daten dienen nur als Grundlagen für spätere, weiterführende Untersuchungen und sind nicht als endgültige Datenerhebung zu verstehen.

Die Bestatteten stammen aus drei verschiedenen Arealen in und um die Kirche. Einerseits liegen 22 gesicherte Gräber aus dem Frühmittelalter vor (Plan 1). Diese können anhand des Grabbaus und der Tatsache, dass die Grundmauern der zweiphasigen Kirche über den Gräbern liegen, datiert werden. Beigaben, die ebenfalls als Datierungshilfe dienen könnten, finden sich dagegen kaum. Diese Bestattungen stehen also nicht in Zusammenhang mit der aus Stein errichteten Hilariuskirche. Für einen theoretisch denkbaren, hölzernen Vorgängerbau gibt es keine archäologischen Hinweise.

Ein weiteres Bestattungsareal liegt westlich der Kirche. Hier liegt der Grossteil der Verstorbenen. Die Nutzungsdauer dieses Friedhofes dürfte mit der

Tab. 1: Alters- und Geschlechtsverteilung der zeitlich getrennten Skelettserien aus Reigoldswil „Kilchli“. Die Altersklassen sind stark vereinfacht, unter den 0 bis 11 Monate alten Säuglingen sind auch die Feten mit einbezogen.

Alter	FMA				MA			
	Total	♂	♀	indet.	Total	♂	♀	indet.
0 bis 11 Monate	8			8	27			27
1 bis 6 Jahre	6			6	20			20
7 bis 13 Jahre	4			4	3			3
14 bis 19 Jahre	2	2			7	1	3	3
Erwachsen	6	4		2	47	22	10	15
Total	26	6	0	20	104	23	13	68

Säkularisierung ebenfalls beendet gewesen sein. Die Ausdehnung dieses Friedhofes ist unklar, da das Grabungsareal durch die vorgesehenen baulichen Massnahmen klar definiert wurde und eine weiterreichende Grabung nicht vorgesehen war.

Das dritte Bestattungsareal findet sich entlang der Nordmauer der Kirche, ausserhalb und innerhalb der ersten oder zweiten Kirche. Hier wurden, wie dies bereits für weitere Kirchen nachgewiesen worden ist, Totgeburten und verstorbene Neugeborene bestattet (Ulrich-Bochsler 1997). Diese Bestattungen der letzten Gruppe sind nicht alle auf dem vorliegenden Plan (Plan 1) eingezeichnet.

In allen drei Bestattungszonen werden weitere frühmittelalterliche Gräber vermutet, doch bisher konnten die Grabungsdaten nicht ausgewertet werden.

Die frühmittelalterlichen Bestattungen

Die vorläufige demographische Zusammensetzung der frühmittelalterlichen Skelettgemeinschaft ist bemerkenswert (Tabelle 1). Zwar konnte ein Grab (erwachsenes Individuum, Grab 10) nicht geborgen werden, da die heutige Hausmauerdecke darüber liegt, dennoch fällt die starke Untervertretung von erwachsenen Individuen, insbesondere der Frauen, auf.

Die jüngsten Kinder dieser frühmittelalterlichen Bestattungsgruppe sind ein Fetus (ca. 32. Schwangerschaftswoche; Grab 5), ein Neugeborenes (Grab 12) und ein etwa 3 Monate alter Säugling (Grab 4). Ferner finden sich unter den mindestens 4 Kleinkinderbestattungen im Sarkophag (Grab 22) die spärlichen Reste eines Neonaten und zweier ca. 3 Monate alter Säuglinge. Die hohe Zahl an Kleinkindern ist aussergewöhnlich und steht konträr zum viel diskutierten Kinderdefizit im frühen Mittelalter (Ulrich-Bochsler 1997; Kölbl 2004). Eventuell findet sich hier

der Hinweis darauf, dass auch im Frühmittelalter die Kleinsten in Hausnähe bestattet worden sind.

Mehrheitlich schon wurde für das Frühmittelalter ein höherer Anteil an Männern als an Frauen festgestellt. Eine Zusammenfassung hierzu findet sich bei Kokkotidis (1999), der die Geschlechtsverteilung der merowingischen Gräberfelder im Süddeutschen Raum inklusive der Nordwestschweiz zusammengestellt hat und sowohl auf die anthropologische wie auch archäologische Geschlechtsverteilung eingeht. Im Fall von Reigoldswil Kilchli dürfte sich die Geschlechtsverteilung noch etwas ändern, doch wird der erhöhte Anteil an Männern bestehen bleiben, da auch die nachfolgende Skelettepopulation einen deutlichen Männerüberschuss aufweist (Tabelle 1).

Gründe für diese geschlechtliche Diskrepanz wären sicherlich viele denkbar, doch wird aufgrund von Schlackefunden im Friedhofsbereich auch eine Eisenverhüttung in unmittelbarer Nähe vermutet. Dies könnte für Reigoldswil „Kilchli“ bedeuten, dass wenigstens zeitweise vor allem männliche Individuen vor Ort waren und auch verstarben. Natürlich darf auch nicht vergessen werden, dass nur ein Teil des Friedhofes ausgegraben werden konnte.

Das frühmittelalterliche Grab 1

Das Kindergrab 1, wie auch das Männergrab 15, sind sogenannte Steinplattengräber. Das Grab 1 wurde aus drei zurechtgeschlagenen Mühlsteinen aus (elsässischem?) Buntsandstein gebaut, die aufgrund ihrer Grösse zu einer nahegelegenen Wassermühle gehört haben müssen (Marti 2000a). Davon war einer ungebraucht oder frisch überarbeitet (Marti 2000b). Die Konstruktion des Grabes lässt an eine Wiege, einen sogenannten Längsschwinger, denken (Abb. 1). Längsschwingerwiegen schaukeln langsamer und länger



Abb. 1: Wiegenförmiges Steinplattengrab.

als Querschwinger, sind aber sehr viel seltener anzutreffen (Hinkel 2005, 50). Da der für die Längsseiten verwendete Mühlstein nur 85 cm im Durchmesser aufweist, war die Grabanlage für das etwa 80 cm grosse, ca. 1,5jährige Kind etwas zu kurz. Der erhöhte, auf dem oberen Brustbereich liegende Kopf deutet darauf hin, dass das Kind im Kopfbereich unterstützt war, damit sein Körper in die etwas zu kurze Grabstätte passte (Abb. 2).

Die anthropologische Untersuchung der Knochen konnte bisher nur makroskopisch durchgeführt werden, doch sind bereits von blossen Auge mehrere Auffälligkeiten sichtbar. So ist am Schädel über der *Ala maior ossis sphenoidalis* und auch am Unterkieferast unterhalb der *Incisura mandibularis*, wie auch an den Darmbeinschaulfeln eine leichte Porosität feststellbar (Abb. 3). Gleichzeitig finden sich an der *Tabula interna* des *Os occipitale* entlang der *Crista occipitalis interna* und dem rechten *Sulcus sinus transversi* Knochenumbildungen (Abb. 4), wie sie nach Verkalkungen von

Hämatomen vorkommen können (Schultz 1993). Die sternalen Rippenenden beider Seiten sind glockenförmig verbreitert (Abb. 5), die Metaphysen der Langknochen sind porös (Abb. 6) und an den lateralen Seiten der Femora und den dorsalen Flächen der Tibiae können neugebildeten Knochenstrukturen beobachtet werden (Abb. 6 und 7). All diese Zeichen können Hinweise auf die Möller-Barlow-Krankheit sein (Brickley und Ives 2008).

Vitamin C hilft dem Körper nicht nur, Infektionen zu bekämpfen, sondern ist auch zur Bildung von Kollagen wichtig, welches als Grundlage der Haut-, Blutgefäss-, Knorpel- und Knochenbildung dient (Lewis 2007, 126). Medizingeschichtlich konnten Skorbut und Rachitis bei Kindern lange nicht unterschieden werden. Symptome von Skorbut sind zwar schon in ägyptischen Papyri erwähnt, doch ist diese Krankheit und Heilung eng mit der Seefahrt gekoppelt. Alle medizinischen Untersuchungen galten den erwachsenen Individuen. An Kinder wurde erst im 19. Jh. erkannt, dass gewisse

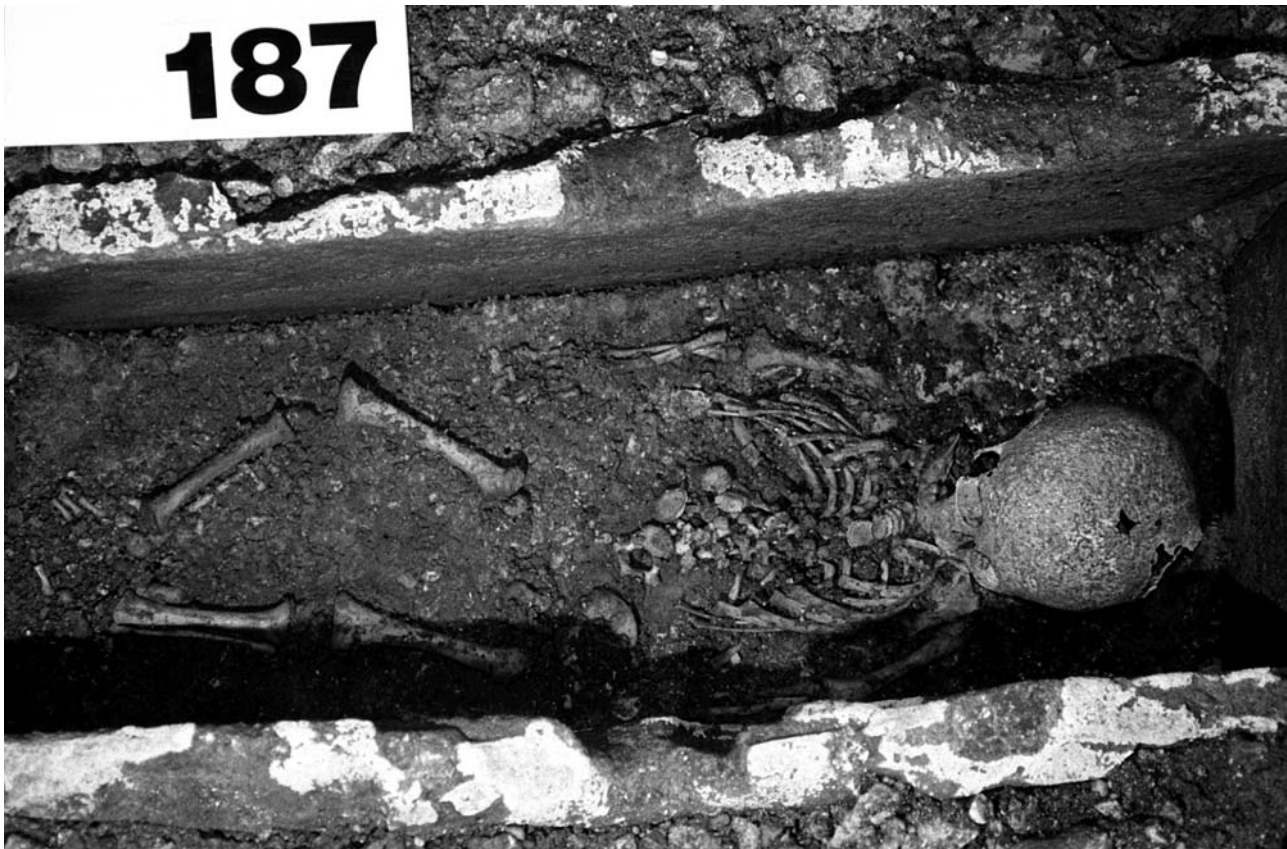


Abb. 2: Skelett des 1,5jährigen Kindes nach dem Freilegen.

Formen von akuter Rachitis eigentlich Folgen einer Vitamin C-Mangelernährung sind. Den beiden Ärzten Möller und besonders Barlow sind wichtige diagnostische Merkmale zu verdanken (Evans 1983, 1862). Zu den charakteristischen Symptomen bei Kindern zählen Schwellungen des Zahnfleisches sofern die Zähne schon durchgebrochen sind. Es kommt zu Brüchigkeit der Blutgefässe, was spontan zu Blutungen und damit einhergehender Anämie führen kann, die Knochenneubildung ist gestört und führt neben Osteopenie (Vorstufe der Osteoporosis) zu verändertem Langknochenwachstum und zu rachitisähnlichen Auftreibungen der Rippenenden. An den unteren Extremitäten kann es zu subperiostalen Blutungen kommen (Ortner und Putschar 1985, 270) was bei Kindern zu einer Ablösung des Periostes führen kann, einhergehend mit äusserst schmerzhaften Schwellungen der Beine. Diese starke Schmerzhaftigkeit führt dazu, dass die Kinder unbeweglich und mit einer Aussenrotation der Beine wie paralysiert daliegen (Niessen 2007, 108). Symptome von Skorbut können

bereits nach 29 bis 90 Tagen auftreten (Brickley und Ives 2008, 45).

Grossflächige moderne klinische Studien zu Vitamin C-Mangel oder Skorbut sind selten, da heutzutage eine ausreichende Zufuhr durch die Nahrung gewährleistet ist. Einzig in Extremsituationen wie in Konfliktgebieten treten Skorbuterkrankungen gehäuft auf. So wurden aus in der Bergregion gelegenen afghanischen Flüchtlingslagern während der Wintermonate Skorbutepidemien gemeldet. Die höchste Erkrankungsrate wurde jeweils im Januar und Februar festgestellt, während im Frühling die Symptome wieder abklagen, da ab März eine von den Einheimischen geerntete wild wachsende Pflanze (seech) gegessen wurde (Cheung *et al.* 2003, 251–252).

Somit dürfte der Höhepunkt dieser metabolischen Störungen auch für unsere Gegend im Januar und Februar liegen, wenn wir von einer Unterversorgung mit Vitamin C während der Wintermonate ausgehen. Erfolgt keine Zufuhr an Vitamin C-reicher Nahrung, kann die Krankheit einen tödlichen Verlauf nehmen. Auftretende



Abb. 3: Seitliche Schädelansicht, Lockere Porosität über dem *Os sphenoidale* am seitlichen *Os frontale* und am *Os parietale*.

innere Blutungen führen zu Schock mit einhergehendem Herzversagen (Lewis 2007, 128). Eine Besserung kann bereits 48 Stunden nach Einnahme von genügend Vitamin C beobachtet werden (Greenfield 1990). Bei Kindern sind nach 3 Monaten die Zeichen des Skorbut in der Regel verschwunden (Follis *et al.* 1950).

Reaktive Knochenneubildungen, wie sie in unserem Fall an den Femora und Tibiae zu beobachten sind, werden in der Literatur mit einem frühen Stadium einer Erkrankung in Verbindung gebracht (Ortner 2011, 6). Ein Zusammenhang von Vitamin C mit der Osteo-

blastenbildung wird diskutiert (Bourne 1942b). Somit kann erst nach Zufuhr von genügend Vitamin C die reaktive Knochenneubildung in kompakten Knochen umgebildet werden. Für diese Annahme würde auch die Beobachtung von Ortner sprechen: “Woven bone tends to remodel into compact bone in the late chronic stage of a disease or when the disorder is eliminated and healing takes place” (Ortner 2011, 6).

Abschliessend lässt sich für unseren Fall sagen, dass im Grab 1 ein Kleinkind bestattet wurde, welches – vielleicht im Winter – an Skorbut erkrankte und

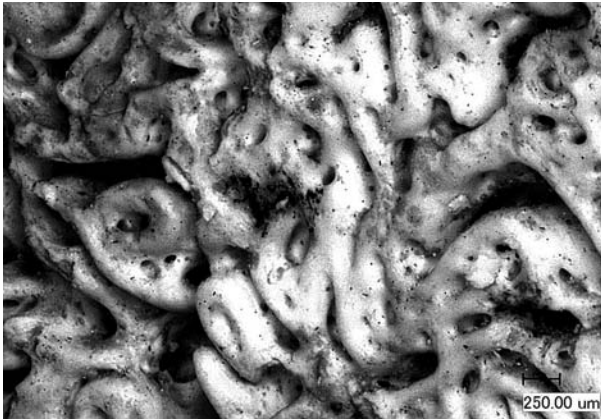


Abb. 4: Typische Struktur eines verkalkten Hämatoms. Schädelinnenseite des *Os occipitale*.

verstorben ist. Neben den pathologischen Veränderungen könnte auch die Grablegung des toten Körpers für eine solche Erkrankung sprechen, da das rechte Bein in einer Aussenrotation mit leicht angewinkeltem Knie liegt (Abb. 2). Dies dürfte der Lage entsprechen, die das



Abb. 6: Rechte Tibia, dorsale Ansicht. Erhöhte Porosität an den Metaphysen und grossflächige Knochenneubildungen an der Diaphyse. Deutliche Abknickung der distalen Wachstumsplatte.



Abb. 5: Glockenförmig verbreiterte sternale Rippenenden.

Kind natürlich zur Schmerzminderung eingenommen hat. Die Grabform wurde sehr wahrscheinlich bewusst in Form einer Wiege erstellt, denn so konnte das Kleinkind auch über den Tod hinaus durch Schaukeln getröstet und beruhigt werden.

Ob auch eine Vitamin D-Unterversorgung vorgelegen hat, muss noch durch weitere Untersuchungen abgeklärt werden. Besonders die laterale Abknickung der distalen Wachstumsplatte an den Tibiae (Abb. 6) könnte für eine abgeheilte Rachitiserkrankung sprechen. Die typischen büstenförmig aufgetriebenen Metaphysenenden einer akuten Rachitis fehlen (siehe hierzu Lewis 2008, 127).



Abb. 7: Detailansicht der Knochenneubildung an der rechten Tibia.

Literatur

- Brickley M, Ives R 2008. *The Bioarchaeology of Metabolic Bone Disease*. Amsterdam, Elsevier.
- Cheung E, Mutahar R, Assefa F, Ververs M, Nasiri SM, Borrel A, Salama P 2003. *An epidemic of scurvy in Afghanistan: Assessment and response*. Food and Nutrition Bulletin 24: 247–255. [Zitiert nach Brickley und Ives 2008].
- Evans PR 1983. *Infantile scurvy: the centenary of Barlow's disease*. British Medical Journal 287: 1862–1863.
- Fazekas IG, Kósa F 1978. *Forensic Fetal Osteology*. Budapest.
- Ferembach D, Schwidetzky I, Stloukal M 1979. *Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett*. Homo 30: 1–32 (Anhang).
- Follis BH, Park EA, Jackson D 1950. *The prevalence of scurvy at autopsy during the first two years of age*. Bulletin of John Hopkins Hospital 87: 569–591. [Zitiert nach Brickley und Ives 2008.]
- Greenfield GB 1990. *Radiology of bone diseases*. Fifth edition. JB Lippincott Company. Philadelphia. [Zitiert nach Brickley und Ives 2008.]
- Hinkel GK 2005. *Geschichte der Wiegen in verschiedenen Jahrhunderten und Kulturen*. In: Paditz E (Hrsg.). *Prävention des plötzlichen Säuglingstodes in Deutschland*. Dresden. <http://www.kinderumweltgesundheit.de/KUG/index2/pdf/aktuelles/10103_2.pdf> (16. 3. 2011).
- Kokkotidis KG 1999. *Von der Wiege bis zur Bahre – Untersuchungen zur Paläodemographie der Alemannen des frühen Mittelalters*. Dissertation, Universität Köln. <http://kups.ub.uni-koeln.de/volltexte/2004/1200/pdf/von_der_wiege_bis_zur_bahre.pdf> (16. 3. 2011).
- Kölbl S 2004. *Das Kinderdefizit im frühen Mittelalter – Realität oder Hypothese. Zur Deutung demographischer Strukturen in Gräberfeldern*. Dissertation, Eberhard-Karls-Universität Tübingen. <http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?idn=970716850&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=970716850.pdf> (16. 3. 2011).
- Lewis M 2007. *The Bioarchaeology of Children. Perspectives from Biological and Forensic Anthropology*. University Press. Cambridge.
- Ortner D, Putschar WGJ 1985. *Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*. Smithsonian Institution Press. Washington DC.
- Maresh MM 1970. *Measurements from roentgenograms*. In: McCammon RW (ed.). *Human Growth and Development*. C.C. Thomas. Springfield IL, 157–200. [Zitiert nach Schaefer et al. 2009.]
- Marti R 2000a. *Zwischen Römerzeit und Mittelalter. Forschungen zur frühmittelalterlichen Siedlungsgeschichte der Nordwestschweiz (4.–10. Jahrhundert)*. Textband. Archäologie und Museum Band 41 A. Liestal.
- Marti R 2000b. *Zwischen Römerzeit und Mittelalter. Forschungen zur frühmittelalterlichen Siedlungsgeschichte der Nordwestschweiz (4.–10. Jahrhundert)*. Katalog. Archäologie und Museum Band 41 B. Liestal.
- Niessen K-H 2007. *Pädiatrie*. Georg Thieme. Stuttgart.
- Ortner DJ 2011. *Human skeletal paleopathology*. International Journal of Paleopathology 1: 4–11
- Schaefer M, Black S, Scheuer L 2009. *Juvenile Osteology – A Laboratory and Field Manual*. Amsterdam.
- Schmid F, Künle A 1958. *Das Längenwachstum der langen Röhrenknochen in Bezug auf die Körperlänge und Lebensalter*. Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin 89: 350–356.
- Schultz M 1993. *Spuren unspezifischer Entzündungen an prähistorischen Schädeln. Ein Beitrag zur Paläopathologie*. Anthropologische Beiträge Band 4A und 4B. Anthropologisches Forschungsinstitut Aesch.
- Ubelaker DH 1979. *Human Skeletal Remains: Excavation, Analysis and Interpretation*. Smithsonian Institution Press. Washington DC. [Zitiert nach Schaefer et al. 2009.]
- Ulrich-Bochsler S 1997. *Anthropologische Befunde zur Stellung von Frau und Kind in Mittelalter und Neuzeit. Soziologische und soziokulturelle Aspekte im Lichte von Archäologie, Geschichte, Volkskunde und Medizingeschichte*. Berner Lehrmittel- und Medienverlag. Bern.

Adresse:

Viera Trancik Petitpierre
Archäo-Anthropologischer Dienst
Am Hübeli 12
4147 Aesch
Schweiz
E-mail: v.trancik@bluewin.ch

Abbildungsnachweis

Plan 1, Abbildungen 1–2

Kantonsarchäologie BL

Abbildungen 3–7

Viera Trancik, Mikroskopaufnahmen mit Keyence Digital Microscop VHX 500F

Body Mass and Body Mass Index estimation in medieval Switzerland

FRANK SIEGMUND,¹ CHRISTINA PAPAGEORGOPOULOU^{2,3}

¹*Seminar für Ur- und Frühgeschichte, University of Basel, Switzerland*

²*Institute of Anthropology, Group of Paleogenetics, Johannes Gutenberg University, Mainz, Germany*

³*Archaeological Service Grisons, Switzerland*

Summary

Body mass (BM) and furthermore body mass index (BMI) are well-known proxies used in medicine as a diagnostic tool to identify weight problems, health risks, and to assess biological standards of living within populations. The prediction of body mass (BM) from skeletal material is still challenging, although many studies have indicated that BM can be estimated from human skeletal remains and results have been acquired from early hominines. The present paper applies BM estimation formulae (Auerbach and Ruff 2004, Grine *et al.* 1995, McHenry 1992, Ruff *et al.* 1991) to skeletal populations from Switzerland (5th–15th c. AD; 291 males, 221 females) with the aim to reconstruct the BM and the BMI within a specific geographical and temporal setting. Correlation between the robusticity of the lower limbs in terms of external bone dimensions with BM and BMI were tested. Parameters such as sex and age were considered. The method of Auerbach and Ruff (2004) offered the most reliable results. The mean body weight and the BMI for males was estimated 71.7 kg (s.d. 6.4) and 26.0 (s.d. 2.3), and for females 59.0 kg (s.d. 5.5) and 24.8 (s.d. 2.3) respectively. External bone dimension were highly correlated to body weight in males and females suggesting the strong correlation between biomechanical loading and long bone shape and size. The BMI was slightly increasing from adult to mature and slightly diminishing afterwards.

Key words: growth, skeletal development, standard of living, bone robusticity

Zusammenfassung

Das Körpergewicht und vor allem der Body Mass Index (BMI) sind bekannte Indikatoren zur Identifizierung von Gewichtsproblemen und Gesundheitsrisiken, dienen aber auch als Schätzer für den Lebensstandard einer Bevölkerung. Aussagen zum Lebendgewicht aufgrund von menschlichen Skelettresten sind schwierig, doch nach Ausweis verschiedener Studien grundsätzlich möglich, wobei die bisherigen Arbeiten vor allem auf frühe Hominiden zielen. Der vorliegende Aufsatz stellt alle gängigen Formeln vor (Auerbach und Ruff 2004, Grine *et al.* 1995, McHenry 1992, Ruff *et al.* 1991) und wendet sie auf mittelalterliche Populationen der Schweiz (5.–15. Jh., 291 Männer, 221 Frauen) an, um Aussagen zum Körpergewicht und zum BMI zu gewinnen. Der Zusammenhang der Robustizität der unteren Extremitäten mit dem rekonstruierten Körpergewicht und BMI wird untersucht, ebenso der Zusammenhang mit dem Geschlecht und Alter der Individuen. Im Vergleich bietet die Schätzmethode nach Auerbach und Ruff (2004) die zuverlässigsten Ergebnisse. Danach lag im Schweizer Mittelalter das mittlere Gewicht der Männer bei 71,7 kg (Std.abw. 6,4), der BMI bei 26,0 (Std.abw. 2,3), das mittlere Gewicht der Frauen bei 59,0 kg (Std.abw. 5,5), ihr BMI bei 24,8 (Std.abw. 2,3). Die Querschnittsmasse der Langknochen sind mit dem Körpergewicht hochsignifikant korreliert, zeigen also einen klaren Zusammenhang mit der gewichtsbedingten mechanischen Belastung der Beine. Der mittlere BMI steigt vom adulten zum murenen Alter deutlich und stagniert danach. Innerhalb des Mittelalters bleibt das mittlere Körpergewicht weitgehend konstant, der BMI nimmt leicht zu.

Schlüsselwörter: Körpergewicht, BMI, Wachstum, Skelettentwicklung, Lebensstandard, Knochenrobustizität

Introduction

Body mass (BM) and furthermore body mass index (BMI) are well-known proxies commonly used by the WHO to classify underweight, overweight and obesity in adults (WHO Global database on BMI). Body mass index (BMI) was invented by the Belgian physician Adolphe Quetelet in 1832 (Eknoyan 2008, Rössner

2007) and is defined as the weight in kilograms divided by the square of the height in meters (kg/m²). Increased BMI values are strongly associated with health problems e.g. cardiovascular diseases, obesity, diabetes and high mortality risks (Foucan *et al.* 2002, Lakoski *et al. in print*, Prospective Studies 2009). However many researchers highlight that BMI values do not represent real adiposity differences, since BMI does not

Tab. 1: Swiss medieval populations used in this study. BM: body mass, mean estimation. BMI: body mass index, with mean estimation of BM and stature after Pearson (1899). n individuals: sexed adults with estimated BM.

Reference	Skeletal series	Canton	Dating c. AD	n ♂	BM ♂	BMI ♂	n ♀	BM ♀	BMI ♀
Trancik Petitpierre, <i>unpubl.</i>	Aesch	BL	8.–10.	38	69.9 ±4.7	25.5 ±1.9	23	57.6 ±4.5	24.2 ±1.6
Kauffmann 1989	Güttingen	TG	5.–7.	11	70.7 ±6.6	25.0 ±2.3	4	57.7 ±3.0	24.5 ±1.1
Ulrich-Bochsler 2006	Kallnach 1–2	BE	8.–10.	23	73.8 ±5.2	25.9 ±1.6	17	57.7 ±6.1	23.8 ±1.4
Ulrich-Bochsler 2006	Kallnach 3–4	BE	11.–15.	2	70.5 ±5.2	26.0 ±1.4	6	60.5 ±4.7	26.3 ±2.9
Papageorgopoulou, <i>unpubl.</i>	Mistail	GR	11.–15.	8	70.5 ±7.2	25.5 / 1.7	2	54.3 ±4.7	23.2 ±0.7
Trancik-Petitpierre 1991	Oberwil	BL	5.–7.	10	72.5 ±6.6	25.3 ±2.2	9	58.3 ±4.5	24.1 ±1.5
Hauser 1938	Oerlingen	ZG	5.–7.	11	70.5 ±6.9	24.6 ±2.1	10	58.1 ±4.1	22.9 ±1.2
Papageorgopoulou, <i>unpubl.</i>	Paspels	GR	11.–15.	1	67.3 -	27.9 -	1	54.2 -	22.9 -
Kaufmann 1987	Pratteln	BL	4.	6	73.1 ±6.0	25.4 ±3.0	1	52.7 -	21.8 -
Kaufmann and Schoch 1983	Ried-Mühlehölzli	FR	5.–7.	17	72.6 ±6.1	25.9 ±1.9	20	59.3 ±4.9	24.0 ±1.8
Ulrich-Bochsler 1988	Rohrbach 1	BE	8.–10.	2	75.3 ±3.7	25.8 ±0.1	-	-	-
Ulrich-Bochsler 1988	Rohrbach 2–3	BE	11.–15.	3	77.9 ±3.4	27.2 ±0.6	1	63.4 -	24.8 -
Ulrich-Bochsler 2009	Seeberg	BE	5.–7.	10	75.0 ±6.5	25.9 ±2.1	6	62.1 ±7.6	25.1 ±3.4
Ulrich-Bochsler and Meyer 1994	Steffisburg	BE	8.–10.	17	72.8 ±6.5	25.1 ±1.5	10	62.2 ±8.5	24.9 ±2.2
Papageorgopoulou, <i>unpubl.</i>	Tinizong	GR	11.–15.	5	70.1 ±6.1	26.6 ±2.6	3	62.9 ±5.6	24.9 ±1.7
Papageorgopoulou 2008	Tomils	GR	11.–15.	115	71.4 ±7.3	26.6 ±2.6	103	58.9 ±5.5	25.3 ±2.1
Ulrich-Bochsler and Meyer 1992	Walkringen 1–2	BE	11.–15.	8	71.9 ±3.9	25.7 ±0.7	3	66.8 ±3.4	26.4 ±1.5
Ulrich-Bochsler and Meyer 1992	Walkringen 3–4	BE	11.–15.	4	72.5 ±5.3	25.4 ±1.7	2	59.7 ±0.3	25.1 ±0.1

Tab. 2: BM estimation on Swiss medieval skeletal material (n=512, 291 males and 221 females) applying different methods. ISD: index of sexual dimorphism.

	MALES		FEMALES		
	mean ±st.dev.	min.-max.	mean ±st.dev.	min.-max.	ISD
Ruff <i>et al.</i> 1991 [1,2]	71.2 ±6.8	43.3–95.9	61.5 ±5.4	45.6–82.0	0.146
McHenry 1992 [4]	69.5 ±6.2	44.2–92.0	55.5 ±5.5	39.2–76.6	0.171
Grine <i>et al.</i> 1995 [5]	74.4 ±6.3	48.7–97.1	60.1 ±5.6	43.6–81.5	0.213
mean estimation [6]	71.7 ±6.4	45.4–95.0	59.0 ±5.5	42.8–80.1	0.194

Tab. 3: Comparison of population means of BMI, when applying different methods for BM estimation and for stature estimation (sexed and adult individuals, 286 males and 208 females).

Method of BM estimation:	Pearson 1899	Trotter/Gleser 1952 'negro'	Trotter/Gleser 1952 'white'	Breitinger 1937 and Bach 1965
♂ Mittel [6]	26.0 ±2.3	26.1 ±2.4	24.8 ±2.3	25.0 ±2.1
♂ Ruff <i>et al.</i> [1]	25.8 ±2.4	25.9 ±2.5	24.6 ±2.4	24.9 ±2.2
♂ McHenry [4]	25.2 ±2.2	25.3 ±2.3	24.0 ±2.3	24.3 ±2.0
♂ Grine <i>et al.</i> [5]	27.0 ±2.2	27.1 ±2.4	25.7 ±2.3	26.0 ±2.1
♀ Mittel [6]	24.8 ±2.0	24.6 ±2.1	23.6 ±2.1	23.2 ±1.9
♀ Ruff <i>et al.</i> [2]	25.8 ±2.0	25.6 ±2.1	24.6 ±2.1	24.1 ±1.8
♀ McHenry [4]	23.3 ±2.0	23.2 ±2.1	22.2 ±2.1	21.8 ±1.9
♀ Grine <i>et al.</i> [5]	25.3 ±2.1	25.1 ±2.2	24.1 ±2.2	23.6 ±1.9

Tab. 4: Correlation (after Pearson) between body mass (mean estimation) and external bone dimensions of the femur.

	MALES		FEMALES	
	n	corr. / sign.	n	corr. / sign.
F6, sagittal midshaft diameter	76	** 0.327 / 0.004	49	** 0.572 / 0.000
F7, transverse midshaft diameter	76	** 0.462 / 0.000	50	** 0.675 / 0.000
F8, midshaft circumference	267	** 0.455 / 0.000	205	** 0.447 / 0.000
F9, transverse upper diaphyseal diameter	278	** 0.486 / 0.000	218	** 0.439 / 0.000
F10, sagittal upper diaphyseal diameter	277	** 0.385 / 0.000	217	** 0.316 / 0.000
robusticity index (F6+F7/F2)	254	0.067 / 0.287	191	0.043 / 0.551

Tab. 5: Correlation (after Pearson) between BMI (BM mean estimation, stature after Pearson 1899) and external bone dimensions of the femur.

	MALES		FEMALES	
	n	corr. / sign.	n	corr. / sign.
F6, sagittal midshaft diameter	75	-0.063 / 0.589	45	0.285 / 0.057
F7, transverse midshaft diameter	75	0.011 / 0.928	46	** 0.488 / 0.001
F8, midshaft circumference	265	-0.026 / 0.679	200	0.120 / 0.090
F9, transverse upper diaphyseal diameter	273	0.090 / 0.137	205	* 0.154 / 0.027
F10, sagittal upper diaphyseal diameter	272	0.027 / 0.663	205	0.064 / 0.358
robusticity index (F6+F7/F2)	222	** 0.259 / 0.000	178	** 0.158 / 0.035

Tab. 6: Changes of body mass BM and body mass index BMI over time in medieval Switzerland. Differences in BM are not significant (Kruskal-Wallis-H-Test: males chi-square 1.024, sign. 0.599; females chi-square 0.671, sign. 0.715). Differences in BMI are significant (Kruskal-Wallis-H-Test: males chi-square 14.105, sign. 0.001; females chi-square 13.711, sign. 0.001).

	MALES			FEMALES		
	n	BM kg mean $\pm$ s.d.	BMI mean $\pm$ s.d.	n	BM kg mean $\pm$ s.d.	BMI mean $\pm$ s.d.
11.–15. c. AD	141	71.2 $\pm$ 7.0	26.5 $\pm$ 2.5	114	59.1 $\pm$ 5.6	25.3 $\pm$ 2.1
8.–10. c. AD	85	72.0 $\pm$ 5.4	25.6 $\pm$ 1.7	57	58.9 $\pm$ 6.0	24.4 $\pm$ 1.9
5.–7. c. AD	59	72.3 $\pm$ 6.5	25.4 $\pm$ 2.1	49	59.1 $\pm$ 4.9	24.1 $\pm$ 1.9

Tab. 7: Body mass and body mass index age differences. Differences of body mass for males slightly significant (Kruskal-Wallis-H-Test: chi-square 7.835, sign. 0.020), for females not significant (chi-square 0.783, sign. 0.676). Differences of BMI not significant (Kruskal-Wallis-H-Test: males chi-square 3.677, sign. 0.159; females chi-square 3.663, sign. 0.160).

	MALES			FEMALES		
	n	BM kg mean $\pm$ s.d.	BMI mean $\pm$ s.d.	n	BM kg mean $\pm$ s.d.	BMI mean $\pm$ s.d.
senile	57	72.5 $\pm$ 7.1	26.4 $\pm$ 2.4	42	59.0 $\pm$ 5.8	24.4 $\pm$ 1.9
mature	135	72.4 $\pm$ 6.4	26.1 $\pm$ 2.4	86	59.6 $\pm$ 5.4	25.1 $\pm$ 1.8
adult	78	70.6 $\pm$ 5.8	25.7 $\pm$ 1.8	80	58.6 $\pm$ 5.6	24.8 $\pm$ 2.4

differentiate fat from muscle mass (Franzosi 2006). This is especially evident if BMI is not standardized for sex, age and ethnicity (Deurenberg *et al.* 2002, Franzosi 2006, Gallagher *et al.* 1996, Rush *et al.* 2007, Sluyter *et al.* 2011).

Most studies on BMI are strongly related to the obesity epidemic in the developed countries, however there is a large body of literature on BMI related to socioeconomic aspects, biological standards of living and diachronic trends (Komlos 2006, Komlos and Brabec 2010, Komlos *et al.* 2009, Komlos and Lauderdale 2007, Rühli *et al.* 2008, Staub *et al.* 2010). Under these aspects, BM and BMI estimations could be used as proxy of assessing health and nutritional status, living conditions and general welfare of past populations.

BM and BMI are easily calculated on modern populations as the required variables, weight and stature, can be easily acquired. On skeletal populations the estimation of BM and furthermore BMI is challenging since BM and stature have to be reconstructed from the skeletal elements. Both for the estimation of stature and BM regressions are used, developed on anthropometric variables – for an overview of the methods see (Siegmund 2010). The estimation of stature, with all limitations, is a routine for any anthropological study and significant literature exists on the best choice and application of the methods (Raxter *et al.* 2006, Siegmund 2010, Vercellotti *et al.* 2009). On the contrary, BM estimations are rarely attempted although several studies have indicated that BM can be estimated from human skeletal remains and results have been acquired from early hominines (Hartwig-Scherer 1994, Kappelman 1996, Rafferty *et al.* 1995, Ruff 2010, Ruff *et al.* 1997). BM and BMI values on post-palaeolithic skeletal remains have hardly been reconstructed (Vančata and Charvátová 2001) with the exception of the Tyrolean Iceman „Ötzi”, whose BM was estimated to be 61 kg (Ruff *et al.* 2006).

The BM from skeletal material can be directly inferred from the size of bone elements which support the body weight e.g. femur, calcaneus. It has been shown that bones respond to changes in mechanical loading through alterations in compact cortical and trabecular bone. This variation has been observed on external articular dimensions e.g. femur head diameter, on diaphyseal subperiosteal dimensions and on cross sectional geometry (Ruff 1988, Ruff *et al.* 1991). Diaphyseal subperiosteal geometry combined to cross sectional geometry produce slightly better results (3% error) than articular dimensions (5% error) (Ruff *et al.* 1991), however both methods have been equally used and further developed. In the literature there are four methods for BM estimation using femoral head articular

size (Auerbach and Ruff 2004, Grine *et al.* 1995, McHenry 1992, Ruff *et al.* 1991). BM and BMI estimation methods for skeletal material have also been developed using metrical dimensions of other bone elements. Porter reported on a large anthropometric study that the first lumbar vertebra, the combination of the tibial length, the tibial shaft and the width of the ankle provided the most reliable results for BMI estimation from skeletal material (Porter 1999). Wheatley examined the value of bone mineral density (BMD) and bone mineral content (BMC) on the proximal femur for BM estimation by using DXA methods. Although the statistical tests showed a high correlation between the DXA data and the body weight, the BM estimation errors were too high to be of any further use (Wheatley 2005).

Another approach for BM estimation is the use of the bi-iliac breadth / maximum pelvic breadth in association with the stature of the individuals (Auerbach and Ruff 2004, Ruff *et al.* 1997). The method offers the most reliable results compared to the femur external dimensions based methods (Auerbach and Ruff 2004). The advantage of the method is that the data can be easily acquired on living individuals without the need of radiographs (Ruff *et al.* 2005), while the biggest disadvantage is the incomplete preservation of both pelvic elements and the sacrum in most skeletal remains. Additionally the pelvic metrical data are not usually included in the standard anthropological dataset, while on the contrary external dimensions of the femur are standard in most anthropological studies. This gives the possibility to reconstruct the BM on archaeological populations retrospectively and offers more comparable data.

The aim of the present study is to test the available BM estimation formulae based on the femoral head breadth (Auerbach and Ruff 2004, Grine *et al.* 1995, McHenry 1992, Ruff *et al.* 1991) on skeletal populations from medieval Switzerland and to reconstruct the BM and the BMI within a specific temporal and geographical setting. Parameters such as sex, age and robusticity will be considered and diachronic changes and comparisons to pre-industrial BM and BMI data will be attempted.

Material and Methods

The skeletal material used for the present study derives from Swiss archaeological cemeteries dating from the 5th to the 15th c. AD (Tab. 1). The data have mostly been collected from published manuscripts or have been generated by the authors themselves. The

collection was restricted to datasets which included the necessary variables for the BM estimation (F18, F19 or F20, after Martin 1914), and only when the metrical data was acquired after the guidelines of Martin (1914, 1928, Martin and Saller 1957) in order to restrict methodological errors. All together the dataset includes 512 adult individuals (291 males and 221 females) from 18 archaeological populations. Age and sex determination of all series were performed after the “complex” method (Acsádi and Nemeskéri 1970, Anthropologists 1980).

For the BM estimation the methods of Ruff *et al.* (1991), McHenry (1992), Grine *et al.* (1995) and Auerbach and Ruff (2004) were used. The method of Ruff *et al.* (1991) used the x-rays of 80 black and white Americans (41 males, 39 females) between the age of 24 and 81 with known weight at the current time (mean weight 76.7 kg) and at the age of 18. The weight was calculated by using regressions inferred both from the current weight and the weight at the age of 18. Two sex-specific and one non-sex-specific formulae were generated.

$$[1] \text{ ♂ kg weight} = [(2.741 \times \text{mm HDB}) - 54.9] \times 0.9, \text{ with SEE } 13.7, \% \text{SEE } 16.9; r^2 (18 \text{ years weight}) 0.537, r^2 (\text{current weight}) 0.497.$$

$$[2] \text{ ♀ kg weight} = [(2.426 \times \text{mm HDB}) - 35.1] \times 0.9, \text{ with SEE } 17.5, \% \text{SEE } 24.1; r^2 (18 \text{ years weight}) 0.087, r^2 (\text{current weight}) 0.411.$$

$$[3] \text{ ♂/♀ kg weight} = [(2.160 \times \text{mm HDB}) - 24.8] \times 0.9, \text{ with SEE } 15.6, \% \text{SEE } 20.3; r^2 (18 \text{ years weight}) 0.508, r^2 (\text{current weight}) 0.486.$$

Ruff *et al.* (1991) tested their formula on a white American population and on Pecos Pueblos and found an error of $\pm 2\%$ and $\pm 8\%$ respectively. They suggested that results should be corrected to 90% when applied to archaeological populations in order to balance the tendency of his reference series to increased body fat. Therefore the above formula include the recommended multiplication with a factor of 0.9.

The method of Mc Henry (1992) was aiming to reconstruct the BMI of Hominids, whose BM is significantly lower compared to modern humans. Therefore he used a reference population of 59 small-bodied individuals including North Americans, African Pygmies and Khoisan (weight 30.4–64.9 kg). He used 13 different measurements and developed three different regressions methods with numerous formulae. Recent studies (Auerbach and Ruff 2004, Kurki *et al.* 2010) used his data of small-bodied individuals and generated the following formula:

$$[4] \text{ ♂/♀ kg weight} = (2.239 \times \text{mm Femur head breadth}) - 39.9.$$

The formula of Grine and colleagues (1995) was developed on large bodied individuals of African American, European American, and Native American origin with a weight of 54–84 kg. The formula is not sex-specific.

$$[5] \text{ ♂/♀ kg weight} = (2.268 \times \text{mm femur head breadth}) - 36.5.$$

Auerbach and Ruff (2004) compared the three methods with the most accurate bi-iliac breadth method. The method of Ruff *et al.* (1991) underestimated the BM by about 0.15%, the method of Grine *et al.* (1995) overestimated the results by about 1.5% and the method of McHenry (1992) underestimated by about 4.8%. Therefore they proposed that the arithmetic mean of the above methods gives the most reliable results when applied to normal-bodied individuals. The arithmetic mean compared to the bi-iliac breadth method underestimated the BM by about 0.7%. The arithmetic mean should not be applied to very small-bodied or large-bodied individuals because it would overestimate the BM by about 10.7% or underestimate at about 3.6% respectively (Auerbach and Ruff 2004).

$$[6] \text{ Arithmetic mean of } [1 \text{ or } 2 \text{ or } 3], [4] \text{ and } [5].$$

Equivalent to femur breadth diameter used by the above methods is the measurement F19 after Martin (1914); in cases where F19 was not available it was generated from F20 femur head circumference:

$$[7] \text{ F19} = (\text{F20} / 3.14159).$$

The correlation of BM and BMI to robusticity parameters was calculated in order to test the hypothesis of bone size changes towards mechanical loading for the specific populations. The classical Robusticity Index (RI) after Martin (1914) was used, but further the unstandardized external bone dimensions (F6, F7, F8, F9, F10; see tab. 4–5) were also tested. Previous studies have shown that standardized variables are extremely sensitive to limb length differences (Holliday 2002), differences in bone length between individuals and populations may cause traditional measures of robusticity to differ from those based on estimates of bone strength standardised to BM (Holliday and Franciscus 2009, Stock and Shaw 2007). In addition correlations of RI and BMI can lead to artefacts since RI and BMI are both calculated using the femur length.

The stature was estimated after Pearson (1899) that proved to be the most appropriate method for Swiss and other central European populations in previous studies (Siegmond 2010). However, BMI data based on other popular stature estimation methods was calculated for comparative reasons. The BMI was then calculated as:

$$[8] \text{ BMI} = \text{BM in kg} / (\text{stature in m})^2$$

The sexual dimorphism index was calculated after the formula of Smith (1999) in order to prove the plausibility of our results in the same way as Kurki *et al.* 2010.

$$[9] \text{ ISD} = (\text{males} - \text{females}) / [(\text{males} + \text{females})/2]$$

All calculations were made using SPSS 19.

Results

The BM for the 291 males and 221 females from the three different methods can be observed on table 2. All long bone dimensions follow a normal distribution as validated by Kolmogorov-Smirnov-tests. Therefore parametric statistics were applied with mean and standard deviation given in the tables. For the males the method of Grine *et al.* (1995) produces the largest values compared to the other methods while the method of McHenry (1982) produces the lowest values (Tab. 2). The method of Ruff *et al.* (1991) and the mean estimation proposed by Auerbach and Ruff (2004) show a difference of 0.5 kg. For the females the method of McHenry (1982) produces the lowest values and the method of Ruff *et al.* (1991) the highest. In this case the method of Grine *et al.* (1995) does not produce the highest values but his estimation falls between the other two methods. The differences between the higher and the lower estimation is 4.9 kg by males and 6.0 kg by females, the index of sexual dimorphism ranges between 0.146 and 0.213. The mean BM for males and females is 71.7 and 59.0 respectively with a high standard deviation; the standard deviation of the four methods is similar.

The robusticity of the femur in terms of external dimensions was significant and in some cases highly correlated to the BM (Tab. 4). For males the upper transverse diaphyseal diameter (F9) exhibited the higher correlation followed by the midshaft transverse diameter (F7) and the circumference (F8), while the sagittal midshaft diameter (F6) showed the lowest correlation. For females the higher correlation was observed for the transverse midshaft diameter (F7) and the lowest for the upper sagittal diaphyseal diameter (F10). The RI of both sexes did not correlate with the BM (Tab. 4), but it correlated with the BMI (Tab. 5).

The BMI estimated with stature after Pearson varied between 25.2 and 27.0 for males and 23.2 and 25.3 for females (Tab. 3). The method of McHenry produced the lowest BMI for both males and females (25.2 resp. 23.3). The choice of stature estimation method produces variation on the BMI values, the higher the stature estimation the lower the BMI in both males and females.

The mean difference between the highest and the lowest estimation methods was 1.3 BMI for males and 1.6 BMI for females (Tab. 3). Differences of BM and BMI between age groups are not significant with the exception of BM of males which is slightly significant (Tab. 7). Although in most cases not significant, there is a tendency of a slightly increased BM from young adults to mature adults, both males and females. Older adult males show a similar BMI compared to mature males, while older adult females exhibit a slightly lower BMI than mature ones.

Diachronic differences from the Early to the Late Middle Ages are slightly present. The differences of BM are not statistically significant, but the differences of BMI are significant for both males and females (Tab. 6). The increase of mean BMI from early to late medieval times is 1.1 for males and 1.2 for females.

Discussion

The four estimation methods for the body mass produced different results. McHenry's BM is the lowest for both sexes, reflecting the reference series of small-bodied individuals used by him. Kurki and colleagues (2010) estimated the BM on a Holocene later Stone Age skeletal series from South Africa, a possible ancestral population of today's Khoe San population. They suggested that McHenry's (1992) formula produced the most reliable results compared to the bi-iliac breadth measurements. The Swiss medieval populations do not fall into the range of small bodied individuals considering at least the existing stature values (Lohrke and Cueni 2010, Siegmund 2010, Ulrich-Bochsler 2006), therefore a low BM by this method was expected. The method of Grine *et al.* (1995) produced the highest values for males and the second highest for females; again this was predictable, since the reference series used were large bodied modern Americans, while the Swiss medieval skeletal series were shorter and eventually lighter. The BM estimation after Ruff *et al.* (1991) produced values for males that lie in the middle of the other two methods while for the females produced the higher values. The results acquired from the Swiss data are in accordance to previous studies (Auerbach and Ruff 2004, Kurki *et al.* 2010). Based on the differences acquired and compared to previous studies it is evaluated that for the Swiss populations the mean of the three methods would give the most reliable BM estimation. A comparison of each method to the bi-iliac breadth would offer a more accurate proxy; however, in the absence of these measurements one is restricted to indirect comparisons. Therefore a new regression based

on Swiss and/or Central European populations and datasets with additional variables such as the bi-iliac breadth should be considered.

Kurki *et al.* (2010) used the index of sexual dimorphism (ISD) to prove the plausibility of BM estimations. Their collection of 19 populations showed observed values of ISD ranging from 0.069 to 0.211, with a mean of 0.142 and a standard deviation of 0.054. The BM estimations of the Swiss medieval populations (Tab. 2) are in concordance to that, with estimations after Ruff *et al.* (1991) coming closest to the expected ISD.

The estimation of the BMI on the skeletal material was not only influenced by the appropriate BM estimation method but also by the stature estimation method. The discussion on the most appropriate stature estimation method for the specific skeletal series has been made in previous studies (Siegmund 2010); nevertheless we underline once more that stature estimation is of great importance not only for intra- and interpopulation comparisons but for other applications such as the BMI estimation.

Strong correlations were observed between the external bone dimensions and the BM (Tab. 4). This underlines the association of BM and bone biomechanics illustrated by other studies as well (Ruff *et al.* 1991, Ruff *et al.* 1993). Tests on diaphyseal robusticity suggest that external metrical data can give valuable results regarding the strength of the bone (Stock and Shaw 2007). For male individuals the upper transverse diameter (F9) was the variable that correlated most strongly with the BM, while for females the transverse midshaft diameter (F7) exhibits the strongest correlation. This may be associated to the shape of the diaphysis; in some cases circumference provide better estimates of bone strength when periosteal contours are irregular or feature a significant interosseous crest, while midshaft diameters provide better results when diaphyses are elliptical or near circular (Stock and Shaw 2007). It should be mentioned, however, that post-cranial robusticity is strongly influenced by other factors such as climate, mobility and activity patterns (Stock and Pfeiffer 2001, Stock 2006). Since the populations used in the present study are geographically and chronologically very close to each other, we consider a similar influence of these factors on their post-cranial robusticity.

The Swiss medieval populations show no correlation between BM and the classical RI (Tab. 4), which may be attributed to the length standardization as seen in other studies (Holliday 2002). On the other hand BMI was slightly but significantly correlated with RI (Tab. 5). We interpret this more as an artefact due to the use of bone length in both variables.

The standard deviation on BM values in both sexes varies between 5.4 and 6.8 kg. Modern BM data from Swiss recruits show a standard deviation of 12–13 kg, however pre-industrial recruit data exhibit a lower standard deviation as reported by Staub and colleagues (2010). The mean BMI is 26.0 and 24.8 for males and females with a standard deviation of 2.3. In modern Switzerland 55% of the male and 65% of the female individuals show normal BMI values (18.5–24.9) and about 30% show overweight BMI values (≥ 30) (WHO, Global database on BMI). A direct comparison to modern BMI cut-off points can be misleading especially due to the high percentages of obese and overweight individuals. Staub and colleagues (2010) reported BMI values of Swiss recruit at the age of 19 years for the time periods 1875–1879 and 1933–1939; the mean BMI values are 20.6 ± 1.9 and 21.4 ± 2.0 for these periods. The values are extremely low in comparison to the values from the medieval skeletal material. One could expect more similarities between the pre-industrial BMI values rather to the modern data. Two factors could be responsible for the difference. The recruit BMI values were observed at the age of 19, at this point the skeletal development is not complete and – as reported by others studies – BMI is low compared to BMI values of adult and older individuals. There is a difference in the mechanical loading of the prehistoric population compared to modern humans. Activity patterns of past individuals varied substantially from average modern individuals (Weiss 2007), which may lead (1) to higher percentage of muscle versus fat in past populations, and (2) to an increased size of musculoskeletal stress markers. Both factors can substantially influence BM values, first because muscular individuals are heavier, and secondly because increased musculoskeletal stress markers have an effect on bone morphology and therefore can lead to increased BM estimations. Ruff (2000) explored the influence of activity patterns on BM by applying BM estimation methods to male Olympic athletes. He suggested that athletes may represent past populations better than “average” modern humans used in his BM estimations studies. In this study BM was underestimated in athletes that put a premium on strength and was overestimated in those that put a premium on endurance. He notes however that this overspecialization is rather unlikely to be present in early hominines or prehistoric populations and therefore he suggests that a combination of these physical qualities would be more plausible. It is probable that increased physical activity, as it is expected for the specific medieval populations, has lead to slightly increased bone dimensions and high muscle mass which on turn lead to slightly increased BMI. The “high” BMI values can also be attributed to a small stature; the BM

values are relatively low (males: 71.7, females: 59.0) whereas the BMI values are rather high compared to modern data; this could be easily explained regarding that stature has significantly increased since the middle Ages (Koepke and Baten 2005, Maat 2005, Wurm 1982). This is systematically seen in the chronological differences between the Early, High and Late Middle Ages, where the BM decreases or remains the same whereas the BMI increases steadily. This phenomenon is related to a decrease of the stature in these populations as described by other studies.

Age differences of BM and BMI values were not significant although there is a tendency of increased BM and BMI values with age especially in males. This is consistent with BM and BMI studies on modern populations (Janssen *et al.* 2011). The most weight is gained from the young adults to the mature adults whereas from the mature to the older adults the BM and the BMI either remain the same or slightly decrease. This is also a rather physiological phenomenon described in modern studies (Williamson 1993). However since the differences are not statistically significant further inferences would be rather speculative.

Conclusions

The present study tested BM and BMI estimation methods on a large dataset of Swiss medieval skeletal material. Previous observations on methodological aspects were similarly reported on the present study, suggesting that new reference data and new regression equations could optimize the results for the specific populations. Robusticity in terms of external femoral dimensions were highly correlated to BM, underlining the close relationship between biomechanics and bone adaptation. Acquired data show normal BM and normal to high BMI values suggesting either a higher muscle mass and increased activity patterns compared to modern individuals, or a smaller stature, or good living conditions. Although challenging BM and BMI reconstruction can offer valuable insights on the health and daily life of past populations.

Acknowledgments

The authors would like to thank Susi Ulrich-Bochsler and Viera Trancik Petitpierre for their permission to use unpublished data, and Wenke Hoyer for her valuable help acquiring some of the literature. Christina Papageorgopoulou thanks the Archaeological

Service of Grisons for the financial support during the collection of the data and the Alexander v. Humboldt Foundation for financial support during the analysis of the data. Frank Siegmund thanks Tanya Uldin for her initial hint on this interesting scientific field.

References

- Acsádi G, Nemeskéri J 1970. *History of human life span and mortality*. Hungarian Academic Society. Budapest.
- Anthropologists WoE 1980. *Recommendations for age and sex diagnoses of skeletons*. *Homo – Journal of Comparative Human Biology* 9: 17–549.
- Auerbach BM, Ruff CB 2004. *Human body mass estimation: A comparison of “morphometric” and “mechanical” methods*. *American Journal of Physical Anthropology* 125(4): 331–342.
- Deurenberg P, Deurenberg-Yap M, Guricci S 2002. *Asians are different from Caucasians and from each other in their body mass index/body fat per cent relationship*. *Obesity Reviews* 3(3): 141–146.
- Eknayan G 2008. *Adolphe Quetelet (1796–1874) – the average man and indices of obesity*. *Nephrology Dialysis Transplantation* 23(1): 47–51.
- Foucan L, Hanley J, Deloumeaux J, Suissa S 2002. *Body mass index (BMI) and waist circumference (WC) as screening tools for cardiovascular risk factors in Guadeloupean women*. *Journal of Clinical Epidemiology* 55(10): 990–996.
- Franzosi MG 2006. *Should we continue to use BMI as a cardiovascular risk factor?* *The Lancet* 368 (9536): 624–625.
- Gallagher D, Visser M, Sepúlveda D, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB 1996. *How useful is body mass index for comparison of body fatness across age, sex, and ethnic groups?* *American Journal of Epidemiology* 143(3): 228–239.
- Grine FE, Jungers WL, Tobias PV, Pearson OM 1995. *Fossil Homo femur from Berg Aukas, northern Namibia*. *American Journal of Physical Anthropology* 97(2): 151–185.
- Hartwig-Scherer S 1994. *Body weight prediction in fossil Homo*. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 171: 267–279.
- Hauser U 1938. *Anthropologische Untersuchung des alamanischen Gräberfeldes von Oerlingen Kt. ZH*. Diss. Univ. Zürich 1938. Basel.
- Holliday TW 2002. *Body size and postcranial robusticity of European Upper Paleolithic hominins*. *Journal of Human Evolution* 43(4): 513–528.
- Holliday TW, Franciscus RG 2009. *Body size and its consequences: Allometry and the lower limb length of Liang Bua 1 (Homo floresiensis)*. *Journal of Human Evolution* 57(3): 223–228.

- Janssen I, Shields M, Craig CL, Tremblay MS 2011. *Changes in the Obesity Phenotype within Canadian Children and Adults, 1981 to 2007–2009*. Obesity (in print). doi:10.1038/oby.2011.122
- Janosa M, Papageorgopoulou C 2012. *Die Sippengruft der Marmels in der Pfarrkirche St. Blasius zu Tinizong*. In: Jecklin-Tischhauser U, Frascoli L and Janosa M, editors. *Schweizer Beiträge zur Kulturgeschichte und Archäologie des Mittelalters 40*. Schweizerischer Burgenverein. Basel.
- Kappelman J 1996. *The evolution of body mass and relative brain size in fossil hominids*. Journal of Human Evolution 30(3): 243–276.
- Kaufmann B 1987. *Anthropologische Bearbeitung und Auswertung der menschlichen Skelettreste aus der Grabung Pratteln-Pfarreizentrum „Romana“ 1976/77*. Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst 7: 177–242.
- Kaufmann B 1989. *Güttingen TG „Grauer Stein“: Bearbeitung der menschlichen Skelettreste aus den Grabungen 1927, 1966 und 1973*. Anthropologische Beiträge 2. Aesch.
- Kaufmann B, Schoch M 1983. *Ried/Mühlehölzli: ein Gräberfeld mit frühmittelalterlichen und hallstattzeitlichen Bestattungen*. 2 Bde. Universitätsverlag. Freiburg.
- Koepke N, Baten J 2005. *The biological standard of living in Europe during the last two millennia*. European Review of Economic History 9 (01): 61–95.
- Komlos J 2006. *The height increments and BMI values of elite Central European children and youth in the second half of the 19th century*. Annals of Human Biology 33(3): 309–318.
- Komlos J, Brabec M 2010. *The trend of mean BMI values of US adults, birth cohorts 1882–1986 indicates that the obesity epidemic began earlier than hitherto thought*. American Journal of Human Biology 22(5): 631–638.
- Komlos J, Breitfelder A, Sunder M 2009. *The transition to post-industrial BMI values among US children*. American Journal of Human Biology 21(2): 151–160.
- Komlos J, Lauderdale BE 2007. *Spatial correlates of US heights and body mass indexes, 2002*. Journal of Biosocial Science 39 (01): 59–78.
- Kurki HK, Ginter JK, Stock JT, Pfeiffer S 2010. *Body size estimation of small-bodied humans: Applicability of current methods*. American Journal of Physical Anthropology 141(2): 169–180.
- Lakoski SG, Barlow CE, Farrell SW, Berry JD, Morrow Jr JR, Haskell WL 2011. *Impact of body mass index, physical activity, and other clinical factors on cardiorespiratory fitness (from the Cooper Center Longitudinal Study)*. The American Journal of Cardiology 108(1): 34–39.
- Lohrke B, Cueni A 2010. *Anthropologische Untersuchungen zum frühmittelalterlichen Gräberfeld von Baar-Früeburgstrasse*. In: Müller K, editor. *Gräber, Gaben, Generationen: Der frühmittelalterliche Friedhof (7. Jahrhundert) von der Früeburgstrasse in Baar (Kanton Zug)*. Basel, 60–122.
- Maat GJR 2005. *Two millennia of male stature development and population health and wealth in the Low Countries*. International Journal of Osteoarchaeology 15(4): 276–290.
- Martin R 1914. *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung: mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden: für Studierende, Ärzte und Forschungsreisende*. Fischer. Jena.
- Martin R 1928. *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung: mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden für Studierende, Ärzte und Forschungsreisende*. 3 Bde. Fischer. Jena.
- Martin R, and Saller K 1957. *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung: mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden*. 4 Bde. Fischer. Stuttgart.
- McHenry HM 1992. *Body size and proportions in early hominids*. American Journal of Physical Anthropology 87(4): 407–431.
- Papageorgopoulou C 2008. *The medieval population of Tomils: an archaeo-anthropological approach*. Phil. Diss. Univ. Basel.
- Pearson K 1899. *Mathematical Contributions to the Theory of Evolution. V. On the Reconstruction of the Stature of Prehistoric Races*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A, Containing Papers of a Mathematical or Physical Character 192: 169–244.
- Porter AMW 1999. *The prediction of physique from the skeleton*. International Journal of Osteoarchaeology 9(2): 102–115.
- Prospective Studies C 2009. *Body-mass index and cause-specific mortality in 900,000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies*. The Lancet 373 (9669): 1083–1096.
- Rafferty KL, Walker A, Ruff CB, Rose MD, Andrews PJ 1995. *Postcranial estimates of body weight in Proconsul, with a note on a distal tibia of P. major from Napak, Uganda*. American Journal of Physical Anthropology 97(4): 391–402.
- Raxter MH, Auerbach BM, Ruff CB 2006. *Revision of the Fully technique for estimating statures*. American Journal of Physical Anthropology 130(3): 374–384.
- Rössner S 2007. *Adolphe Quetelet (1796–1874)*. Obesity Reviews 8(2): 183–183.
- Ruff C 1988. *Hindlimb articular surface allometry in hominoidea and Macaca, with comparisons to diaphyseal scaling*. Journal of Human Evolution 17(7): 687–714.
- Ruff C 2010. *Body size and body shape in early hominins – implications of the Gona Pelvis*. Journal of Human Evolution 58(2): 166–178.
- Ruff C, Niskanen M, Junno J-A, Jamison P 2005. *Body mass prediction from stature and bi-iliac breadth in two high latitude populations, with application to earlier higher latitude humans*. Journal of Human Evolution 48(4): 381–392.
- Ruff CB, Holt BM, Sládek V, Berner M, Murphy JWA, zur Nedden D, Seidler H, Recheis W 2006. *Body size, body*

- proportions, and mobility in the Tyrolean "Iceman". *Journal of Human Evolution* 51(1): 91–101.
- Ruff CB, Scott WW, Liu AYC 1991. *Articular and diaphyseal remodeling of the proximal femur with changes in body mass in adults*. *American Journal of Physical Anthropology* 86(3): 397–413.
- Ruff CB, Trinkaus E, Holliday TW 1997. *Body mass and encephalization in Pleistocene Homo*. *Nature* 387 (6629): 173–176.
- Ruff CB, Trinkaus E, Walker A, Larsen CS 1993. *Postcranial Robusticity in Homo. 1: Temporal trends and mechanical interpretation*. *American Journal of Physical Anthropology* 91(1): 21–53.
- Rühli F, Henneberg M, Woitek U 2008. *Variability of height, weight, and body mass index in a Swiss armed forces 2005 census*. *American Journal of Physical Anthropology* 137(4): 457–468.
- Rush EC, Goedecke JH, Jennings C, Micklesfield L, Dugas L, Lambert EV, Plank LD 2007. *BMI, fat and muscle differences in urban women of five ethnicities from two countries*. *International Journal of Obesity* 31(8): 1232–1239.
- Siegmund F 2010. *Die Körpergrösse der Menschen in der Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas und ein Vergleich ihrer anthropologischen Schätzmethoden*. Books on Demand. Norderstedt.
- Sluyter JD, Schaaf D, Scragg RKR, Plank LD 2011. *Body mass index and percent body fat in a New Zealand multi-ethnic adolescent population*. *International Journal of Pediatric Obesity* 6(1): 36–44.
- Staub K, Rühli FJ, Woitek U, Pfister C 2010. *BMI distribution: social stratification in Swiss conscripts from 1875 to present*. *European Journal of Clinical Nutrition* 64(4): 335–340.
- Stock J, Pfeiffer S 2001. *Linking structural variability in long bone diaphyses to habitual behaviors: Foragers from the southern African Later Stone Age and the Andaman Islands*. *American Journal of Physical Anthropology* 115(4): 337–348.
- Stock JT 2006. *Hunter-gatherer postcranial robusticity relative to patterns of mobility, climatic adaptation, and selection for tissue economy*. *American Journal of Physical Anthropology* 131(2): 194–204.
- Stock JT, Shaw CN 2007. *Which measures of diaphyseal robusticity are robust? A comparison of external methods of quantifying the strength of long bone diaphyses to cross-sectional geometric properties*. *American Journal of Physical Anthropology* 134(3): 412–423.
- Trancik-Petitpierre V 1991. *Die anthropologische Auswertung der frühmittelalterlichen Skelette aus der Kirche St. Peter und Paul zu Oberwil*. Archäologie und Museum. Amt für Museen und Archäologie. Liestal.
- Ulrich-Bochsler S 2009. *Anthropologische Auswertung der Gräber*. In: Eggenberger P, Bacher R, Frey J, Frey-Kupper S, Heigold-Stadelmann A, and Ulrich-Bochsler S, editors. *Seeberg, Pfarrkirche: die Ergebnisse der Bauforschungen von 1999/2000*. Archäologischer Dienst des Kantons Bern. Bern, 217–248.
- Ulrich-Bochsler S 2006. *Anthropologische Rekonstruktion einer frühmittelalterlichen Bevölkerung aus dem Berner Seeland*. In: Kissling C, and Ulrich-Bochsler S, editors. *Kallnach-Bergweg: Das frühmittelalterliche Gräberfeld und das spätrömische Gebäude*. Rub Media. Bern, 113–176.
- Ulrich-Bochsler S 1988. *Die anthropologischen Forschungen*. In: Eggenberger P, Rast Cötting M, and Ulrich-Bochsler S, editors. *Rohrbach: Reformierte Pfarrkirche*. Haupt. Bern, 103–111.
- Ulrich-Bochsler S, Meyer L 1994. *Die anthropologischen Forschungen*. In: Eggenberger P, and Ulrich-Bochsler S, editors. *Steffisburg: Reformierte Stadtkirche*. Haupt. Bern, 101–159.
- Ulrich-Bochsler S, Meyer L 1992. *Die anthropologischen Forschungen*. In: Eggenberger P, Bossert M, and Ulrich-Bochsler S, editors. *Walkringen: Reformierte Pfarrkirche*. Staatlicher Lehrmittelverlag. Bern.
- Vančata V, Charvátová M 2001. *Post-palaeolithic Homo Sapiens evolution in central Europa: Changes in body size and proportions in the neolithic and early bronze age*. *Anthropologie – International Journal of the Science of Man* 39: 133–152.
- Vercellotti G, Agnew AM, Justus HM, Sciulli PW 2009. *Stature estimation in an early medieval (XI–XII c.) Polish population: Testing the accuracy of regression equations in a bioarcheological sample*. *American Journal of Physical Anthropology* 140(1): 135–142.
- Weiss E 2007. *Muscle markers revisited: Activity pattern reconstruction with controls in a central California Amerind population*. *American Journal of Physical Anthropology* 133(3): 931–940.
- Wheatley BP 2005. *An evaluation of sex and body weight determination from the proximal femur using DXA technology and its potential for forensic anthropology*. *Forensic Science International* 147(2–3): 141–145.
- WHO. *Global database on BMI*. <<http://apps.who.int/bmi/index.jsp>> (visited 18. 5. 2011).
- Williamson DF 1993. *Descriptive epidemiology of body weight and weight change in U.S. adults*. *Annals of Internal Medicine* 119(2): 646–649.
- Wurm H 1982. *Über die Schwankungen der durchschnittlichen Körperhöhe im Verlauf der deutschen Geschichte und die Einflüsse des Eiweißanteiles der Kost*. *Homo – Journal of Comparative Human Biology* 33: 21–42.

Address:

Frank Siegmund
Dittingerstrasse 33
4053 Basel
Switzerland

Knochen, Sammlungen und Pioniere – Eine kurze Geschichte der Schweizer Paläopathologie

[Bones, Collections and Pioneers – A Short Primer of the History of Swiss Paleopathology]

PHILIPP GRUBER,^{1,2,*} FRANK RÜHLI,² THOMAS BÖNI^{2,3}

¹Klinik für Neurologie, Universitätsspital Zürich, Schweiz

²Zentrum für Evolutionäre Medizin, Anatomisches Institut, Universität Zürich, Schweiz

³Orthopädische Universitätsklinik Balgrist, Zürich, Schweiz

*corresponding author

Zusammenfassung

Die Geschichte der Schweizer Paläopathologie war seit ihren Anfängen mehrheitlich durch Fallberichte geprägt. Der wohl früheste dieser Art wurde vom Basler Stadtarzt Felix Platter (1536–1614) über ein aussergewöhnlich grosses Skelett in seinen *Observationes* (1614) verfasst. Erst mit der Etablierung der Anthropologie in der Schweiz Anfang des 20. Jahrhunderts und seit der Professur von Otto Schlaginhaufen (1879–1973) wurden immer mehr paläopathologische Arbeiten verfasst, die aber weiterhin meist Fallberichte bleiben. In die selbe Zeit fielen auch die Gründung von mehreren anthropologischen Gesellschaften, die wie die 1957 gegründete Interkantonale Arbeitsgemeinschaft zur Betreuung Anthropologischer Funde (IAG) das Ziel haben, anthropologische Untersuchungen am historischen Skelett zu propagieren. Mit Erik Hug (1911–1991) und Siegfried Scheidegger (1903–1989) kam es zu systematischeren paläopathologischen Untersuchungen. Zudem haben sich im Verlaufe der Zeit einige grosse und wissenschaftlich äusserst wertvolle Knochensammlungen, wie die Galler-Sammlung, benannt nach ihrem Konservator Ernst Galler (1895–1957), oder die Sammlung am Naturhistorischen Museum in Basel herausgebildet.

Schlüsselwörter: Paläopathologie, Schweiz, Sammlungen

Summary

In its beginning, the history of Swiss paleopathology comprised only a few case reports. Probably one of the oldest of its kind was the description of an unusually tall skeleton by Felix Platter (1536–1614), a famous Swiss physician from Basel, in his *Observationes* (1614). As soon as anthropology was established in Switzerland at the beginning of the 20th century and under Otto Schlaginhaufen (1879–1973), a famous social anthropologist with a strong influence on the Swiss Anthropological Society, paleopathology started to evolve more in its proper sense. Since then different anthropological societies were founded that propagated paleopathological research such as the “Interkantonale Arbeitsgemeinschaft zur Betreuung Anthropologischer Funde” (Intercantonal Anthropology Work Unit, IAG) in 1957. Furthermore several bone collections were established in Switzerland, such as the famous “Galler collection”, named after its main conservator Ernst Galler (1895–1957) or the collection of the Natural History Museum of Basel. They are still of high scientific value today. Most of them can be traced back to the mid 19th century.

Keywords: Palaeopathology, Switzerland, collections

Einleitung

Allgemein wird der Beginn der paläopathologischen Forschung auf das Jahr 1774 mit der systematischen

Beschreibung einer ossären Läsion an einem Höhlenbärenknochen, vereinbar mit einem Osteosarkom, durch den Deutschen Naturforscher und Theologen Johann Friedrich Esper (1731–1781) datiert

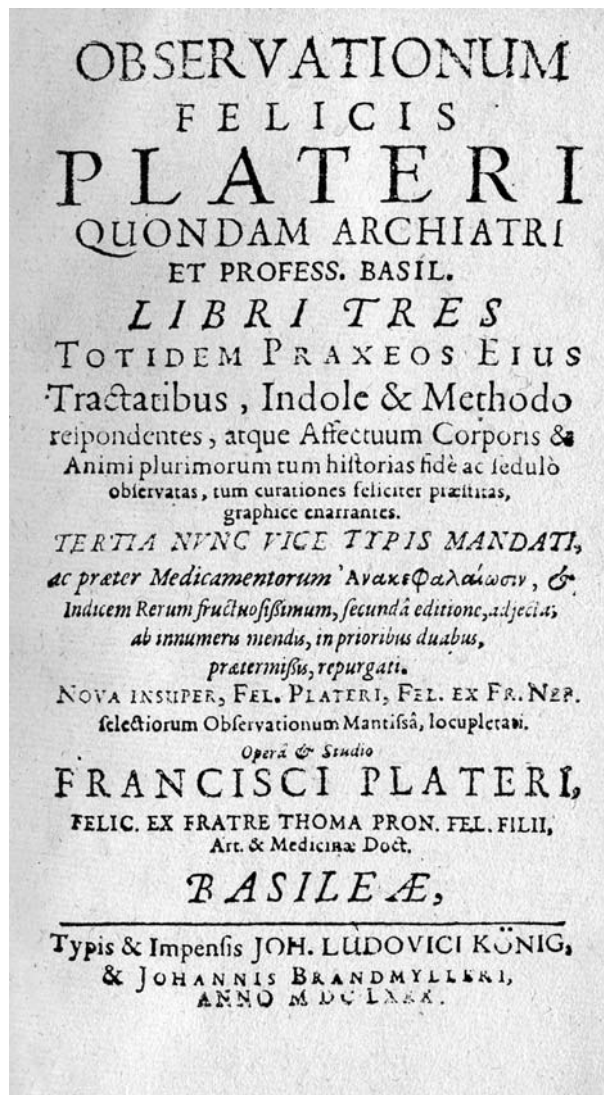


Abb. 1: Titelseite der *Observationes* (Beobachtungen) des Basler Stadtarztes Felix Platter (1536–1614), welche die Zusammenstellung der medizinischen Beobachtungen und Erfahrungen von Platter enthält – eines der wohl ersten paläopathologischen Arbeiten der Schweiz.

(Aufderheide 2005). Berechtigterweise stellt sich die Frage, seit wann es in der Schweiz paläopathologische Forschung gibt und wie und durch wen diese propagiert wurde. Ein Grossteil der Schweizer paläopathologischen Forschung wurde während des 20. Jahrhunderts und insbesondere dem zweiten Teil des 20. Jahrhunderts betrieben. Vieles davon ist auch Gegenstand aktueller Forschung. Somit zeigt sich bereits, dass es kein leichtes Unterfangen ist, eine Wissenschaftsgeschichte der Schweizer Paläopathologie zu schreiben, da die Paläopathologie eine vergleichsweise junge Wissen-

schaft innerhalb der Familie der historischen und anthropologischen Wissenschaften darstellt. Zusätzlich besteht eine begriffliche Unschärfe, weil es die Paläopathologie „als die Wissenschaft von den pathologischen Konditionen vergangener Zeiten“ im engeren Sinne wohl frühestens seit Ende der 1. Hälfte des 20. Jahrhunderts gibt. Es gestaltet sich auch deshalb nicht einfach, da viele frühe paläopathologische Arbeiten anekdotisch und meist schlecht dokumentiert wurden. Nicht zuletzt begründen sich all diese Umstände damit, dass anfänglich die dazu notwendigen weitergehenden Zusatzuntersuchungen mittels der Röntgentechnologien oder biochemische Methoden nur beschränkt oder gar nicht zur Verfügung standen.

Folgende Darstellung ist eine abgeänderte deutsche Fassung des Kapitels zur Schweizer Paläopathologie in der „Global History of Paleopathology“ (Buikstra und Roberts, *in press*). Es ist den Autoren bewusst, dass diese Darstellung bei Weitem nicht komplett ist und dies in einem gewissen Mass auch nicht sein kann. Zudem wurden bewusst die meisten noch lebenden Exponenten der Schweizer Paläopathologie in dieser Darstellung nicht miteingeschlossen.

Die frühen Zeugnisse paläopathologischer Forschung

Das 16. Jahrhundert ist aus wissenschaftsgeschichtlicher Sicht betrachtet eine sehr lebhaft Zeit. So hat sich in der Medizin mit den neu gewonnen anatomischen Kenntnissen durch den Brüsseler Arzt und Anatom Andreas Vesalius (1514–1565), der unter anderem Leibarzt von Karl V. und Philipp II. von Habsburg war und dem die Basler anatomische Sammlung eines der ältesten Anatomiepräparate der Welt (datiert auf 1543) zu verdanken hat (Wolf-Heidegger 1944), viel getan. Dadurch kam es zu einer schrittweisen Relativierung der antiken-mittelalterlichen medizinischen Vorstellung und Dogmen, die sich vielfach auf die monumentalen Arbeiten des griechisch-römischen Arztes Galen (129–199/216) stützten. Es ist somit auch nicht verwunderlich, wenn es sich beim womöglich frühesten Zeugnis der „paläopathologischen“ Forschung der Schweiz um einen kurzen Bericht aus dem Ende des 16. Jahrhundert handelt. Der Verfasser dieser kurzen Abhandlung, die sich im dritten Band des dreibändigen Werkes „*Observationes*“ (Beobachtungen) findet, war kein geringerer als Felix Platter (1536–1614, Abbildung 1). Es stellt im Wesentlichen eine Sammlung von medizinischen Beobachtungen und Erfahrungsberichten von Platter dar und wurde 1614 ediert. Platter, der ein Sohn des ebenso

berühmten Humanisten und Rektors der „Schule auf der Burg“ in Basel, Thomas Platter (1499–1582) war, wurde 1570 zum Stadtarzt ernannt und wirkte in dieser Funktion auch als Professor für Medizin an der Universität Basel. Platter war für seine medizinischen Leistungen zu seiner Zeit sehr angesehen und wurde dementsprechend vielfach weit über die Basler Stadtgrenze hinaus um medizinischen Rat gebeten (Hunziker 1939). Nicht zuletzt gilt er sogar als Begründer der Schweizer Rechtsmedizin. Im Jahre 1584 kam es von Seiten der Luzerner Behörden zu einer Anfrage für die medizinische Begutachtung eines sonderbaren Skelettfundes, denn in der Region des Pilatus war man auf aussergewöhnlich grosse Skelettreste gestossen. Daraufhin reiste Platter nach Luzern, um diese Skelettreste zu beurteilen und auszumessen. Aufgrund der riesigen Ausmasse dieser Skeletteile kam Platter zum Schluss, dass es sich hierbei um ein frühes Zeugnis eines humanen Riesenwuchses (Gigantismus) handeln musste (Platter 1614). Wahrscheinlich sind seine Mutmassungen in dieser Form nach heutigem Wissen nicht mehr haltbar, aber durch sein systematisches Vorgehen mit Ausmessen und Interpretation der Daten als ein pathologisch verändertes Individuum aus vergangener Zeit, darf dieser Text sicher als ein frühes Zeugnis paläopathologischer Begutachtung gelten.

Ein Zeitgenosse und sicherlich auch Bekannter Platters war Christian Wurstisen (1544–1588), der als Professor der Mathematik an der Universität Basel arbeitete und zuletzt Stadtschreiber von Basel war. Wurstisen verfasste unter anderem die bekannte Basler Chronik und ein Werk über die Geschichte des Basler Münsters. In diesem beschreibt er ein spezielles Vorkommnis von 1510, als man das Grabmal der Anna von Habsburg (1225–1281), welche die Frau von Rudolf von Habsburg (1218–1291) war und 1281 verstarb, in der Kathedrale zu Basel öffnete. Man fand darin einen vollständigen und gut erhaltenen Leichnam vor. Bei dieser Gelegenheit beschrieb er, wie man die Königin Anna von Habsburg mumifiziert hatte, indem man ihre Eingeweide entfernte, den übrigen Körper einbalsamierte und mit Wachsbinden einwickelte. Auch wenn dieser Vermerk nur sehr kurz ist, so gibt dieser Text ein frühes Beispiel für eine Mumienbeschreibung mit Befund und deren Herstellung ab (Kaufmann 1996).

Am Übergang zur Aufklärung kam es zunehmend zu konkurrierenden Ansichten in der Philosophie und den Naturwissenschaften. Diese ergaben sich aus den bereits gewonnenen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen, insbesondere der Physik und Astronomie, und den dazu kontrastierenden theologischen Dogmen. So kam es, dass sich fast ein Jahrhundert nach Platter

der Universalgelehrte und Zürcher Stadtarzt Johann Jakob Scheuchzer (1672–1733) intensiv mit der Menschheitsgeschichte und der Sintflut beschäftigte. Scheuchzer, ein begeisterter Naturforscher und Berggänger, kartografierte nicht nur die Alpen sondern sammelte auch Fossilien. Da er im Verlaufe die Fossilien, entgegen gängiger damaligen Vorstellungen nicht als eine pure „Laune der Natur“, sondern als Zeugen der Sintflut, respektive einer antediluvianen Welt betrachtete, hielt er ein 1726 in den Steinbrüchen von Oehningen am Bodensee (Deutschland) gefundenes versteinertes Riesensalamander-Skelett (*Andrias Scheuchzeri*) für das eines antediluvianischen Menschen (*Homo diluvii testis*) (Fischer 1973, Abbildung 2). Sicherlich darf darüber diskutiert werden, ob es sich hierbei um ein weiteres Dokument paläopathologischer Forschung (Aufderheide 2005) oder mehr ein interessantes Zeugnis früher Paläoanthropologie oder Paläontologie handelt.

Die Pioniere aus dem Ende der 19. Jahrhundert und die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts

Das 19. Jahrhundert war wegen der Industrialisierung von einem Technologie-Schub geprägt, der sich deutlich in den Naturwissenschaften bemerkbar machte. Mittels neuer Methoden kam es sowohl in der theoretischen als auch praktischen Medizin zu merkbaren Fortschritten. Ebenso kam es durch den erhöhten Mobilitätsgrad zur erfolgreichen Erschliessung von neuen Erdteilen. Das führte zu vertieften Erkenntnissen in der Anthropologie und Ethnologie. Zusätzlich prägte die darwinistische Debatte das Denken vieler Forscher. In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts kam es zudem zu Entdeckungen von zahlreichen prähistorischen Siedlungen, insbesondere auch von zahlreichen Pfahlbauersiedlungen, und damit auch zu deren humanen Überresten. Durch den in Europa vorherrschenden Nationalismus und damit verbundenen Staatengründungen war das allgemeine Interesse gross an der eigenen Geschichte und der Frage nach der Herkunft der Menschheit im Generellen und der lokalen Bevölkerungen im Speziellen.

In diesem Zusammenhang ist hierfür der gebürtige Hemmenthaler (Schaffhausen) Gymnasiallehrer und passionierte Naturforscher Jakob Nüesch (1845–1915) ein gutes Beispiel. Er entdeckte 1891 das Schweizersbild (Schaffhausen), welches sich als einer der wichtigsten neolithischen Siedlungsplätze der Schweiz erweisen sollte und selbst den berühmten deutschen Pathologen Rudolf Virchow (1821–1902) zu einem

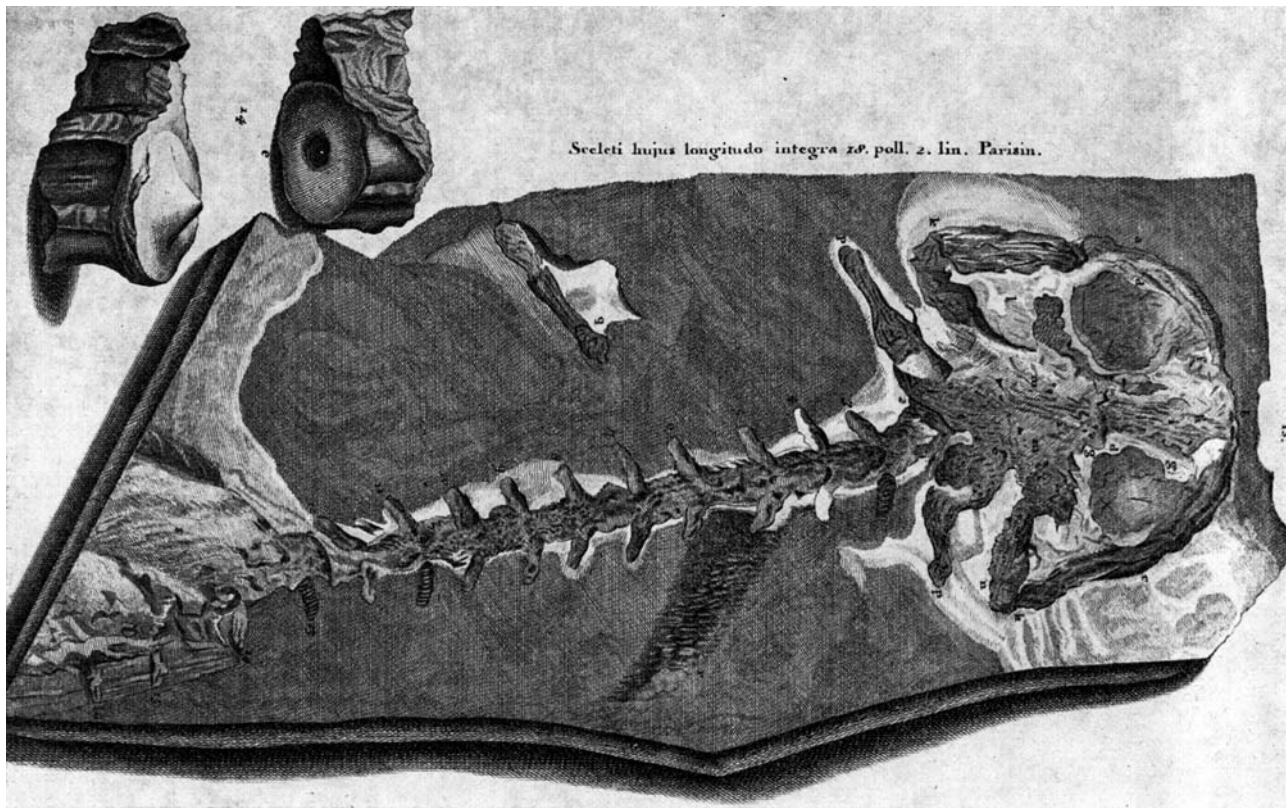


Abb. 2: Der „*Homo diluvii testis*“ des Zürcher Stadtarztes und Naturforschers Johann Jakob Scheuchzer (1672–1733). Abbildung aus der *Physica sacra*.

Besuch dort hin veranlasste. Im Verlauf der Grabungskampagne wurden 20 Gräber entdeckt, in denen sich Skelette von circa 27 Individuen fanden (Höneisen 1994). Nüesch war durchaus an anthropologischen Fragestellungen interessiert, so dass er Julius Kollmann (1834–1918) zur anthropologischen Aufarbeitung der Skelette engagierte. Kollmann war ein deutscher Zoologe und Anthropologe, der von 1878–1913 als Professor für Anatomie an der Universität Basel tätig war und sich auch mit dem Vermessen von Schädeln beschäftigt hatte. Durch diese Tätigkeit wurde die Basler Schädelammlung international bekannt (Kurz 1995). Kollmann fand nach seinen osteometrischen Daten im Schweizersbild zwei verschiedene Menschentypen vor. Einerseits gab es Skelette vom kleinwüchsigen, grazilen Typ und andererseits vom normal grossen, robusten Typ. Daraus schloss Kollmann, dass beim Schweizersbild zwei unterschiedliche humane Populationen gelebt haben müssten. Die kleinwüchsigen Skelette seien demnach „europäische Pygmäen“ und würden somit eine

stammesgeschichtliche ältere Population als die grossgewachsenen Individuen repräsentieren (Kollmann 1896). Diese Befundinterpretation ist aufgrund moderner Erkenntnisse als solche nicht mehr vertretbar (Höneisen 1994), aber durchaus im wissenschaftlichen Trend der damaligen Zeit.

In ähnlicher Weise darf auch der St. Galler Naturforscher Emil Bächler (1868–1950) als ein Pionier der schweizerischen Paläopathologie angesehen werden. Bächler entdeckte zahlreiche weit über die Schweizer Grenze hinaus bekannte paläolithische Siedlungsplätze, so das appenzellische „Wildkirchli“ (60000–10000 BC, Bächler 1912), das St. Gallische „Wildmannisloch“ (60000–10000 BC, Bächler 1912) und das „Drachenloch“ ob Vättis, welches als die höchstgelegene prähistorische Stätte Europas gilt. Bächler hat in diesem Zusammenhang vor allem einige pathologische Veränderungen an Bärenknochen beschrieben (Bächler 1921, Bächler 1940).

Der wohl wichtigste und einflussreichste Exponent der Schweizer Anthropologie zu dieser Zeit war Otto

Schlaginhaufen (1879–1973, Abbildung 3), der ein Schüler des deutschen Anthropologen und ersten Professors für Anthropologie an der Universität Zürich, Rudolf Martin (1864–1925), war. Auch wenn sein wissenschaftliche Interesse mehr der physischen Anthropologie und Sozialanthropologie galt, so finden sich in seinem Werk, das circa 160 Publikationen umfasst, einige wenige Abhandlungen, die teilweise paläopathologisch geprägt sind.

Wie schon sein Lehrer Martin, der dem Vermessen und Massnehmen in der Anthropologie einen hohen Stellenwert zukommen liess, befasste sich Schlaginhaufen mehrheitlich mit vergleichenden osteo- und kranio-metrischen Untersuchungen. Diese Tendenz bemerkt man auch in seinen paläopathologischen Arbeiten. Beispielhaft dafür steht die Arbeit über ein kleinwüchsiges weibliches Skelett aus einer ehemaligen Pfahlbauersiedlung von Egolzwil I (Luzern), das ebenfalls schon seinem Lehrer Martin zur Begutachtung vorgelegt wurde (Schlaginhaufen 1925). In ähnlicher Weise verhält es sich auch mit dem aus dieser Gegend stammendem Oberschenkel des „Fundes von Tedeschi“, benannt nach dessen Entdecker, einem ansässigen Bauunternehmer. In diesem Fall ging Schlaginhaufen wie üblich osteometrisch, deskriptiv und vergleichend vor und beschrieb am Femur zwei oberflächliche, möglicherweise pathologische Knochenveränderungen. Diese Befunde diskutierte er dann im interdisziplinären Rahmen mit einem Chirurgen und Radiologen. Daraufhin wurde dieser Oberschenkel zusätzlich radiologisch untersucht. Schliesslich konnten diese Veränderungen keiner eindeutigen pathologischen Entität zugeordnet werden (Schlaginhaufen 1925). Eine weitere Arbeit beschäftigt sich mit menschlichen Überresten aus der Hallstattzeit (800–400 v. Chr.) von Othmarsingen. An einem Skelett beschreibt er eine traumatisch bedingte Läsion (Schlaginhaufen 1934). Zudem prägte Otto Schlaginhaufen, der ab 1917 ordentlicher Professor für Anthropologie an der Universität Zürich war und dies bis 1951 auch blieb, die Schweizerische anthropologische und ethnologische Gemeinschaft nachhaltig. So war er 1920 einer der Mitgründer der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie in Basel. Drei Jahre später wurde er deren Vorsitzender. 1924/25 kam es zur ersten Ausgabe des „Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft der Anthropologie und Ethnologie“, welches seit 1995 unter dem Namen „Bulletin der Schweizer Gesellschaft für Anthropologie“ publiziert wird und ein wichtiges Publikationsorgan für die Schweizer paläopathologische Forschung darstellt. Seit der zweiten Ausgabe war Otto Schlaginhaufen auch hier Schriftführer. In dieser Funktion verblieb er bis 1968 (Ulrich-Bochsler 1995).



Abb. 3: Otto Schlaginhaufen (1879–1973), Schweizer Sozialanthropologe und einflussreicher Anthropologe, der Mitgründer der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie war.

In diese Zeit fallen auch zwei paläopathologische oder Paläopathologie-nahe Abhandlungen, die hier erwähnt werden sollen. Aus dem Jahr 1913 stammt die ältere der beiden Arbeiten. Diese ist eine durchaus paläopathologische, respektive Mumienforschungs-nahe, aber auch taphonomische Monographie und wurde von Willhelm Müller geschrieben, der dabei Unterstützung von Professor Heinrich Zangger (1874–1957), dem ersten Direktor des Instituts für Rechtsmedizin in Zürich und Professor Albert Heim (1849–1937), Ehemann der ersten Schweizer Ärztin Marie Heim-Vögtlin (1845–1916) und Professor für Geologie an der ETH Zürich erhielt. Hierbei handelt es sich um eine Analyse der Leichenfunde aus dem aufgehobenen Friedhof auf der Hohen Promenade (Müller 1913). Der Friedhof wurde um 1847 angelegt und wegen der Errichtung der Töchterschule Hohe Promenade (Heute Kantonsschule Hohe Promenade) 1912 aufgehoben. Dabei fanden sich während der Umbettung der Gräber zahlreiche gut erhaltene Fettwachsleichen. Müller beschrieb in seiner Mono-

graphie akribisch den Zustand derselben und analysierte in allen Aspekten die postmortale Dekomposition und Fettwachsbildung. Ebenso beschäftigte er sich im speziellen mit Leichen, die während der Cholera-Epidemie von 1867 verstorben waren, und untersuchte diese mikrobiologisch ohne aber den Erreger der Cholera nachweisen zu können.

Etwas später, nämlich 1929, entstand eine weitere interessante paläopathologische Abhandlung, die vom Basler Pathologen Andreas Wehrtemann (1897–1974) verfasst wurde. Diese hat die anthropometrische Beurteilung des Skeletts von Erasmus von Rotterdam zum Inhalt. 1928 kam es im Basler Münster zur vermeintlichen Graböffnung des niederländischen Humanisten und Gelehrten Erasmus von Rotterdam (1466–1536), der 1536 in Basel verstarb. In dieser Monographie wurden neben den üblichen osteometrischen Methoden bereits viele noch heute gängige Zusatzuntersuchungen mittels konventionellem Röntgen und histologischer Aufarbeitung insbesondere des pathologisch veränderten Knochenmaterials angewendet. Der Autor kam zum Schluss, dass Erasmus von Rotterdam aufgrund der reaktiven Knochenveränderungen möglicherweise an Lues gelitten haben könnte (Werthemann 1929). Diese Darstellung gilt heute als überholt, nachdem in den Ausgrabungen des Basler Münsters von 1973/1975 ein in der Nähe des 1928 geöffneten Grabes ein weiteres zum Vorschein kam (Kaufmann 1986), welches aufgrund der Befundlage und Grabbeigaben als dasjenige von Erasmus von Rotterdam gelten muss.

Die Pioniere Anfang der zweiten Hälfte des 20. Jahrhundert

Der Zürcher Erik Hug (1911–1991), der ein Schüler von Otto Schlaginhaufen war und der dem Ruf einer Professur für Anthropologie nach Genf folgte, beschäftigte sich mehrheitlich mit der historischen Anthropologie. In seinen frühen Arbeitsphasen dokumentierte er akribisch Skelettfunde zahlreicher historischer Friedhöfe, wobei hier die osteo- und kranio-metrischen Analysen im Vordergrund standen. Diese Methoden waren schon ein Schwerpunkt seiner Dissertation bei Schlaginhaufen (Hug 1940). Ebenso verfasste er ein Inventar, das die bis Ende der 50er-Jahre entdeckten anthropologischen Funde des Kantons St. Gallen (Hug 1959) beinhaltet. Vor allem die Arbeiten über die Gebeine des Ulrich von Hutten (1488–1523), einem deutschen Humanisten, der auf der Insel Ufenau (Zürichsee) verstarb und dort wohl auch begraben wurde, sowie Jürg Jenatsch (1596–1637), dem

protestantischen Rebellenführer und Pfarrer zur Zeit des 30-jährigen Krieges (1618–1648) aus dem Engadin, sind paläopathologisch ausgerichtet (Hug 1959, Hug 1959/60). In der Debatte um die sterblichen Überreste von Ulrich von Hutten, der eines der ersten prominenten Opfer der Syphilis war und darüber auch eine kleine Schrift mit der Beschreibung der Guaiac-Holz-Therapie verfasste (von Hutten 1519), konnte Hug nachweisen, dass die ursprünglich für die von Huttens gehaltenen Überreste aufgrund von fehlenden typischen syphilitischen Knochenläsionen nicht diesem zuzuschreiben sind. Hug konnte aber an dem anderen zur Debatte stehenden Skelett an Hand von Knochenbefunden aufzeigen, dass dieses zu von Hutten gehörte und dieser an Syphilis litt (Jung 1969, Jung 1971).

1957 kam es zur Gründung der Interkantonalen Arbeitsgemeinschaft zur Betreuung Anthropologischer Funde (IAG), mit der Absicht, die vor allem bei öffentlichen Strassen- und Friedhofsarbeiten entdeckten historischen menschlichen Überreste zu bergen und anthropologisch-wissenschaftlich zu bearbeiten. Hug war an deren Entstehung mitbeteiligt und zugleich auch ihr erster wissenschaftlicher Direktor (Moser 1983). Auf Hug folgte der Basler Anthropologe Bruno Kaufmann als wissenschaftlicher Leiter der IAG (Peterhans 1981), der sich bis heute für die historische Anthropologie und Paläopathologie in der Schweiz einsetzt. Heute wird die IAG von 12 Kantonen finanziell unterstützt. Durch die rege Tätigkeit der IAG wurde eine Knochensammlung aufgebaut, welche inzwischen etwa 60 000 Knochenpräparate, die aus Neolithikum bis Neuzeit stammen, umfasst. Die Mehrheit davon stammt aus dem Mittelalter. Bis anhin sind lediglich 30% der Sammlung wissenschaftlich bearbeitet worden. Hug hat auch die kleine aber stetig wachsende Sammlung des Berner Naturhistorischen Museums in den 50iger-Jahren wissenschaftlich aufgearbeitet (Hug 1956). Die Sammlung wurde ursprünglich von Christian Aeby (1835–1885) gegründet und durch den Zoologen und vergleichenden Anatomen Theodor Studer (1845–1922), welcher ein ausgeprägtes Interesse für die Schweizer Pfahlbauer und deren Schädel hatte, massgeblich ausgebaut (Hug 1956).

Siegfried Scheidegger (1903–1989) darf ebenfalls zu den Pionieren der Schweizer Paläopathologie gerechnet werden. Scheidegger arbeitete anfänglich auf der Pathologie am Universitätsspital Basel und wirkte dort als Gründer und Leiter der Neuropathologie. Später wurde er Chefarzt für Pathologie am Kantonsspital Liestal. Auch Scheidegger hat sich mit vor allem arthritisch und syphilitisch bedingten Veränderungen an historischem Skelettmaterial beschäftigt (Scheidegger 1980, Scheidegger 1982a, Scheidegger 1982b, Scheidegger 1990). Scheidegger war wie Hug ein

Gründungsmitglied der IAG (Moser 1983). Zum Anlass seines 80. Geburtstages wurde in Liestal ein internationales paläopathologisches Symposium durchgeführt.

Im Zusammenhang mit der Geschichte der Paläopathologie darf die Erwähnung von Erwin Uehlinger (1899–1980), einer der bekanntesten Schweizer Pathologen, welcher sich vor allem ein Namen in der Knochenpathologie gemacht hatte, nicht fehlen. Er arbeitete ursprünglich unter den Pathologen Ernst Hedinger (1873–1924) und Hans von Meyenburg (1887–1971) in Zürich. Uehlinger wurde zuerst Chefarzt für Pathologie in St. Gallen, bevor er 1953 als Professor für Pathologie an die Universität Zürich wechselte. Wissenschaftlich mass Uehlinger der Tuberkulose besonderes Interesse zu. So kam ihm dann auch der Verdienst der Erstbeschreibung der späten Primärinfektion zu (Doerr 1979). Durch seine grundlegenden Arbeiten, fand er methodologisch Eingang in die Paläopathologie, so dass die beiden amerikanischen Paläopathologen Ortner und Putschar die Erstausgabe ihres Standardwerkes Erwin Uehlinger widmeten (Ortner und Putschar 1985).

Mit Uehlinger und Scheidegger verbindet sich ein weiterer wichtiger Name der Schweizer Paläopathologie, nämlich der von Ernst Galler (1895–1957). Dieser arbeitete anfänglich unter Scheidegger in Basel als anatomischer Präparator, bevor er nach Zürich zu Professor Uehlinger wechselte. Mit der Aufnahme seiner Tätigkeit als Präparator in Zürich kam es zum Ausbau einer medizinisch orientierten Knochenpräparate-Sammlung, die durch den Deutschen Johann Lukas Schönlein (1793–1864), der 1833 als erster Professor für Medizin an die Universität Zürich berufen wurde, gegründet wurde. Diese Sammlung trägt heute den Namen ihres Konservators Galler und umfasst circa 1500 Trockenpräparate. Die meisten Präparate stammen aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Von besonderem paläopathologischen Interesse ist diese Sammlung deshalb, weil zu den meisten Knochenpräparaten auch eine Krankengeschichte existiert, so dass man einen direkten Vergleich zwischen der Knochenmorphologie einerseits und den spezifischen Krankheiten mit deren Verlauf anderseits ziehen kann. Leider wurde diese Sammlung im Laufe der Zeit aus Platzgründen aufgelöst, so dass sich heutzutage ein grosser Teil der ursprünglichen Sammlung im Anatomischen Institut Zürich und weitere Teile leihweise im Naturhistorischen Museum Basel befinden (Rühli *et al.* 2001).

In diese Zeit fallen auch Arbeiten des Basler Professors für Zahnmedizin Roland Bay (1909–1989), der einige seiner Doktoranden mit zahnmedizinischen

paläopathologischen Themen betraute (Kuhn 1973, Bay 1981). Nebenamtlich hat er sich um die Betreuung und den Ausbau der Knochensammlung der historischen Anthropologie bemüht, die heutzutage Bestandteil der Sammlung des Naturhistorischen Museums Basel ist (Wiedemayer und Hotz 2003). Den Grundstein hierzu legte der Anatom und Mediziner Carl Gustav Jung (1794–1864), der Grossvater des berühmten Psychoanalytikers Carl Gustav Jung (1875–1961). Dieser stammte ursprünglich aus Mannheim und war von 1822–1850 Professor für Medizin und Anatomie an der Universität Basel. Diese Sammlung hat im Lauf der Zeit mehrere kleinere Sammlungen inkorporiert; etwa die Schädel-Sammlung von Kollmann oder ein Teil der Galler-Sammlung, so dass sie heute ungefähr 10 000 Exponate umfasst (Wiedemayer und Hotz 2003). Durch die Grabungen von 1988/89 im „Spitalfriedhof St. Johann“, welcher als solcher von 1845–1861 genutzt wurde, kamen 221 Skelette dazu, die aufgrund der zum Teil vorliegenden historischen Krankengeschichten von hohem wissenschaftlichen Wert sind (Hotz und Cueni 2003).

Die vergangenen 30 Jahre im Rückblick

In den letzten drei Jahrzehnten hat sich in der Schweizer Paläopathologie viel getan und sie ist bis heute Gegenstand reger Forschungstätigkeiten. Es sollen hier wichtige paläopathologisch ausgerichtete Gesellschaftsgründungen und damit verbundene Personen genannt werden. 1986 wurde die „Arbeitsgemeinschaft für historische Anthropologie“ durch den Hauptinitianten Roland Menk (gestorben 1985), welcher seit 1982 als Oberassistent der Anthropologie in Genf tätig war, gegründet. An dieser Stelle muss auch Susi Ulrich-Bochsler erwähnt werden, die sich ebenfalls sehr aktiv für die „Arbeitsgemeinschaft für historische Anthropologie“ eingesetzt hat und bis 2010 Leiterin der Arbeitsgruppe für historische Anthropologie der Universität Bern war. Susi Ulrich-Bochsler hat mit weit über hundert Publikationen im Bereich der historischen Anthropologie und Paläopathologie wesentlich zur rezenten paläopathologischen Forschung in der Schweiz beigetragen.

Eine weitere paläopathologische Arbeitsgruppe repräsentiert die interdisziplinäre „Arbeitsgruppe für klinische Paläopathologie“, die 1993 in Zürich gegründet wurde (Böni 1993). Diese organisiert zweimal jährlich paläopathologische Kolloquien, welche eine rege Plattform für die aktuelle Forschung und paläopathologische Weiterbildung bedeuten. Zudem hat sich aus dieser Arbeitsgruppe 1995 zusätzlich das

„Swiss Mummy Project“ entwickelt, das sich mit der Erforschung der in der Schweiz befindlichen Mumien beschäftigt (Rühli 1998, Rühli 1999, Küffer 2007). Mit der Gründung des Zentrums für Evolutionäre Medizin (ZEM) an der Universität Zürich im Oktober 2010 findet sich der vorläufige Abschluss der durchaus lebendigen Geschichte der Schweizer Paläopathologie (www.evolutionaeremedizin.ch).

Literatur

- Aufderheide A, Rodriguez-Martin C 2005. *The Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Bächler E 1912. *Das Wildkirchli: die älteste prähistorische Kulturstation der Schweiz und ihre Beziehungen zu den altsteinzeitlichen Niederlassungen des Menschen in Europa*. Sonderabdruck aus Heft XLI der Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung. Huber & Co. Frauenfeld.
- Bächler E 1921. *Das Drachenloch ob Vättis im Taminatale (2445 m.ü.M.) und seine Bedeutung als paläontologische Fundstätte und prähistorische Niederlassung aus der Altsteinzeit (Paläolithikum) im Schweizerlande*. Buchdruckerei Zollikofer & Cie. St. Gallen.
- Bächler E 1940. *Das Alpine Paläolithikum der Schweiz*. Birkhäuser & Cie. Basel.
- Bay R 1981. *Der menschliche Oberkiefer aus der Grotte de Cotencher (Roche fort, Neuchâtel, Switzerland)*. Archives Suisse d'Anthropologie Générale 45: 57–101.
- Böni T 1993. *Gründung der Arbeitsgruppe für klinische Paläopathologie*. Gesnerus 50: 127–129.
- Doerr W 1979. *Zum 80. Geburtstag Erwin Uehlingers*. Virchows Archiv. A, Pathological anatomy and histology 383: 1–4.
- Fischer H 1973. *Johann Jakob Scheuchzer. Neujaarsblatt auf das Jahr 1773 als 175. Stück von der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich*. Kommissionsverlag Leemann. Zürich.
- Höneisen M, Peyer S 1994. *Schweizersbild- ein Jägerlager der Spätzeit; Beiträge und Dokumente zur Ausgrabung vor 100 Jahren*. Schaffhauser Archäologie 2. Kantonsarchäologie Schaffhausen.
- Hotz G, Cueni A 2003. *Ein Überblick zum Forschungsstand der neuzeitlichen Skelettserie aus dem Spitalfriedhof St. Johann in Basel*. Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie 9: 1–6.
- Hunziker R 1939. *Felix Platter als Arzt und Stadtarzt in Basel*. Zürcher Medizingeschichtliche Abhandlungen, XV.
- Hug E 1940. *Die Schädel der frühmittelalterlichen Gräber aus dem solothurnischen Aaregebiet in ihrer Stellung zur Reihengräberbevölkerung Mitteleuropas*. Universität Genf.
- Hug E 1956. *Die Anthropologische Sammlung im Naturhistorischen Museum Bern*. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern, Neue Folge Band 13. Frauenfeld.
- Hug E 1959a. *Ecco la testa!: Wie der Anthropologe Dr. Erik Hug in der Churer Kathedrale die letzte Ruhestätte des Jürg Jenatsch entdeckte*. Sie und Er: Schweizerische Illustrierte Zeitung Zofingen.
- Hug E 1959b. *Urgeschichtliche Fundstatistik des Kantons St. Gallen zusammengestellt anhand der Fachpublikationen*. Pressenotizen und Fundberichte durch Dr. Erich Hug, Museumsanthropologe, Zürich nach Gemeinden geordnet und als Manuskript vervielfältigt durch die Verwaltung der Museen der Stadt St. Gallen.
- Hug E 1959/60. *Das fragliche Skelett des Ulrich von Hutten: anthropologische Begutachtung des Grabfundes auf der Ufenau*. Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie und Ethnologie.
- Hutten, von U 1519. *De morbo Gallico*.
- Jung H 1969. *Die Lues des Ulrich von Hutten*. Der Hautarzt 20: 334–336.
- Jung H 1971. *Die Lues am Hutten-Skelet*. Der Hautarzt 22: 509.
- Kaufmann B 1986. *Das Grab des Erasmus im Basler Münster*. In: *Erasmus von Rotterdam, Vorkämpfer für Frieden und Toleranz*. Ausstellung zum 450. Todestag des Erasmus von Rotterdam veranstaltet vom Historischen Museum Basel. Ausstellungskatalog.
- Kaufmann B 1996. *Mummification in the Middle Ages*. In: *Human Mummies: A Global Survey of their Status and the Techniques of Conservation*. Springer Verlag. Wien New York, 231–238.
- Kollmann J 1896. *Der Mensch vom Schweizerbild*. In: Nüesch J (ed). *Das Schweizerbild, eine Niederlassung aus paläolithischer und neolithischer Zeit*. Neue Denkschrift der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften.
- Küffer A, Siegmann R, Rühli F, Böni T, Dürr S 2007. *Unter der Schutz der Himmelsgöttin. Ägyptische Särge, Mumien und Masken in der Schweiz*. Chronos Verlag. Zürich.
- Kuhn W 1973. *Zahnärztlich-epidemiologische und paläopathologische Untersuchungen an Altägypterschädel*. Universität Basel.
- Kurz H 1995. *Zur Geschichte des Anatomischen Institutes und des Anatomischen Museums Basel*. Anatomisches Museum Basel.
- Moser W 1983. *Geschichte der Interkantonalen Arbeitsgemeinschaft zur Betreuung Anthropologischer Funde (IAG)*. Liestal.
- Müller W 1913. *Postmortale Dekomposition und Fettwachsbildung. Die Ausgrabung auf dem Friedhof Hohe Promenade in Zürich*. Albert Müllers Verlag. Zürich.
- Nüesch J 1896. *Das Schweizerbild, eine Niederlassung aus paläolithischer und neolithischer Zeit*. Neue Denkschrift der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften 35.
- Ortner D, Putschar W 1985. *Identification of Pathological*

- Conditions in Human Skeletal Remains*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Platter F 1641. *Observationum. In: Hominis Affectibus plerisque, Corpori & Animo, Functionum laesione, Dolore, aliave Molestia & Vitio infensis*. Basel.
- Peterhans T 1981. *Von Schädeln und Gerippen*. Neue Zürcher Zeitung 1981, 61: 88–89.
- Rühli FJ 1998. *Paläopathologische Untersuchung an einer altägyptischen Mumie aus den Naturwissenschaftlichen Sammlungen der Stadt Winterthur*. Dissertation Medizinische Fakultät Universität Zürich. Juris Druck und Verlag, Dietikon.
- Rühli FJ, Böni T 1999. *Aktuelle Mumienforschung der Arbeitsgruppe für klinische Paläopathologie – Universität Zürich*. Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie 5: 1–10.
- Rühli FJ, Hotz G, Böni T 2001. *Brief communication: The Galler collection: A little-known historic Swiss bone pathology reference series*. American Journal of Physical Anthropology 112: 15–18.
- Scheidegger S 1980. *Gelenkerkrankungen bei Skelettfunden aus dem Mittelalter*. Aktuelle Gerontologie 10: 509–510.
- Scheidegger S 1982a. *Krankheiten und Seuchenzüge des Mittelalters aus der Sicht des Paläopathologen*. Basel.
- Scheidegger S 1982b. *Pathologisch-anatomische Befunde aus der Zeit des Paracelsus. Beitrag zur Frage mittelalterlicher Quecksilbervergiftungen*. Nova Acta Paracelsica 10: 159–172.
- Scheidegger S 1990. *Untersuchung der Knochentumoren in der Paläopathologie unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitsmethoden*. Archäologie und Museum 18: 33–41.
- Schlaginhaufen O 1925. *Die menschlichen Skeletreste aus der Steinzeit des Wauwilsersees (Luzern) und ihre Stellung zu anderen anthropologischen Funden aus der Steinzeit*. Eugen Rentsch Verlag. Erlenbach-Zürich, München und Leipzig.
- Schlaginhaufen O 1934. *Das hallstätische Skelett von Othmarsingen (Kt. Aargau) und der Hallstattmensch auf dem Boden der Schweiz*. Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 79: 218–270.
- Ulrich-Bochsler S 1995. *Editorial*. Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie 1.
- Werthemann A 1929. *Schädel und Gebeine des Erasmus von Rotterdam*. Emil Birkhäuser & Cie. Basel.
- Wiedemayer F, Hotz G 2003. *History of the Collection of Physical Anthropology in the Natural History Museum Basel, Switzerland*. Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie 8: 41–53.
- Wolf-Heidegger G 1944. *Vesals Basler Skelettpräparat aus dem Jahr 1543*. Separatdruck aus den Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel, Band LV.

Adressen:

Philipp Gruber
Klinik für Neurologie, Universitätsspital Zürich
Frauenklinikstrasse 26
8091 Zürich
Schweiz
E-mail: philipp.gruber@usz.ch

Abbildungsnachweis

Abbildung 1
Privatkollektion Thomas Böni

Abbildung 2
aus der *Physica sacra* streichen; dafür: Privatkollektion
Thomas Böni

Abbildung 3
Privatkollektion Thomas Böni

Estimation de l'âge au décès des non-adultes et croissance osseuse: projet de constitution d'une série de référence de squelettes immatures régionale et médiévale

[Estimating age at death of non-adults and skeletal growth: a project for a medieval and regional reference sample of immature skeletons]

GENEVIÈVE PERRÉARD LOPRENO,¹ AUDREY B. GALLAY²

¹Laboratoire d'archéologie préhistorique et anthropologie, Institut F.A. Forel – Sciences de la terre et environnement,
Université de Genève, 1211 Genève 4, Suisse

²Archeodunum SA, En Crausaz, 1124 Gollion, Suisse

Résumé

S'il est aujourd'hui possible d'estimer l'âge au décès des individus immatures de manière relativement précise et fiable par rapport à celui des adultes, il n'en demeure pas moins que de nombreux écueils méthodologiques persistent, tant pour l'estimation d'un âge dentaire, d'un âge squelettique que pour les études relatives à la croissance. Un état de la recherche permet de se rendre compte que parmi ces difficultés figurent par exemple l'application de méthodes basées sur des indicateurs dont la variabilité est spécifique à la population étudiée, l'utilisation de tests statistiques non adaptés, des effectifs insuffisants, etc. Dans le but de palier certains de ces écueils, nous souhaitons constituer une série de référence régionale (Suisse romande) médiévale qui sera composée de squelettes immatures pour lesquels seront enregistrées les données relatives aux développements dentaire et osseux ainsi que des dimensions du squelette infra-crânien. Cette série, qui deviendra également un outil de comparaison utile à l'estimation de l'âge au décès de vestiges archéo-anthropologiques insuffisamment conservés pour une diagnose directe, permettra de mieux documenter le développement des individus immatures et de développer des recherches sur ce thème. En effet, ce corpus cohérent de caractéristiques liées à l'âge, cotées en terme de stades de développement, permettra la comparaison directe entre différents indicateurs d'âge biologique, indépendamment des âges chronologiques, ce qui facilitera la comparaison entre populations anciennes.

Mots-clés: squelettes immatures, âge dentaire, âge squelettique, croissance, série de référence

Abstract

Even though it is today possible to relatively precisely and reliably estimate the age at death for non-adults, nevertheless, great methodological pitfalls remain when it comes to estimates of dental age, skeletal age and studies relative to growth. Drawing up the present state of research allows to notice that among these difficulties are to be found, for example, the application of methods based on indicators whose variability is population specific, the use of inappropriate statistical tests, small sample size, etc. In order to address some of these pitfalls, we wish to create a medieval and regional reference sample (for francophone Switzerland) which will be composed of non-adult individuals, for whom information relative to tooth and skeletal development as well as skeletal measures will be recorded. This reference sample, which will also become a useful comparison tool when estimating age at death for badly preserved archaeo-anthropological remains, will allow to better document the development of non-adults and to develop research on this topic. Indeed, this coherent set of characteristics related to age, recorded in terms of developmental stages, will allow direct comparison between different indicators of biological age regardless of chronological ages, which will facilitate the comparison between ancient populations.

Keywords: immature skeleton, dental age, skeletal age, growth, reference sample

Introduction

L'estimation de l'âge au décès d'un immature est un enjeu fondamentalement différent selon que l'on procède à l'identification d'un individu ou à l'étude d'une population. Evaluer l'âge d'un enfant est tout à la

fois un exercice confortable et satisfaisant en archéo-anthropologie, si l'on se réfère aux difficultés rencontrées pour obtenir une information comparable sur le squelette adulte, et insidieusement ardu, compte tenu des nombreux facteurs de biais qui interviennent lors d'une analyse populationnelle. Les plus largement

évoqués sont inhérents à la variabilité individuelle et populationnelle des indicateurs (facteurs biologiques), aux méthodes (référentiels limités, précision, fiabilité, répétabilité, répliquabilité), aux facteurs mésologiques ainsi qu'au traitement statistique (voir par exemple Braga *et al.* 2005; Bruzek *et al.* 2005; Schwarz 2007; Cunha *et al.* 2009; Franklin 2010 pour revue). Mais il faut encore tenir compte de la conservation partielle des vestiges osseux (facteurs taphonomiques) et de son corollaire, la gestion des données manquantes, moins couramment évoquées. Le manque de précision et peut-être plus encore le manque de fiabilité d'une estimation sont des obstacles pour le traitement des données à l'échelle d'un site et pour les comparaisons entre échantillons chronologiques ou géographiques distincts. Ceci tant en ce qui concerne la compréhension que l'on a des caractéristiques de l'échantillon de population inhumé (Sellier 1996), que pour des approches plus spécifiques en paléodémographie (Bocquet-Appel 2008), en paléopathologie (Bello *et al.* 2007) ou en paléoaurologie (Garcin 2009).

Cet article se penche sur les problèmes que présente l'estimation de l'âge au décès des restes immatures provenant d'un contexte archéologique. Dans le domaine médico-légal, il est largement recommandé de mobiliser des référentiels proches des origines de l'individu étudié. Cette remarque est épineuse pour les populations du passé, car, outre la distance temporelle, incontournable, la discipline se trouve confrontée au fait que les référentiels établis sur les populations actuelles sont limités, voire très réduits selon l'indicateur (par exemple, en ce qui concerne la maturation osseuse des classes infanto-juvéniles). En fonction de deux critères essentiellement, la classe d'âge de l'individu et la conservation des éléments dentaires et osseux, l'étude d'un échantillon de population conduit par force à devoir sélectionner un ensemble de méthodes d'estimation (par exemple Schmitt et Georges 2008). Il se pose alors le problème de la corrélation entre les résultats obtenus par différentes méthodes, diversement validées, et par ailleurs élaborées sur des séries de référence variées.

En réponse à cette situation, un projet se met en place consistant à réunir une série de référence de squelettes immatures provenant d'un ensemble géographique et chronologique cohérent, pour l'heure, régional et médiéval. Ce projet poursuit trois objectifs. (1) Le premier est de créer une série anatomique de comparaison. (2) Le deuxième vise à limiter les sources d'erreur lors de l'estimation de l'âge au décès d'un individu. (3) Le troisième entend créer une base de données adéquates dans une perspective d'analyse populationnelle; des données qui permettront

d'appréhender des questions relatives à la croissance et à la stature comme indicateurs de l'environnement bioculturel, dans le cadre spatio-temporel défini.

A cette fin, le développement dentaire, le développement squelettique et les dimensions des principaux ossements du squelette infra-crânien seront documentés. Relativement au deuxième objectif, (2a) un protocole d'estimation de l'âge dentaire sera mis en place à la lumière de récentes publications et en ayant recours à des référentiels externes. Cette première étape une fois réalisée, (2b) l'âge dentaire, considéré comme le plus indépendant des indicateurs aux conditions environnementales, pourra être utilisé pour établir, à l'interne, des tables de concordance pour des indicateurs biologiques secondaires (maturation osseuse et éventuellement les dimensions métriques pour les plus jeunes). Concernant le dernier objectif, (3) un squelette sera décrit par des stades de développement dentaire et squelettique, associés à des dimensions. Ces informations relatives du développement constitueront un corpus cohérent de caractéristiques biologiques corrélées à l'âge mais indépendantes des âges chronologiques. Il sera ainsi possible de s'affranchir d'un certain nombre de biais méthodologiques, tel le recours à des séries de référence externes, multiples, et sans liens entre elles.

L'estimation de l'âge dentaire: un état de la question

La dentition humaine est déterminée essentiellement par la génétique et les schémas de minéralisation et d'éruption dentaires sont variables entre groupes humains, qu'il s'agisse d'entités ethniques ou géographiques (Liversidge *et al.* 1999; Chaillet *et al.* 2004; Chaillet *et al.* 2005; Acharya 2011). Les nombreux travaux traitant de la minéralisation de la dent de sagesse le démontrent également (Olze *et al.* 2004; Blankenship *et al.* 2007; Harris 2007; Kasper *et al.* 2009; Van Vlierberghe *et al.* 2010). Par une étude sur deux groupes de même origine ancestrale, mais établis dans des lieux géographiques différents, Martin-de las Heras *et al.* (2008) rendent compte de différences de maturation dentaire qu'ils pensent plus liées à un facteur socio-géographique plutôt qu'ethnique. Certains auteurs relèvent que des différences interprétées comme des variations populationnelles pourraient être liées à des biais d'échantillonnage, à des difficultés d'application des méthodes et à des erreurs inter-observateurs (Smith 1991; Liversidge *et al.* 2006). La cause de la variation n'est pas si aisément mise en évidence et n'est probablement pas unifactorielle. Certains travaux arrivent à la conclusion que les erreurs d'estimation sont

mineures lorsque l'on utilise des populations de référence regroupées en comparaison avec des résultats obtenus pour une population spécifique (Braga *et al.* 2005; Liversidge *et al.* 2006; Thevissen *et al.* 2010a). Ainsi, l'emploi de référentiels multi-populationnels semble un moyen de maîtriser des divergences inter-ethniques lorsqu'il faut prédire l'âge d'une personne dont l'origine est inconnue.

A ce jour, seules les études sur des séries anatomiques anciennes ou ostéo-archéologiques identifiées permettent de se faire une idée de l'évolution du développement dentaire au cours du temps. Liversidge (1999) indique, d'une part, que le schéma de maturation dentaire semble ne pas avoir évolué entre des enfants londoniens des 18^e et 19^e siècles et les enfants actuels et, d'autre part, que les plus jeunes enfants de son échantillon archéologique présentent des retards de maturation. Les échantillons étudiés étant restreints (respectivement 15 et 30 sujets), ces informations restent à préciser. Bernhard et Glocker (1995) ont démontré dans une population féminine (5–13 ans) qu'il n'y a pas eu d'accélération du développement de la dentition permanente durant ces derniers siècles. La population immature de la collection identifiée de Lisbonne (première moitié du 20^e siècle) présente un décalage (retard) de la maturation dentaire d'environ un an relativement à l'échantillon de référence constitué d'enfants modernes de France, Côte d'Ivoire, Iran et Maroc (Heuzé et Cardoso 2008). Ce n'est toutefois pas la piste d'une évolution séculaire de la maturation qui est privilégiée pour l'expliquer mais le statut socio-économique de cette population, plutôt défavorisée. La situation est peu claire, mais dans la perspective qui nous intéresse, on peut considérer la tendance séculaire comme un cas particulier de la variabilité populationnelle.

L'âge dentaire est considéré comme le moins sensible des indicateurs aux influences de l'environnement (Triratana *et al.* 1990; Pelsmaekers *et al.* 1997; Conceição et Cardoso 2011). Pour autant, une revue de la littérature met en évidence une association entre la malnutrition et les retards d'éruption des dents déciduales et une association moins marquée pour les dents permanentes (Psoter *et al.* 2005).

Dans le domaine de l'archéo-anthropologie, les méthodes les plus couramment utilisées sont celles de Ubelaker (1989), dérivée de Schour et Massler (1944) et de Moorrees et collaborateurs (1963a, 1963b). Elles sont privilégiées en raison de la possibilité d'utiliser aussi bien des dents déciduales que permanentes, quel qu'en soit le nombre, et sont ainsi applicables pour des enfants de tous les âges.

La méthode d'Ubelaker (1989) s'utilise en se référant à des schémas standardisés du développement

des dentitions (21 stades sont définis correspondant à des âges dès la fin de la période foetale jusqu'au jeune adulte). Il est notoire que l'intervalle de l'estimation devient extrêmement large pour les adolescents et il est recommandé d'avoir recours à des critères ostéologiques pour ces derniers. Les données sont publiées sexes réunis, ce qui s'explique par la difficulté que représente la diagnose sexuelle sur le squelette immature. Il est surprenant de constater que ces schémas, si largement mobilisés, n'ont fait l'objet que récemment d'un test de validation sur un échantillon de 419 enfants contemporains âgés entre 5 et 15 ans (Smith 2005). L'auteure conclut, positivement, que ces schémas peuvent être utilisés mais à la condition d'introduire des modifications sur les âges moyens et les intervalles de confiance. Sans ajustement, l'âge chronologique est correctement estimé (dans l'intervalle de confiance publié par Ubelaker, 1989) dans 91% des cas en moyenne (entre 79% et 100%, selon les stades). Ceci nous renvoie à une erreur d'estimation d'amplitude et de direction inconnues et de plus fluctuante selon les âges, lors de son emploi pour des populations archéologiques.

La méthode de Moorrees *et al.* (1963a, 1963b) a été élaborée sur un important échantillon d'enfants nord-américains. Le degré de minéralisation des dents déciduales et permanentes mandibulaires (décrit en 15 stades) est mis en correspondance avec un âge moyen (± 2 déviations standards). Prévue pour la planification de traitements orthodontiques, elle est devenue d'usage courant en archéo-anthropologie. Elle représente une alternative satisfaisante relativement à quelques points méthodologiques: un système descriptif rigoureux qui permet d'objectiver les observations et des intervalles de confiance donnés indépendamment pour chaque dent étudiée et par sexe. Testée sur trois échantillons d'enfants sud-africains âgés de 6 à 16 ans, il a été mis en évidence que la méthode sous-estimait les âges dans 89.2% des cas et en moyenne de 0.91 an pour les échantillons groupés (Phillips et Van Wyk Kotze 2009).

Le système descriptif de Demirjian *et al.* (1973) est largement répandu dans le domaine médico-légal et considéré comme facile à utiliser et d'un intérêt pratique (Olze *et al.* 2005). Le principe de la méthode est d'évaluer le stade de minéralisation des dents permanentes, à l'exception de la M3 (Demirjian *et al.* 1973), ou de 4 dents (I1, P1, P2, M2 ou P1, P2, M1, M2) mandibulaires gauches (Demirjian et Goldstein 1976). Ces stades sont transformés en scores qu'une table traduit en âge. La méthode a été testée à plusieurs reprises, avec succès (Nykänen *et al.* 1998) ou avec des résultats mitigés voire mauvais sur des populations d'origines très diverses (Davis et Hagg 1994; Koshy et Tandon 1998; Foti *et al.* 2003; Phillips et Van Wyk Kotze 2009).

L'évolution du traitement statistique fait apparaître de nouvelles perspectives dans l'analyse des données. Notamment en ce que cela permettant de prendre en considération des données manquantes, de faire des estimations sur un nombre variable de paramètres, et d'obtenir un meilleur contrôle de la précision et de la fiabilité des résultats (Foti *et al.* 2003; Chaillet et Demirjian 2004; Braga *et al.* 2005; Heuzé et Cardoso 2008).

Il nous semble qu'il faut retenir de cet état des lieux que si les systèmes descriptifs sont adéquats pour documenter le développement dentaire, en revanche, les référentiels basés sur une population unique doivent être abandonnés. La „meilleure estimation de l'âge au décès possible“ (dans l'esprit de Pangloss) d'un squelette immature passe par la maîtrise d'au moins trois paramètres fondamentaux: un système d'enregistrement de la minéralisation dentaire répétable et reproductible (y compris la technique d'acquisition des images), le recours à un référentiel multi-populationnel et finalement, un traitement des données par des procédures statistiques appropriées.

L'estimation d'un âge squelettique: un état de la question

Dans les manuels d'anthropologie, les processus de maturation du squelette (ossification du centre, début de fusion, fusion complète, etc.) sont indiqués par une moyenne ou un intervalle au cours duquel se passe tel ou tel événement, généralement en fonction du sexe. Peu d'informations sont livrées relativement à la variation des phénomènes à l'échelle individuelle ou populationnelle des échantillons sources. Des données relatives à la maturation du squelette chez les adolescents sont publiées depuis près d'un siècle et concernent pour l'essentiel l'union des épiphyses des os longs à la diaphyse (Vallois 1960 in Schwarz 2007; Ubelaker 1989; Brothwell 1981). Cela donne par ailleurs un aperçu de la variabilité des processus, qu'elle soit temporelle ou populationnelle. Le passage à l'âge adulte est mieux documenté sur la base d'observations relevées sur le coxal, la clavicule ou les vertèbres, entre autres (McKern et Stewart 1957; Albert et Maples 1995; Black et Scheuer 1996; Schmeling *et al.* 2004; Cardoso 2008a, 2008b). En revanche, les référentiels concernant les étapes de la maturation du squelette des enfants sont fort réduits (Scheuer et Black 2000). Ainsi, une estimation de l'âge d'ossements immatures effectuée en faisant appel aux références disponibles se fait „dans le brouillard“, sans connaissance de l'amplitude ou de la direction des erreurs, de la relation avec le développe-

ment dentaire ou des événements entre eux (Schaefer et Black 2007; Sciulli 2007).

La comparaison de deux échantillons de squelettes immatures issus de milieux socio-économiques contrastés (collection de squelettes identifiés de Lisbonne) a permis de mettre en évidence que des retards de maturation dentaire et squelettique affectent les jeunes issus de milieux défavorisés relativement à ceux issus d'un environnement favorable. L'amplitude du retard de la maturation est deux fois plus importante pour le développement du squelette que pour celui de la dentition (Conceição et Cardoso 2011). Par ailleurs, l'étude de l'influence du milieu sur la croissance sur ces mêmes échantillons de population (Cardoso 2007), a également permis de relever que le processus de maturation du squelette est plus affecté que le développement de la stature. Lors de l'estimation de l'âge biologique d'un échantillon d'adolescents et de tout jeunes adultes migrants, Santoro et collaborateurs (2009) n'ont pas trouvé de différences significatives entre âge squelettique (radiographies du poignet – le meilleur référentiel pour les populations vivantes) et âge dentaire (essentiellement basé sur le développement de la M3).

Dans la perspective d'études populationnelles, l'état de développement du squelette semble une information à retenir en tant qu'indicateur du stress environnemental, et peut-être même du stress biomécanique, comme le laissent entendre Albert et Greene (1999) lors de l'analyse de l'asymétrie (fluctuante et directionnelle) de l'union des épiphyses aux os longs. En effet, une variation normale de la maturation bilatérale ne devrait pas donner de différences significatives.

L'âge statural et la croissance dans les populations anciennes: un état de la question

La croissance et le développement des individus sont évalués par la comparaison de données métriques et/ou des stades d'épiphyse par rapport à une estimation de l'âge dentaire. Ainsi, la métrique (particulièrement celle des os longs) est fréquemment employée au travers de données découlant de profils de croissance squelettique.

En effet, bien que des études longitudinales sur les populations récentes existent (par exemple Maresch 1955, 1970), il est admis que les enfants du passé étaient plus petits que les enfants actuels pour un âge donné, du moins lors des analyses reliant âge dentaire (assimilé à l'âge chronologique) et longueurs diaphysaires (Le Hors 1991; Molleson 1997; Saunders et Barrans 1999; Tillier 2005). Ces abaques récents ne peuvent donc pas être

employés comme références pour l'estimation de l'âge au décès des individus immatures découverts en contexte archéologique ou pour évaluer la croissance des individus du passé. Le recours à des profils de croissance squelettique établis à partir de populations archéologiques s'avère donc nécessaire. Parmi ces données citons notamment les polynômes obtenus à partir des immatures de Mondeville et Cherbourg réunies (Alduc-Le Bagousse 1988) ou les tables établies sur les individus d'Altenerding (Sundick 1978) qui sont fréquemment employés dans les études anthropologiques régionales actuelles.

Or, durant la première année de vie (tout comme durant la période fœtale), la variabilité de croissance est faible (Le Hors 1991; Hoppa 1992; Molleson 1997), ce qui permet le développement de méthodes d'estimation de l'âge squelettique fiables (Saunders *et al.* 2000; Bruzek *et al.* 2005). En revanche, la variabilité de la croissance augmente sensiblement pour les âges plus avancés et il est dès lors peu recommandé d'employer des modèles de croissance pour déterminer l'âge des immatures en dehors de l'échantillon qui a servi à les élaborer (Scheuer et Black 2000; Galloway, 2008). Cette allégation est d'autant plus vraie que les difficultés pour établir des profils de croissance squelettiques fiables et robustes sont nombreuses et souvent insolubles (par exemple Garcin 2009). Un premier groupe de limites est inhérent au matériel ostéologique lui-même: mentionnons par exemple l'état de conservation des vestiges, les effectifs, souvent trop réduits pour les analyses statistiques (Pietrusewsky 2000), l'échantillon forcément transversal, le paradoxe ostéologique des non survivants (Saunders et Hoppa 1993; Hoppa 2000) et la représentativité de la population inhumée par rapport à la population vivante et à une population naturelle. A cela s'ajoutent de nombreuses limites méthodologiques: divergences méthodologiques pour l'acquisition des données, notamment de l'estimation de l'âge au décès (Alduc-Le Bagousse et Valentin 1989), dimorphisme sexuel auquel nous n'avons pas accès, importance du choix des tests et analyses statistiques appropriés (Van Vark et Schaafsma 1992), etc. Ainsi, si toutes ces limites nous invitent à la prudence lors de la comparaison de la croissance de populations archéologiques entre-elles et/ou de populations modernes, elles nous confortent également dans l'idée de l'utilité d'un référentiel immature à usage local, qui permette, tout en restant en données brutes et en multipliant le nombre d'indicateurs observés, d'atteindre par comparaison les objectifs de toute étude anthropologique pour l'identification individuelle (estimation de l'âge au décès) et/ou populationnelle.

Matériel

Ce projet est centré sur la période du haut Moyen-Age de la région de l'arc lémanique. De grandes nécropoles constituant des ensembles chronologiquement bien cernés sur quelques siècles (fin Ve–IXe siècle) y ont été mises au jour. L'abondance des vestiges anthropologiques et de la documentation permet de mettre en place un tel programme dans de bonnes conditions matérielles.

Le premier ensemble avec lequel nous démarrons la série est celui de la nécropole du Clos d'Aubonne à la Tour-de-Peilz (Vaud, Suisse). Elle a été presque intégralement fouillée et 578 tombes ont été dégagées lors des campagnes de fouilles de 1988 à 1991 (Klausener *et al.* 1992; Steiner 2003). Cet espace funéraire a été en usage du Ve au IXe siècle, la chronologie des tombes est établie et les conclusions de l'étude permettent d'en saisir le contexte historique et social (Steiner *à paraître*). Finalement, les ossements sont particulièrement bien conservés et les immatures bien représentés.

Le corpus sera constitué idéalement de tous les sujets présentant des signes d'épiphyse, soit de la naissance jusqu'à la toute fin du processus de maturation sur le squelette. Cela inclura les jeunes adultes qui constituent une classe d'âge importante dans la perspective d'études sur la croissance (Garcin 2009).

Options et choix méthodologiques

En fonction de chacun des indicateurs biologiques de l'âge au décès et de nos objectifs, des choix doivent être opérés dans les systèmes d'enregistrement, les populations de référence et les méthodes d'estimation de l'âge au décès.

Un matériel „matérialisé“

Les ossements de squelettes bien conservés ont été et seront disposés dans des caissettes en bois, elles-mêmes rangées dans des tiroirs à titre de matériel de comparaison. Cette organisation permet de visualiser tous les ossements sans les manipuler et cette étape a déjà été réalisée pour une vingtaine de sujets âgés entre 0 et 15 ans environ. Ce matériel permet d'opérer des comparaisons de conformation, de format ou de proportions lorsque les vestiges sont très partiellement conservés. Il facilite le travail d'identification du nombre minimum d'individus dans une sépulture collective, un dépôt secondaire, un vrac ou toute autre

situation où les ossements sont mélangés. Cet ensemble constitue ainsi déjà un outil précieux tout à la fois dans la pratique de l'anthropologue et, par ailleurs, pour l'enseignement.

Une base de données

Documenter le développement dentaire

Le système descriptif de Demirjian (Demirjian *et al.* 1973) sera appliqué pour documenter le stade de minéralisation des dents permanentes, y compris la M3, et celui de Liversidge et Molleson (2004) pour les dents déciduales. Les valeurs individuelles, exprimées par une formule de minéralisation, nous intéressent pour documenter les séquences de développement entre les dents elles-mêmes et entre la maturation dentaire et squelettique. Ceci se fera sur la base d'images radiologiques et/ou tomodensitométriques (Aykroyd *et al.* 1999; Liversidge *et al.* 2003; Dhanjal *et al.* 2006).

Documenter le développement du squelette

Il est prévu d'enregistrer la fusion des éléments osseux en trois stades (non fusionné, processus en cours, fusionné). En effet, sur la base d'une observation macroscopique, le système de cotation le plus simple est le plus efficace pour limiter les risques d'erreurs intra ou inter-observateurs. Nous suivons en cela, par exemple, le système d'enregistrement retenu dans le protocole de l'Inforce (International Forensic Center of Excellence) utilisé en contexte forensique (Cox *et al.* 2008). La liste des observations à effectuer n'est pas définitivement arrêtée mais il sera porté une attention toute particulière à documenter le développement des jeunes enfants, dans la mesure où il existe de réelles lacunes dans ce domaine.

Documenter les dimensions du squelette infra-crânien

Les longueurs maximum de l'ensemble des os longs, de la clavicule et du calcaneus ainsi que la largeur de l'ilion seront enregistrées. Ce sont des dimensions souvent retenues dans la littérature et elles permettront des comparaisons (Sundick 1978; Alduc-Le Bagousse 1988, par exemple).

Protocole pour l'estimation de l'âge dentaire

La méthode de Moorrees *et al.* (1963a, 1963b) sera appliquée dans un premier temps. Bien que la marge d'erreur de l'estimation reste inconnue pour la population ciblée, les résultats sont largement informatifs. Elle permet de prendre en compte à la fois le développement des dents déciduales et permanentes

proposant ainsi des estimations pour l'ensemble des immatures.

Cependant, plusieurs perspectives se dégagent de la littérature récente pour développer un meilleur outil d'estimation pour les populations archéologiques.

(a) Dans l'idée de mieux maîtriser les biais méthodologiques liés à la variabilité inter-ethnique et géographique, deux solutions peuvent être envisagées. La première serait de mobiliser un référentiel composite, constitué des données de plusieurs populations d'origines différentes (Chaillet *et al.* 2005; Thevissen *et al.* 2010a; Thevissen *et al.* 2010b). La seconde serait de créer un référentiel régional des populations actuelles, l'une des solutions n'excluant pas l'autre.

(b) Afin de tenir compte des particularités de l'archéologie et du problème de la conservation partielle des vestiges, les méthodes bayésiennes de Heuzé et Braga (2008) présentent un grand intérêt. Elles permettent d'estimer un âge pour une formule de minéralisation dentaire qui n'existe pas dans la population de référence et de tenir compte des données manquantes.

(c) Les méthodes actuelles échouent à amener des informations satisfaisantes pour les adolescents. Par analogie aux tables de prédiction que les médecins légistes mettent en œuvre pour estimer si une personne a plus ou moins de 18 ans (Mincer *et al.* 1993; Meinel *et al.* 2007; Kasper *et al.* 2009), les données pourraient être traitées dans une approche probabiliste de manière à cibler des âges importants pour l'analyse du recrutement funéraire.

Protocole pour l'estimation de l'âge squelettique

Il n'existe actuellement pas de référentiel cohérent sur lequel baser une estimation de l'âge au décès fiable à partir de critères de maturation osseuse. Si et lorsque les estimations dentaires seront considérées comme solides, des tables de correspondance seront établies entre le développement dentaire et la maturation osseuse. Cela ne sera envisageable que lorsqu'un important corpus de données aura été réuni.

Conclusions et perspectives

Le développement dentaire, la maturation osseuse et les dimensions des principaux ossements du squelette infra-crânien seront documentés dans une série de squelettes immatures provenant de nécropoles médiévales de la région de l'arc lémanique. Des correspondances pourront ainsi être établies entre les différents indicateurs biologiques évoluant avec l'âge.

Le projet a pour but d'avoir une meilleure maîtrise de la fiabilité des estimations de l'âge au décès individuel et de documenter le développement de manière à pouvoir analyser les corpus indépendamment des âges chronologiques. Ce dernier aspect est fondamental pour appréhender des questions relatives à la croissance et à la stature comme indicateurs de l'environnement bio-culturel. La création d'un référentiel interne aux populations archéologiques que l'on veut étudier semble un moyen de se prémunir d'un certain nombre de risques d'erreurs introduites par le recours à des référentiels externes.

Cette série de référence constituera un outil de comparaison permettant l'individualisation de sujets provenant d'ensembles archéologiques mélangés (sépultures collectives, charniers, etc.) et/ou pour lesquels les vestiges sont mal conservés. Cette étape pourra s'enrichir de procédures statistiques développées pour établir le NMI d'ensembles collectifs, information essentielle pour appréhender la notion de recrutement funéraire (Adams et Konigsberg 2004). L'estimation de l'âge dentaire devrait désormais pouvoir s'appuyer sur un référentiel composite constitué de plusieurs populations d'origines différentes. Dans les populations vivantes, cela semble un moyen de maîtriser des divergences inter-ethniques pour l'estimation de l'âge d'une personne d'origine inconnue et ce principe peut être prolongé dans le contexte archéologique en considérant la personne du passé comme d'origine inconnue. Il se peut que la caractérisation de la séquence de maturation dentaire de cette série archéologique (Braga et Heuzé 2007) contribue à sélectionner les corpus les plus adéquats pour constituer le référentiel composite idéal. Lorsque la série de référence aura atteint une représentation statistique satisfaisante, des procédures seront élaborées pour établir des estimations secondaires de l'âge au décès pour des étapes clés de la maturation osseuse. Les problèmes relatifs à la conservation des vestiges et des données manquantes devraient être mieux maîtrisés par l'application de statistiques probabilistes.

L'enregistrement des stades du développement dentaire et osseux complété par la mesure des dimensions principales du squelette infra-crânien constituera un corpus cohérent de données descriptives pour une région et pour une époque. Cette base de données permettra de s'appuyer sur des paramètres statistiques pour décrire et analyser les séquences de développement et de croissance caractérisant une population ancienne. Un projet similaire de mise en correspondance entre maturation dentaire et squelettique a été mené à bien sur des populations amérindiennes (Sciulli 2007), il démontre la faisabilité et l'intérêt d'une

telle entreprise (le corpus total étudié est de 581 sujets immatures provenant de 8 sites datés entre 3200 BP et 200 BP mis au jour dans une même région – Ohio, USA).

Le découpage des âges en temps calendaires, années ou classes d'âges démographiques, est contraignant relativement à la précision que l'on peut espérer obtenir à partir d'indicateurs biologiques. De plus, à travers l'histoire, les comportements sociaux envers les enfants étaient probablement souvent mis en relation avec des âges biologiques plutôt que des âges chronologiques (Buchet et Ségué 2008). Le système d'enregistrement des données, tel que formulé, permettra de moduler les critères de formation de groupes d'individus en fonction de différents paramètres. On pourra s'intéresser à des stades de développement tout comme à des classes d'âges, en fonction des objectifs de l'étude.

Remerciements

Tous nos remerciements à Matteo Gios, assistant technique au Laboratoire d'archéologie préhistorique et anthropologie, Université de Genève, pour sa collaboration à la mise en place du projet relativement aux solutions et aménagements pratiques qu'il nécessite.

Bibliographie

- Acharya AB 2011. *Age estimation in Indians using Demirjian's 8-teeth method*. Journal of Forensic Science 56(1): 124–127.
- Adams BJ, Konigsberg LW 2004. *Estimation of the most likely number of individuals from commingled human skeletal remains*. American Journal of Physical Anthropology 125: 138–151.
- Albert AM, Greene DL 1999. *Bilateral asymmetry in skeletal growth and maturation as an indicator of environmental stress*. American Journal of Physical Anthropology 110: 341–349.
- Albert AM, Maples WR 1995. *Stages of epiphyseal union for thoracic and lumbar vertebral centra as a method of age determination for teenage and young adult skeletons*. Journal of Forensic Science 40: 623–633.
- Alduc-Lebagousse A 1988. *Estimation de l'âge des non-adultes: maturation dentaire et croissance osseuse. Données comparatives pour deux nécropoles médiévales bas-normandes*. In: Buchet L (ed.). *Anthropologie et histoire ou anthropologie historique*. Actes des 3ème Journées Anthropologiques de Valbonne 28–30 mai 1986. CNRS: Notes et Monographies Techniques n° 24. Paris, 81–103.

- Alduc-Le Bagousse A, Valentin F 1989. *Estimation de l'âge des non-adultes à partir des os longs: état des problèmes*. In: Collectif (eds.). *Compte-rendu de la table ronde tenue à Saint-Germain en Laye (20–21 mai 1989)*. Centre National de la Recherche Scientifique: Groupe de recherche 742 “Méthode d'étude des sépultures”. Paris, 53–56.
- Bello S, Signoli M, Dutour O 2007. *Appréciation des processus de conservation différentielle en fonction de l'âge: l'apport de la collection des pestiférés de l'Observance (Marseille, 1722)*. In: Signoli M, Chevè D, Adalian P, Boëtsch G, Dutour O (eds.). *Peste: entre épidémies et sociétés*. Firenze university press. Firenze, 59–66.
- Bernhard W, Glocker C 1995. *New investigations on the question of secular acceleration of permanent dentition*. Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie 81(1): 111–123.
- Black S, Scheuer L 1996. *Age changes in the clavicle: from the early neonatal period to skeletal maturity*. International Journal of Osteoarchaeology 6: 425–434.
- Blankenship JA, Mincer HH, Anderson KM, Woods MA, Burton EL 2007. *Third molar development in the estimation of chronological age in American Blacks as compared with Whites*. Journal of Forensic Sciences 52(2): 428–433.
- Bocquet-Appel J-P 2008. *La paléodémographie: 99,99% de l'histoire démographique des hommes ou la démographie de la Préhistoire*. Errance. Paris.
- Braga J, Heuze Y, Chabadel O, Sonan NK 2005. Non-adult dental age assessment: correspondance analysis and linear regression versus Bayesian predictions. International Journal of Legal Medicine 119: 260–274.
- Braga J, Heuzé Y 2007. *Quantifying variation in human dental developmental sequences: an EVO-DEVO perspective*. In: Bailey S, Hublin J-J (eds.). *Dental Perspectives on Human Evolution: State of the Art Research in Dental Anthropology*. Vertebrate Paleobiology and Paleo-anthropology Series. Springer. Berlin, 245–259.
- Brothwell DR 1981. *Digging up bones: the excavation treatment and study of human skeletal remains*. British Museum (3ème édition). London, Oxford University Press. Oxford.
- Bruzek J, Schmitt A, Murail P 2005. *Identification biologique individuelle en paléanthropologie. Détermination du sexe et estimation de l'âge au décès à partir du squelette*. In: Dutour O, Hublin J-J, Vandermeersch B (eds.). *Objets et méthodes en paléanthropologie*. Comité des travaux historiques et scientifiques, Orientations et méthodes no 7. Paris, 217–246.
- Buchet L, Séguy I 2008. *L'âge au décès des enfants: âge civil, âge biologique, âge social?* In: Gusi F, Muriel S, Olària C (eds.). “Nasciturus: Infans, Puerulus. Vobis Mater Terra. La Muerte en la Infancia”. Servei d'Investigacions Arqueològiques i Prehistòriques (SIAP): Diputació de Castelló, 25–39.
- Cardoso HFV 2007. *Environmental effects on skeletal versus dental development: using a documented subadult skeletal sample to test a basic assumption in human osteological research*. American Journal of Physical Anthropology 132: 223–233.
- Cardoso HFV 2008a. *Epiphyseal union at the innominate and lower limb in a modern Portuguese skeletal sample, and age estimation in adolescent and young adult male and female skeletons*. American Journal of Physical Anthropology 135(2): 161–170.
- Cardoso HFV 2008b. *Age estimation of adolescent and young adult male and female skeletons II: epiphyseal union at the upper limb and scapular girdle in a modern Portuguese skeletal sample*. American Journal of Physical Anthropology 137(1): 97–105.
- Chaillet N, Demirjian A 2004. *Dental maturity in South France: a comparison between Demirjian's method and polynomial functions*. Journal of Forensic Sciences 49(5): 1059–1066.
- Chaillet N, Nyström M, Demirjian A 2005. *Comparison of dental maturity in children of different ethnic origins: international maturity curves for clinicians*. Journal of Forensic Sciences 50(5): 1164–1174.
- Chaillet N, Nyström M, Kataja M, Demirjian A 2004. *Dental maturity curves in Finnish children: Demirjian's method revisited and polynomial functions for age estimation*. Journal of Forensic Sciences 49(6): 1324–1331.
- Conceição ELN, Cardoso HFV 2011. *Environmental effects on skeletal versus dental development II: further testing of a basic assumption in human osteological research*. American Journal of Physical Anthropology 141: 463–470.
- Cox M, Flavel A, Hanson I, Laver J, Wessling R 2008 (ed.). *The scientific investigation of mass graves: towards protocols and standard operating procedures*. Cambridge University Press. New York.
- Cunha E, Baccino E, Martrille L, Ramsthaler F, Prieto J, Schuliar Y, Lynnerup N, Cattaneo C 2009. *The problem of aging human remains and living individuals: a review*. Forensic Science International 193: 1–13.
- Davis PJ, Hagg U 1994. *The accuracy and precision of the „Demirjian system“ when used for age determination in Chinese children*. Swedish Dental Journal 18(3): 113–116.
- Demirjian A, Goldstein H 1976. *New systems for dental maturity based on seven and four teeth*. Annals of Human Biology 3(5): 411–421.
- Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM 1973. *A new system of dental age assessment*. Human Biology 45(2): 211–227.
- Dhanjal KS, Bhardwaj MK, Liversidge HM 2006. *Reproducibility of radiographic stage assessment of third molars*. Forensic Science International 159: 74–77.
- Foti B, Lalys L, Adalian P, Giustiniani J, Maczel M, Signoli M, Dutour O, Leonetti G 2003. *New forensic approach to age determination in children based on tooth eruption*. Forensic Science International 132: 49–56.

- Franklin D 2010. *Forensic age estimation in human skeletal remains: current concepts and future directions*. Legal Medicine 12: 1–7.
- Gallay AB 2008. *Eglise Saint-Félix, Presinge, Genève, Suisse. Caractérisation de la population inhumée entre le 7–8e et le 16 s. AD et évaluation de l'environnement bio-culturel: paléoaurologie et proportions corporelles des adultes*. Travail de maîtrise, Département d'anthropologie et d'écologie, Université de Genève (non publié).
- Garcin V 2009. *Bioarchéologie des sujets immatures de quatre nécropoles du haut Moyen Âge européen: méthodes d'étude du développement et des interactions biologie/culture*. Thèse de doctorat en anthropologie biologique. Université de Bordeaux 1. Ecole doctorale Sciences et environnements.
- Harris EF 2007. *Mineralization of the mandibular third molar: a study of American Blacks and Whites*. American Journal of Physical Anthropology 132: 98–109.
- Heuzé Y, Braga J 2008. *Application of non-adult Bayesian dental age assessment methods to skeletal remains: the Spitalfields collection*. Journal of Archaeological Science 35: 368–375.
- Heuzé Y, Cardoso HFV 2008. *Testing the quality of nonadult bayesian dental age assessment methods to juvenile skeletal remains: the Lisbon Collection Children and secular trend effects*. American Journal of Physical Anthropology 135: 275–283.
- Hoppa RD 1992. *Evaluating human skeletal growth: an anglo-saxon example*. International Journal of Osteoarchaeology 2(4): 275–288.
- Hoppa RD 2000. *What to do with long bones: toward a progressive palaeoaurology*. Anthropologie 38: 23–32.
- Kasper KA, Austin D, Kvanli AH, Rios TR, Senn DR 2009. *Reliability of third molar development of age estimation in a Texas hispanic population: a comparison study*. Journal of Forensic Sciences 54(3): 651–657.
- Klausener M, Martin M, Weidmann D 1992. *La Tour-de-Peilz VD: le cimetière du Clos d'Aubonne et la plaque-boucle avec scènes chrétiennes de la tombe 167*. Archéologie Suisse 15(1): 24–33.
- Koshy S, Tandon S 1998. *Dental age assessment: the applicability of Demirjian's method in south Indian children*. Forensic Science International 94(1–2): 73–85.
- Le Hors PB 1991. *Age et croissance des enfants: méthode d'étude et de comparaison*. In: Buchet L (ed.). *Ville et campagne en Europe occidentale (Ve–XIIIe siècle)*. Actes des Cinquièmes Journées Anthropologiques de Valbonne (21–23 mai 1990). Editions du Centre National de la Recherche Scientifique. Dossier de documentation archéologique n°14. Paris, 103–112.
- Liversidge HM 1999. *Dental maturation of 18th and 19th century British children using Demirjian's method*. International Journal of Paediatric Dentistry 9: 111–115.
- Liversidge HM, Chaillet N, Mörnstad H, Nyström M, Rowlings K, Taylor J, Willems G 2006. *Timing of Demirjian's tooth formation stages*. Annals of Human Biology 33(4): 454–470.
- Liversidge HM, Lyons F, Hector MP 2003. *The accuracy of three methods of age estimation using radiographic measurements of developing teeth*. Forensic Science International 131: 22–29.
- Liversidge HM, Molleson T 2004. *Variation in crown and root formation and eruption of human deciduous teeth*. American Journal of Physical Anthropology 123(2): 172–180.
- Liversidge HM, Speechly T, Hector MP 1999. *Dental maturation in British children: are Demirjian's standards applicable*. International Journal of Paediatric Dentistry 9: 263–269.
- Maresh MM 1955. *Linear growth of long bones of extremities from infancy through adolescence*. American Journal of Diseases in Children 89: 725–742.
- Maresh MM 1970. *Measurements from roentgenograms*. In: McCammon RW (ed.) *Human growth and development*. C.C. Thomas. Springfield, IL, 157–200.
- Martin-de las Heras S, García-Fortea P, Ortega A, Zodocovich S, Valenzuela A 2008. *Third molar development according to chronological age in populations from Spanish and Magrebian origin*. Forensic Science International 174: 47–53.
- McKern TW, Stewart TD 1957. *Skeletal age changes in young american males analyzed from the standpoint of age identification*. Headquarters Quartermaster Research and Development Command. Technical Report EP-45. Natick, MA.
- Meinl A, Tangl S, Huber C, Maurer B, Watzek G 2007. *Chronology of third molar mineralization in the Austrian population: a contribution to forensic age estimation*. Forensic Science International 169: 161–167.
- Mincer HH, Harris EF, Berryman HE 1993. *The A.B.F.O. study of third molar development and its use as an estimator of chronological age*. Journal of Forensic Sciences 38(2): 379–390.
- Molleson T 1997. *Patterns of growth*. In: Buchet L (ed.). *L'enfant, son corps, son histoire*. Actes des Septièmes Journées Anthropologiques de Valbonne (1–3 juin 1994). Editions APDCA. Valbonne, 201–210.
- Moorrees CFA, Fanning EA, Hunt EE Jr 1963a. *Formation and resorption of three deciduous teeth in children*. American Journal of Physical Anthropology 21: 205–213.
- Moorrees CFA, Fanning EA, Hunt EE Jr 1963b. *Age variation of formation stages for ten permanent teeth*. Journal of dental Research 42(6): 1490–1502.
- Nykänen R, Espelan L, Kvaal SI, Krogstad O 1998. *Validity of the Demirjian method for dental age estimation when applied to Norwegian children*. Acta Odontologica Scandinavica 56(4): 238–244.
- Olze A, Bilang D, Schmidt S, Wernecke KD, Geserick G, Schmeling A 2005. *Validation of common classification systems for assessing the mineralization of third molars*. International Journal of Legal Medicine 119: 22–26.

- Olze A, Schmeling A, Taniguchi M, Maeda H, van Niekerk P, Wernecke KD, Geserick G 2004. *Forensic age estimation in living subjects: the ethnic factor in wisdom tooth mineralization*. International Journal of Legal Medicine 118: 170–173.
- Pelsmaekers B, Loos R, Carels C, Derom C, Vlietinck R 1997. *The genetic contribution to dental maturation*. Journal of Dental Research 76: 1337–1340.
- Phillips VM, Van Wyk Kotze TJ 2009. *Testing standard methods of dental age estimation by Moorrees, Fanning and Hunt and Demirjian, Goldstein and Tanner on three south African children samples*. Journal of Forensic Odontostomatology 27(2): 20–28.
- Pietrusewsky M 2000. *Metric analysis of skeletal remains: methods and applications*. In: Katzenberg M.A., Saunders SR (eds.). *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. Wiley-Liss. New York, 357–415.
- Psoter WJ, Reid BC, Katz RV 2005. *Malnutrition and dental caries: a review of the literature*. Caries Research 39(6): 441–447.
- Santoro V, De Donno A, Marrone M, Campobasso CP, Introna F 2009. *Forensic age estimation of living individuals: a retrospective analysis*. Forensic Science International 193: 129e1–129e4.
- Saunders SR, Barrans L 1999. *What can be done about the infant category in skeletal samples?* In: Hoppa RD, Fitzgerald CM (eds.). *Human growth in the past. Studies from bones and teeth*. Cambridge Studies in Biological and Evolutionary Anthropology 25. Cambridge University Press. Cambridge, 183–209.
- Saunders SR, Hoppa RD 1993. *Growth deficit in survivors and non-survivors: biological mortality bias in subadult skeletal samples*. Yearbook of Physical Anthropology 36: 127–151.
- Saunders SR, Hoppa RD, Macchiarelli R, Bondioli, L 2000. *Investigating variability in human dental development in the past*. Anthropologie 38: 101–107.
- Schaefer MC, Black SM 2007. *Epiphyseal union sequencing: aiding in the recognition and sorting of commingled remains*. Journal of Forensic Sciences 52(2): 277–285.
- Scheuer L, Black S 2000. *Developmental juvenile osteology*. Academic Press. London.
- Schmeling A, Schultz R, Reisinger W, Wernecke K-D, Geserick G 2004. *Studies on the time frame for ossification of the medial clavicular epiphyseal cartilage in conventional radiography*. International Journal of Legal Medicine 118: 5–8.
- Schmitt A, Georges P. et Minozzi S, Catalano P, collab 2008. *Quelle démarche suivre pour estimer l'âge au décès à partir du squelette?* In: Charlier P (ed.) *Ostéo-archéologie et techniques médico-légales: tendances et perspectives. Pour un manuel pratique de paléopathologie humaine*. De Boccard. Paris, 269–280.
- Schour I, Massler M 1944 (2ème ed). *Development of human dentition chart*. American Dental Association. Chicago.
- Schwartz J 2007. 2e édition. *Skeleton keys: an introduction to human skeletal morphology, development, and analysis*. Oxford University Press. New York, Oxford.
- Sciulli PW 2007. *Relative dental maturity and associated skeletal maturity in prehistoric native americans of the Ohio valley area*. American Journal of Physical Anthropology 132: 545–557.
- Sellier P 1996. *La mise en évidence d'anomalies démographiques et leur interprétation: population, recrutement et pratiques funéraires du tumulus de Courtesoult*. In: Piningre J-F dir. *Le tumulus de Courtesoult Haute-Saône et le Ier Âge du Fer dans le bassin supérieur de la Saône*. Editions de la Maison des Sciences de l'Homme D.A.F. 54. Paris, 188–202.
- Smith BH 1991. *Standards of human tooth formation and dental age assessment*. In: Kelley M.A, Larsen CS (eds.). *Advances in Dental Anthropology*. Wiley-Liss. New York, 143–168.
- Smith E 2005. *A test of Ubelaker's method of estimating subadult age from the dentition*. University of Indianapolis Archeology & Forensics Laboratory. <<http://archlab.uindy.edu>> (mars 2011)
- Steiner L 2003. *Les nécropoles d'Yverdon et de la Tour-de-Peilz (canton de Vaud, Suisse): Gallo-romains, Burgondes et Francs en Suisse occidentale*. In: Passard F, Gizard S, Urlacher J-P, Richard A (eds.). *Burgondes, Alamans, Francs, Romains: dans l'est de la France, le sud-ouest de l'Allemagne et la Suisse, Ve–VIIe siècles ap. J.-C.* Actes des XXIe Journées internationales d'archéologie mérovingienne, Besançon 20–22 octobre 2000. Presses universitaires franc-comtoises. Besançon, 181–188.
- Steiner L A paraître. *La nécropole du Clos d'Aubonne à La Tour-de-Peilz (canton de Vaud): origine, développement et abandon d'un ensemble funéraire du Ve au IXe siècle*. Cahiers d'Archéologie Romande.
- Sundick RI 1978. *Human skeletal growth and age determination*. Homo 29: 228–249.
- Thevissen PW, Alqerban A, Asaumi J, Kahveci F, Kaur J, Kim YK, Pittayapat P, Van Vlierberghe M, Zhang Y, Fieuws S, Willems G 2010a. *Human dental age estimation using third molar developmental stages: accuracy of age predictions not using country specific information*. Forensic Science International 201: 106–111.
- Thevissen PW, Fieuws S, Willems G 2010b. *Human third molars development: comparison of 9 country specific populations*. Forensic Science International 201: 102–105.
- Tillier A-M 2005. *La croissance des enfants dans les populations du passé. Questions méthodologiques et perspectives en paléanthropologie*. In: Dutour O, Hublin J-J, Vandermeersch B (eds.). *Objets et méthodes en paléanthropologie*. Comité des travaux historiques et scientifiques. Paris, 247–268.
- Triratana T, Hemindra D, Kiatiparjuk C 1990. *Eruption of permanent teeth in malnutrition children*. Journal of Dental Association Thai 40(3): 100–108.

Ubelaker DH 1989. *Human skeletal remains: excavation, analysis, interpretation*. Smithsonian Institution. Washington.

Van Vark GN, Schaafsma W 1992. *Advances in the quantitative analysis of skeletal morphology*. In: Saunders SR, Katzenberg MA (eds.). *Skeletal biology of past peoples: Research Methods*. Wiley-Liss. New York, 225–257.

Van Vlierberghe M, Bołtacz-Rzepkowska E, Van Langenhove L, Łaszkiewicz J, Wyns B, Devlaminck D, Boullart L, Thevissen P, Willems G 2010. *A comparative study of two different regression methods for radiographs in Polish youngsters estimating chronological age on third molars*. Forensic Science International 201: 86–94.

Adresse:

Geneviève Perréard Lopreno
Laboratoire d'archéologie préhistorique et anthropologie
Institut F.A. Forel – Sciences de la terre et environnement
Université de Genève
18, route des Acacias
1211 Genève 4
Suisse
E-mail: genevieve.perreard@unige.ch
Tel: +41 22 379 69 69, temporairement +41 22 379 69 69

Audrey B. Gallay
Archeodunum SA
En Crausaz
1124 Gollion
Suisse
E-mail: Audrey.gallay@bluewin.ch
Tel: +41 32 544 43 10

Stable strontium isotope mapping for provenance studies in archaeology – different material, different signals?

GISELA GRUPE,^{1*} CLAUD VON CARNAP-BORNHEIM,² FRANK SÖLLNER³

¹Dept. I of the Faculty of Biology, Ludwig-Maximilian-University München, Biodiversity Research/Anthropology, 82152 Martinsried, Germany;
Bavarian Collection of Anthropology and Palaeoanatomy, 80333 München, Germany

²Archäologisches Landesmuseum Schleswig (Stiftung Schleswig-Holsteinische Landesmuseen Schloß Gottorf), Schloß Gottorf,
24837 Schleswig, Germany

³Dept. of Earth and Environmental Sciences, Geology, Ludwig-Maximilian-University München, 80333 München, Germany

*corresponding author

Summary

⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratios in bioarchaeological materials are straightforward for the reconstruction of mobility, migration and trade in prehistoric and historic times. Since Sr isotopic ratios deduced from geological maps are frequently not suitable for an interpretation of archaeometric data, isotopic maps have to be established for every region under study for the definition of the local Sr isotopic ratio of archaeological strata. Within the frame of the International Sachsensymposium, Sr isotopic mapping for a variety of sites has been initiated. In this paper, we present the results of the assessment of the local ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr isotopic ratio deduced from the Viking site Haithabu, and its successor, the medieval town of Schleswig. Both sites are located at a very close distance to each other on opposite banks of the Schlei fjord on the Jutland peninsula. Local red deer antler from Haithabu had an average Sr isotopic signature of ca. 0.70907, while preserved wood from Schleswig exhibited an average isotopic ratio of ca. 0.71090. We hypothesize that in the wood samples, exogenous Sr from atmospheric input contributes to the isotopic signature. This Sr component, however, does not necessarily enter the food chain in the same degree. Provenance studies based on archaeobotanical remains will have to take this atmospheric Sr input into account, since the contribution of atmospheric Sr may change the ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratio of a plant considerably. Mixing models suggest that nevertheless, the red deer had not roamed the same wood as the one where the timber had been obtained from.

Key words: ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, local value, bone, wood, Haithabu, Schleswig

Zusammenfassung

Die Analyse des ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr Isotopenverhältnisses in bioarchäologischen Materialien mit dem Ziel der Rekonstruktion von Mobilität, Migration und Handel in der Vergangenheit ist zwischenheitlich zu einer bewährten Methode geworden. Da die aus dem Gesteinstyp in der geologischen Karte abgeleitete Sr-Isotopie für die Interpretation archäometrischer Daten nur bedingt geeignet ist, muss zunächst das lokale Sr-Isotopenverhältnis der archäologischen Strata bestimmt werden, um daraus Isotopiekarten für die jeweils untersuchte Region erstellen zu können. Im Rahmen des Internationalen Sachsensymposiums wurde eine solche Kartierung lokaler Sr-Isotopen initiiert. In diesem Beitrag präsentieren wir die Ergebnisse der Bestimmung lokaler ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr Isotopenverhältnisse des wikingerzeitlichen Haithabu und dessen Nachfolgesiedlung, des mittelalterlichen Schleswig. Beide Orte liegen in unmittelbarer Nachbarschaft an den entgegengesetzten Ufern der Schlei auf der jütischen Halbinsel. Während lokale Geweihproben von Rothirschen aus Haithabu eine mittlere Isotopensignatur von ca. 0,70907 aufwiesen, hatte konserviertes Holz aus Schleswig eine mittlere Isotopensignatur von ca. 0,71090. Wir vermuten, dass sich in den Holzproben der atmosphärische Eintrag exogenen Strontiums niederschlägt. Dieses Strontium gelangt allerdings nicht unbedingt in gleicher Menge auch in die Nahrungskette. Analysen zum Import archäobotanischer Funde sollten daher den atmosphärischen Sr-Eintrag berücksichtigen, welcher in erheblichem Maße zur Veränderung der ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-Isotopie einer Pflanze beitragen kann. Mischungsmodelle legen dennoch nahe, dass die Rothirsche nicht in dem selben Wald gelebt hatten, aus dem das Bauholz geschlagen wurde.

Schlüsselwörter: ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, lokaler Wert, Knochen, Holz, Haithabu, Schleswig

Introduction

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analyses in bioarchaeological materials are straightforward for the reconstruction of mobility, migration and trade in prehistoric and historic times (e.g. Grupe *et al.* 1997, Latkoczy *et al.* 1998, Burmeister 2000, Schweissing and Grupe 2003, Price *et al.* 2006, Benson *et al.* 2006, Bentley 2006, von Carnap-Bornheim *et al.* 2007, Bendrey *et al.* 2009, Copeland *et al.* 2010, Montgomery 2010). This archaeometric approach is based on the Rb-Sr-decay system, which leads to a – in historic times – stable Sr isotopic signature ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) in rocks (see below). Since Sr is associated with Ca in nature, Sr is incorporated into the biosphere, whereby the Sr isotopic signature relates to the geology of the habitat. The assumption that isotopic fractionation is negligible due to the large atomic mass of this trace element has recently been questioned (Knudson *et al.* 2010), although numerous studies on modern and bioarchaeological remains have clearly shown that the Sr isotopic signature in a find is related to the underlying geochemistry of the site. However, a question which is still far from being solved concerns the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic signature of the bioavailable Sr in the archaeological strata under study. Geochemical analyses frequently concentrate on whole rock, but its various minerals may exhibit different Sr isotopic ratios and may also show a different susceptibility towards weathering. Therefore, it is not always possible to deduce the isotopic ratio of bioavailable Sr from the overall geochemistry, and it is clear that Sr isotopic ratios deduced from rock types in geological maps are not readily suitable for archaeometric approaches. In consequence, maps of bioavailable Sr isotopic ratios have to be established for each region of interest. It has been suggested by Price *et al.* (2002) to analyze archaeological skeletal remains of residential vertebrates (with a small home range such as rodents) because these animals should have accumulated the bioavailable Sr of the site during their lifetime. Alternatively, other residential vertebrates such as red deer may be chosen. In the case of excavations which have been conducted a long time ago, such accompanying animal bone finds might have been discarded or otherwise lost in the meantime. Even in the course of modern excavations such finds may not be recovered at all. The collection of modern reference samples (animals, snails, plants) is sometimes attempted to compensate for a lack of appropriate archaeological finds, but the modern data may not be applicable to historical times. First, plants do not only take up Sr from the soil, but also from the atmosphere, and this atmospherical input may be considerable (Green *et al.*

2004, West *et al.* 2009). Modern soil Sr is frequently heavily influenced by fertilizers which vary considerably in their $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ signature according to their origin (Böhlke and Horan 2000, Vitoria *et al.* 2004). Modern samples from wooded areas might be less contaminated with fertilizers, but wood chalking has been a custom in many areas aiming at the prevention of damage from acid rain, and since Sr is always associated with Ca, even samples from a forest floor might not be suitable.

The International Sachsensymposium (www.sachsensymposium.org) has started a Strontium Isotope Project a few years ago, aiming at a Sr isotopic mapping by analysis of bioarchaeological finds for the determination of regional isotopic profiles, which will permit the supraregional comparison of finds in historical contexts. The first results obtained on bone have been published previously (Gillmaier *et al.* 2009). This study led to some important results: it could be definitely shown that the actual local Sr isotopic signature in vertebrate bones may differ considerably from the expected signature based on rock types recorded in geological maps, that even geologically uniform regions like the North German plain permit for a fine-scaled spatial resolution based on stable Sr isotopes, and that considerable differences between stable Sr isotopic ratios may be encountered at very small distances, e.g. on the opposite banks of a river.

While this first round of the Strontium Isotope Project of the International Sachsensymposium concentrated on bone finds, the second study was performed on wood samples, because trees are on the one hand essentially immobile, but on the other hand have more Sr sources than animals. In this paper, we discuss the differential suitability of wood and animal bone samples for the definition of historic local $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratios in a defined region, that is the settlement continuum of Viking Haithabu and medieval Schleswig, located at opposite banks of the Schlei fjord in Schleswig-Holstein, North Germany.

Strontium isotopes in bone and wood

Strontium occurs in the form of four stable isotopes (^{84}Sr : 0.56%, ^{86}Sr : 9.86%, ^{87}Sr : 7.04%, ^{88}Sr : 82.58%), of which ^{87}Sr is of radiogenic origin since it is a decay product of radioactive ^{87}Rb (Faure and Mensing 2005). Depending on the concentration of ^{87}Rb in minerals, significantly different $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratios are generated in the course of geological periods within rocks. For quite some time, geologists have thus been

able to successfully make use of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ for defining the place of origin of rocks in space and time. The primordial meteorite derived $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratio of 0.699 has continuously increased due to the decay of ^{87}Rb . Today, ocean water exhibits a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio of 0.7092, which is intermediate between Rb depleted oceanic basalts ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$: 0.703–0.706) and Rb enriched continental rocks ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$: 0.710–0.740). All soils that develop through erosion and weathering have about the same $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratio as the parent rock (Graustein 1989). It has to be emphasized, though, that not every soil is a weathering product of the underlying bedrock (e.g. in regions which had been affected by the glaciations).

Sr is a non-essential trace element and enters the vertebrate body via food or drinking water where it is incorporated into mineralized hard tissues such as bone and teeth. These tissues mainly consist of calcium phosphate (biological apatite). In the course of crystal genesis, Sr substitutes for the matrix element Ca and becomes tightly incorporated into the crystal lattice. In principle, the Sr isotopic ratio in bones and teeth of residential vertebrates is the same as the Sr isotopic ratio in their habitat. However, the mobile and thus bioavailable Sr may have a different stable isotopic ratio than the Sr in the non-mobile, stationary phase (see above). Mineralized tissues like bone and teeth are subject to *post mortem* decomposition which may result in an uptake of Sr from the burial environment. In case a bone/tooth find exhibits a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratio which is different from the respective ratio of the burial environment, the individual was definitely primarily not local to the site. Frequently, dental enamel is preferred over bone for analysis because bone is a much more porous tissue and more prone to *post mortem* contamination than enamel. Both tissue qualities therefore need a thorough decontamination prior to analysis. A quantitative removal of contaminating Sr is usually achieved by an acid leaching procedure (e.g. Schweissing 2004), because in general, Sr salts are more soluble than Ca salts (Mewis 2004).

A tree remains at the same location throughout its lifetime, whereby the catchment area of mobile Sr is defined by the spatial expansion of its roots. Nutrients are taken up in the form of solubilized ions by the root and are transported through the plant body by the xylem system. As a consequence, the strontium isotopic signature of a plant is nearly always a mixed isotopic ratio, which is made up of the more components the further the roots reach both horizontally and vertically, since a large spatial coverage by the root system will likely reach different soil layers which may exhibit different stable Sr isotopic ratios (Bullen and Bailey

2005). Other than vertebrates, plants get a significant proportion of solubilized nutrients through atmospheric water vapor. This proportion may amount up to 80% (Green *et al.* 2004) and is dependent from a variety of parameters, such as humidity. This aspect is of some relevance for all coastal archaeological sites, since the atmosphere is almost water saturated because of the constant evaporation. As a rule of the thumb, plants growing in regions with high precipitation and in plain areas will incorporate Sr that largely reflects the atmospheric input (English *et al.* 2001, Reynolds *et al.* 2005). The transport distance of atmospheric Sr is estimated between less than 100 km (English *et al.* 2001) and up to 300 km (Naiman *et al.* 2000). Plants growing on young and mineral rich soils are capable of incorporating more soil Sr, and the proportion of atmospheric input is considerably smaller. Just as in bone and teeth, Sr binds at Ca sites in a plant, which are mainly components of the plant cell wall, such as pectin acids, cellulose, and lignine (Torre *et al.* 1992). While pectines are water soluble and rapidly lost from dead wood by decomposition processes, and cellulose affinity towards Ca (and therefore also towards Sr) is about four times lower than lignine affinity, Sr in archaeological wood is mainly bound to the latter molecule. In contrast to bone and tooth analyses, an appropriate leaching (decontamination) protocol for the wood samples had to be evaluated prior to analysis.

The sites

Both the Viking trade centre of Haithabu and its successor, the town of Schleswig, are located at the Schlei fjord on the Jutland peninsula, Haithabu on its southern border at the Haddeby Noor, and Schleswig on the opposite northern bank. The Schlei fjord is a meltwater inlet and exhibits decreasing levels of salinity from its mouth to the inland locations. Due to its strategic geographical position, the older settlement Haithabu was at its height from the 9th to the 11th century AD. After being destroyed by Western Slavs in 1066 AD, relocated to the opposite bank of the fjord and now named Schleswig, the trade centre flourished again throughout the 11th until the end of the 12th century AD. Both settlements had contact to almost the whole then known world (Müller-Wille *et al.* 2002, Vogel 2002, Marold 2001), therefore, the place of origin of a variety of bioarchaeological finds (skeletal remains of humans and animals, botanical remains, textiles...) would be of equal archaeological, anthropological, archaeozoological, and historical interest.

The sites are located on the North German plain, a region still dominated by boulder clay from the Upper

Pleistocene Weichsel glaciation. In general, the North German plain is not a geologically uniform area, but should rather exhibit a considerable $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic variability on a small scale: While the major portion of the moraine material is of local origin and therefore made up of carbonate soil, boulder clay which was formed by the advancing ice shields has introduced crystalline material from Scandinavia (Smed and Ehlers 2002). While carbonate soils have an expected $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio between 0.708 and 0.709, the boulder clay component has elevated such ratios around 0.71 and beyond (see Gillmaier *et al.* 2009). At coastal sites, an influence of marine Sr (through atmospheric input, or, in case of piscivorous vertebrates through diet) has to be expected too. Due to slow and global mixing processes, sea water today has a rather uniform $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratio of 0.70918 (Faure und Mensing 2005). In the brackish water body of the Baltic Sea, modern Sr isotopic ratios are more variable and somewhat higher dependent from the salinity, but usually fall within the range between 0.7092 and 0.7097 (Andersson *et al.* 1992).

Material

The Archäologisches Landesmuseum Schleswig-Holstein (Director: Prof. Dr. Claus von Carnap-Bornheim) provided ten red deer antler samples from the Haithabu site, dated into the 9th until the 10th century AD (Gillmaier *et al.* 2009), and 19 wood samples from Schleswig. There, part of the medieval shoreline was excavated in the year 2006. Among a total of 145 wood finds, a landing bridge reaching into the water with a construction on top, mainly built from oak wood, was dated dendrochronologically into the 11th century AD (von Carnap-Bornheim and Lüth 2008). The wood samples analyzed in this study consisted of parts of the building, some floorboards from the landing bridge, and a boat's plank. The samples had been kept moist after excavation. The finds are listed together with the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratios in Table 1.

Methods

The antler specimens were processed according to a routine protocol established for bones and teeth in the Munich laboratory (see Gillmaier *et al.* 2009). The establishment of the sample processing protocol for wood, and the isotopic measurements of the wood specimens were performed in the course of a diploma

thesis (Hollauer 2010). The wood samples were first weighed and then dried to a constant weight in an oven under oxidizing conditions at 80°C. Next, samples were kept in the lab at room temperature for two to three days, to let them adjust to the room climate and humidity. The weight of the samples was then measured a second time to calculate the water content, and the wood moisture u per sample (Schardt 2005).

About 1g per specimen was sampled, preferably from the heartwood area which should be better protected against soil contamination. If heartwood and sapwood were clearly identifiable, sapwood samples were also taken for comparison. In those cases where both samples could be taken from a specimen, care was taken to sample equal growth phases of the wood to avoid any possible seasonal or climatic changes during the life time of the tree which might have influenced the Sr uptake of the plant.

For the scope of decontamination, about 1mm was ground from all around the samples, and the remaining sample cleaned by ultrasonification twice for 5 minutes each in 70% ethanole. Samples were then air dried over night. Test runs for the etching step were performed with 37% HCl and HF. Since the acid strength obviously had no influence on the decontamination effect (for details, see Hollauer 2010), all samples were finally etched with HCl. The decontamination procedure was terminated when the supernatant exhibited the same $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic signature as the remaining sample (in analogy to the etching step applied to bone and teeth). The duration of this etching step, however, was highly variable and is probably a function of the type of wood, and the degree of contamination. While for the Schleswig samples, etching was usually completed after 10 minutes only, wood samples from other archaeological sites (see Hollauer 2010; results not reported here) needed an acid treatment for 40 minutes. Prior to the wet ashing, the wood samples were ashed for 12 hours in a muffle furnace at oxidizing conditions and 800°C, and weighed. The remaining ash content was also highly variable among the samples (from <1 to 500 mg). Test measurements for the evaluation of the optimal weight for the final determination of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ led to the result that an amount of 150 mg should not be exceeded. Wood moisture did not vary much between the samples (from 125% to 210%), and a slight, however insignificant, negative relationship between wood moisture and Sr isotopic signature was apparent (Hollauer 2010).

For the measurement of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratios, antler and wood samples were first passed through cation exchange columns with a Sr-specific resin (Sr-spec) to separate Sr from interfering ^{87}Rb and other

Tab. 1: Sample type, and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratios of antler samples (Haithabu) and wood (Schleswig). Possibly “non-local” specimens are printed in italic (c. text).

INV. NO	MATERIAL TYPE		SPECIES	DATE	REMARKS	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	±
n.d.	bone	antler	red deer	9.–10. cent. AD	lab. no. 60	0.709226	0.000064
n.d.	bone	antler	red deer	9.–10. cent. AD	lab. no. 61	0.708992	0.000074
n.d.	bone	antler	red deer	9.–10. cent. AD	lab. no. 62	0.708899	0.000064
n.d.	bone	antler	red deer	9.–10. cent. AD	lab. no. 63	0.708992	0.000052
n.d.	bone	antler	red deer	9.–10. cent. AD	lab. no. 64	0.708962	0.00006
n.d.	bone	antler	red deer	9.–10. cent. AD	lab. no. 65	0.708987	0.000057
n.d.	bone	antler	red deer	9.–10. cent. AD	lab. no. 66	0.709017	0.000062
n.d.	bone	antler	red deer	9.–10. cent. AD	lab. no. 67	0.709246	0.000057
n.d.	bone	antler	red deer	9.–10. cent. AD	lab. no. 68	0.709217	0.000028
<i>n.d.</i>	<i>bone</i>	<i>antler</i>	<i>red deer</i>	<i>9.–10. cent. AD</i>	<i>lab. no. 69</i>	<i>0.709945</i>	<i>0.000063</i>
35	wood	square timber	oak	11. cent. AD	sample close to heartwood	0.711073	0.000047
36.20	wood	square timber	oak	11. cent. AD	very dark and brittle no heartwood identifiable	0.710639	0.000036
36.28	wood	square timber	oak	11. cent. AD	very light, wide tree rings	0.711002	0.00052
80.1	wood	disk	oak	11. cent. AD	heartwood and sapwood	0.710555	0.000061
80.11	wood	disk	oak	11. cent. AD	heartwood and sapwood	0.710782	0.000082
80.16	wood	square timber	oak	11. cent. AD	dark and brittle	0.71029	0.000069
123.5	wood	square timber	oak	11. cent. AD		0.71087	0.000048
124.9	wood	square timber	oak	11. cent. AD	brittle, sample close to heartwood	0.71066	0.000068
179.1	wood	disk	oak	11. cent. AD	white core	0.711308	0.000046
176.5a	wood	square timber	oak	modern?	sample close to heartwood	0.711428	0.000049
176.5b	wood	boat's plank	oak	11. cent. AD	very brittle	0.710573	0.000064
194	wood	square timber	oak	11. cent. AD	dark	0.710509	0.000067
195	wood	square timber	oak	11. cent. AD	light	0.711234	0.000053
273.5	wood	disk	oak	11. cent. AD	white core heartwood and sapwood	0.711202	0.000049
273.8	wood	square timber	oak	11. cent. AD	sample close to heartwood	0.710895	0.000045
273.19	wood	disk	oak	11. cent. AD		0.719711	0.00008
273.22	wood	disk	oak	11. cent. AD	white core	0.711406	0.000043
999	wood	disk	oak	11. cent. AD		0.711024	0.000096
<i>36.300</i>	<i>wood</i>	<i>square timber</i>	<i>oak</i>	<i>11. cent. AD</i>	<i>heartwood identifiable</i>	<i>0.707909</i>	<i>0.00005</i>

elements. Measurement was then performed with a Finnigan MAT 261 mass spectrometer by single filament technique (for details, cf. Schweissing 2004) at

the Bavarian Collection for Palaeontology and Geology. Standard NBS SRM 987 served for quality control. Measurement precision was 0.00001.

Results

The scope of this paper is to tell whether archaeological wood samples are equally suitable for a definition of the stable isotopic ratio of local, bioavailable Sr at a site as skeletal elements of residential animals as suggested by Price *et al.* (2002). The results of the antler analyses have been published previously (Gillmaier *et al.* 2009) and shall therefore only briefly be repeated here: While based on the prevalent geological parameters a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratio of residential animals around 0.71 was expected, nine out of ten antler samples exhibited considerably lower such ratios between 0.70889 and 0.70926 (mean: 0.70907 ± 0.00013 2SE). A single specimen only (laboratory number 69, see Tab. 1) had a ratio of 0.70995 ± 0.00006 , close to the expected value (Fig. 1).

In contrast, all wood samples from Schleswig, with one exception (no 36.300; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70791 \pm 0.00005$), had a stable Sr isotopic ratio ≥ 0.71 , which is compatible with the expected isotopic ratio based on the input of crystalline debris without any carbonate component in the course of the glaciations. According to the wood analyses, the local $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratio varies between 0.71029 and 0.71143, with a mean value of 0.71090 ± 0.00016 2SE (Fig. 1). With regard to the measurement error, the difference between these values is considerable and suggests that the wood samples did not belong to the same “population”. However, as will be discussed below, a small scale variability of bioavailable $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in the region cannot be excluded since the moraine material also consists of local components. Some areas in the north German plain are characterized by soils which are particularly rich in carbonates, and which should exhibit much lower isotope ratios between 0.70772 and 0.70895 (Price *et al.* 2003). Therefore, the wood sample no 36.300 was taken from a tree which had definitely not grown in the same place as the others.

It was unexpected by us that the analysis of red deer antler and preserved wood, both aiming at a Sr isotopic mapping of the Haithabu/Schleswig region, would lead to different results although both sites are located in ultimate vicinity to each other. Based on the ratios recovered in the residential animals, the local isotopic signature would fall around 0.70907, based on the wood specimens, around 0.71090. The questions therefore arise: why do these values differ? Is only one the correct value? And which bioarchaeological material, antler (bone, teeth) or wood, or both will preserve the reliable signature of former, bioavailable Sr?

Discussion and Conclusion

While red deer mix the local stable Sr isotopic ratios in the food chain of their home range, trees mix the stable Sr isotopic ratios of the soil layers which are penetrated by their roots. In the following, we will discuss two possible explanations for our results. First, wood might contain a certain, local Sr component which does not enter the food chain – at least not completely –, and which is therefore no longer detectable in a herbivore’s skeleton (Hollauer 2010). Second, either red deer or wood were not local to the site. A third alternative could be that our decontamination protocol for wood was insufficient. This would imply that the original isotopic signature was obscured by the local burial environment. In this case, it would have been impossible to identify imported wood, but the measured isotopic ratio would still be biased by the local one.

The North German plain has been shaped by glaciation processes, and we can also not fully exclude that the boulder clay component is higher on the northern bank of the Schlei fjord compared to the south. In the course of previous studies (Gillmaier *et al.* 2009), presumably local archaeological animal bone (cattle, horse) and antler (red deer) from six archaeological sites in the North German plain plus one site in today’s Denmark on the Jutland peninsula have been analyzed with regard to $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. All German sites are located in rather close proximity to Haithabu and Schleswig near the coast of the Baltic Sea. While the crystalline soil component is reflected in some of the specimens to some degree (Fig. 2), none of the “local” values in the vertebrate skeletons exceeds a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratio of 0.71. Is it possible that the different pathways of Sr uptake by plants and animals leads to Sr isotopic ratios >0.71 in wood?

Since the excavation sites are located in the vicinity of both the Baltic sea in the east and the North sea in the west, the atmospheric Sr input preserved in wood should be considerable. While only a minor proportion of atmospheric Sr is taken up by the leaves, precipitation which enters the soil makes up the major part of this atmospheric/rainwater input, since it is taken up by the roots. In trees with short or flat roots, this atmospheric/rainwater Sr can be transported into every part of the wood, while in trees with deep roots, it should be restricted to the growth phases of the tree while it was still young (heartwood). The area of the Schleswig site is dominated by boulder clay, a mixture made up of different rock components in a matrix of fine sand and clay (Treptow 2007). Many soil components such as clay will bind bivalent cations very efficiently through

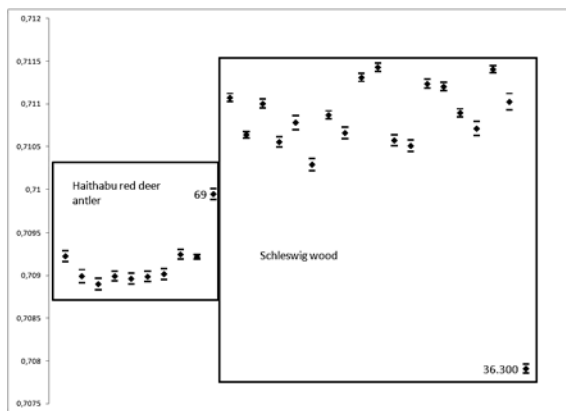


Fig. 1: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratios (with error bars) in antler and wood samples. Sr isotopic ratios in wood are enriched with ^{87}Sr over antler samples, with a single exception.

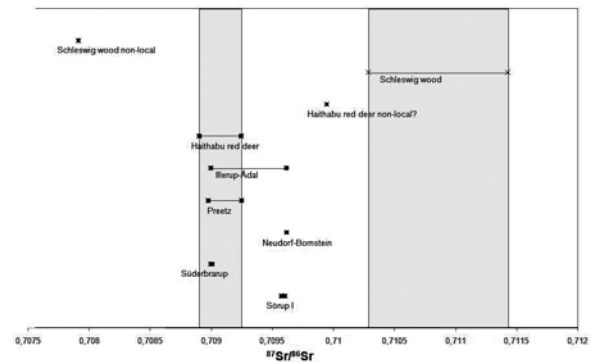


Fig. 2: Comparison of “local” $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratios in archaeological bone and antler from other sites in the vicinity of Haithabu and Schleswig with the values reported in this paper (cf. Gillmaier *et al.* 2009). None of the vertebrate finds exceeds a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratio of 0.71, such values are restricted to the Schleswig wood specimens.

colloid bonds, in addition, rainwater easily runs off and does not penetrate into deeper layers. Therefore, it is unlikely that atmospheric/rainwater Sr will reach the deeper soil layers. The younger parts of wood from deep-rooted trees should contain much less atmospheric/rainwater Sr if any at all.

While the heartwood contains the local bioavailable Sr isotopic ratio plus the atmospheric component with their characteristic stable isotopic ratios, the latter could largely be lost in the vertebrate skeleton. Red deer live from grasses and plants which are rich in fibers, such as herbs, leaves, and shoots. Due to their efficient digestive system, they are capable of even feeding from the bark of trees, especially in times of food shortages (e.g. during winter). They will, however, not consume the heartwood. The atmospheric Sr component is already heavily diluted in leaves and bark, moreover, plant metabolism discriminates against Sr in favour of Ca. Therefore, leaves, bark and other edible plant parts are depleted in Sr anyway (Drouet and Herbauts 2008). It can thus be assumed that the stable Sr isotopic signature in the food chain, and therefore also in the vertebrate skeleton, may be different from the respective such signature in heartwood – but can this difference be as large as the one we have measured? Atmospheric Sr has always the same isotopic ratio as the water reservoir in the vicinity, in our case 0.7092, which is the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ of sea water (Andersson *et al.* 1992, Simonetti *et al.* 2000). The contribution of atmospheric Sr (f_{atm}) to the Sr content of the vegetation can be calculated by the

formula $f_{\text{atm}} = [(R_{\text{veg}} - R_{\text{wea}} \times \text{Sr}_{\text{wea}}) / \text{Sr}_{\text{veg}}] / [R_{\text{atm}} \times \text{Sr}_{\text{atm}} / \text{Sr}_{\text{veg}} - R_{\text{wea}} \times \text{Sr}_{\text{wea}} / \text{Sr}_{\text{veg}}]$ (Drouet *et al.* 2005), with $R = ^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, atm = atmosphere, veg = vegetation, wea = weathered, bioavailable Sr in the soil. While R_{atm} and Sr_{atm} (ppm) are known (0.7092, 0.00245 ppm, Drouet *et al.* 2005), and R_{veg} has been measured (0.71090), the Sr content of archaeological wood is not a reliable measure because of a considerable loss of organic mass due to diagenetic processes. Modern reference data are approximately 3 ppm (Drouet *et al.* 2005). Soil extracts from a site with a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ close to the one measured in the Haithabu red deer samples are available from the Thorsberg peat bog (pore fluid: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.708935$, Sr content = 2 ppm, von Carnap-Bornheim *et al.* 2007). These values should also be suitable for this test equation because the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ is lower than the one measured in the red deer antlers – since water supplies less Sr to a consumer than the plant food, the drinking (surface) water for the red deer must have had a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} < 0.70907$. Also, the Sr content of 2 ppm matches modern such values measured by Drouet *et al.* (2005) at two sites in modern Belgium. According to the equation, f_{atm} was 0.506 or roughly 50%. Accordingly, the isotopic ratio of bioavailable Sr at the site where the trees had grown can be estimated by $R_{\text{bioavailable}} = (R_{\text{veg}} - R_{\text{atm}} \times f_{\text{atm}}) / (1 - f_{\text{atm}})$ (Drouet *et al.* 2005), and results in $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{\text{bioavailable}} = 0.71254$. The relation between $R_{\text{bioavailable}}$ and R_{veg} is expressed by the factor $K1 = R_{\text{ba}} / R_{\text{veg}}$, acceptable figures fall between 1 and 1.003. In our case, K1 is 1.002 and therefore meets

this requirement, it also matches the respective factor measured in modern ecological settings in Belgium (Drouet *et al.* 2005).

According to this calculation, it is impossible that the red deer which had provided the antler samples had lived in the same area as the one where the trees had grown, the timber of which had been used for the constructions in the Schleswig harbour. With regard to the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratios in bone finds from the North German plain (Fig. 2), we conclude that on the consumer level, the “local” $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratio of the Haithabu/Schleswig area deduced from the antler analyses indeed reflects the local bioavailable Sr isotopic ratio, although it differs from what was expected by existing geological information alone (Gillmaier *et al.* 2009). The question remains, whether the – at this stage of the investigation still hypothetical – elevated $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratios which show up in the archaeological wood is correct and has to be seen as non-local. Or, if accepted to be local, the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in heartwood does not agree with the respective such ratio reaching the food chain of vertebrates. From an analytical point of view, the data from the wood analyses show distinct variations in $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios affected by local parameters. We therefore suggest that these values are correct. According to Heinrich (1991), the find distribution according to the body parts of red deer in the archaeofaunal assemblage of Schleswig differs from the respective one in Haithabu and suggests red deer import to Schleswig. Therefore, the assumption that the red deer antlers from Haithabu were obtained from local game is supported – although import of some specimens cannot be fully excluded. As to the origin of the wood, Scandinavia is dominated by particularly old and mainly acid igneous rocks (Caledonian Alps) with $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotopic ratios up to 0.74. It is therefore probable that the elevated Sr isotopic signatures measured in the archaeological wood samples from the Schleswig site are non-local. If potential source areas are considered, a transport of the wood from Scandinavia should be taken into account. Finally, extracts of soil samples from both sites will have to be measured in the future, because we still cannot exclude that the local $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ differs at the opposite banks of the Schlei fjord. The results reported here strongly support that a fine-scaled mapping of bioavailable Sr isotopic ratios is indispensable for provenance studies in archaeology, and that provenance studies based on botanical remains will have to take the atmospheric Sr input into account.

Acknowledgements

This text was edited by Dr. George McGlynn, Bavarian State Collection of Anthropology and Palaeoanatomy, Munich.

References

- Andersson PS, Wasserburg GJ, Ingri J 1992. *The sources and transport of Sr and Nd isotopes in the Baltic Sea*. Earth and Planetary Science Letters 113: 459–472.
- Bendrey R, Hayes TE, Palmer MR 2009. *Patters of Iron Age horse supply: An analysis of strontium isotope ratios in teeth*. Archaeometry 51: 140–150.
- Benson LV, Hattori EM, Taylor HE, Poulson SR, Jolie AA 2006. *Isotope sourcing of prehistoric willow and tule textiles recovered from western Great Basin rock shelters and caves – proof of concept*. Journal of Archaeological Science 33: 1588–1599.
- Bentley RA 2006. *Strontium isotopes from the earth to the archaeological skeleton: A review*. Journal of Archaeological Method and Theory 13: 135–187.
- Böhlke JK, Horan M 2000. *Strontium isotope geochemistry of ground water and streams affected by agriculture, Locust Grove, Maryland*. Applied Geochemistry 15: 599–609.
- Bullen TD and Bailey SW 2005. *Identifying calcium sources at an acid deposition impacted spruce forest: a strontium isotope, alkaline earth element multi-tracer approach*. Biogeochemistry 74: 63–99.
- Burmeister S 2000. *Archaeology and migration – Approaches to an archaeological proof of migration*. Current Anthropology 41: 539–567.
- Carnap-Bornheim, von C, Nosch M-L, Grupe G, Mekota A-M, Schweissing MM 2007. *Stable strontium isotopic ratios from archaeological organic remains from the Thorsberg peat bog*. Rapid Communications in Mass Spectrometry 21: 1541–1545.
- Carnap-Bornheim, von C, Lüth P 2008. *Neues aus dem Schleswiger Hafen*. Archäologische Nachrichten 2008: 72–74.
- Copeland SR, Sponheimer M, Lee-Thorp JA, le Roux PJ, de Ruiter DJ, Richards MP 2010. *Strontium isotope ratios in fossil teeth from South Africa: Assessing laser ablation MC-ICP-MS analysis and the extent of diagenesis*. Journal of Archaeological Science 37: 1437–1446.
- Drouet T, Herbauts J, Gruber W, Demaiffe D 2005. *Strontium isotope composition as a tracer of calcium sources in two forest ecosystems in Belgium*. Geoderma 126 : 203–223.
- Drouet T, Herbauts J 2008. *Evaluation of the mobility and discrimination of Ca, Sr and Ba in forest ecosystems: consequence on the use of alkaline-earth elements ratios as tracers of Ca*. Plant and Soil 302: 105–124.

- English NB, Betancourt JL, Dean JS, Quade J 2001. *Strontium isotopes reveal distant sources of architectural timber in Chaco Canyon, New Mexico*. Proceedings of the National Academy of Sciences 98: 11891–11896.
- Faure G, Mensing TM 2005. *Isotopes. Principles and Applications*. 3rd ed. John Wiley & Sons. New Jersey.
- Gillmaier N, Kronseder C, Grupe G, von Carnap-Bornheim C, Söllner F, Schweissing M 2009. *The Strontium Isotope Project of the International Sachsensymposium*. Beiträge zur Archäozoologie und Prähistorischen Anthropologie 7: 133–142.
- Graustein WC 1989. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios measure the sources and flow of strontium in terrestrial ecosystems. In: Rundel PW, Ehleringer J, Nagy KA (eds). *Stable Isotopes in Ecological Research*. Springer. New York, 491–511.
- Green GP, Bestland EA, Walker GS 2004. *Distinguishing sources of base cations in irrigated and natural soils: evidence from strontium isotopes*. Biogeochemistry 68: 199–225.
- Grupe G, Price TD, Schröter P, Söllner F 1997. *Mobility of Bell Beaker people revealed by strontium isotope ratios of tooth and bone: a study of southern Bavarian skeletal remains*. Applied Geochemistry 12: 517–525.
- Heinrich D 1991. *Untersuchungen an Skelettresten wildlebender Säugetiere aus dem mittelalterlichen Schleswig*. Ausgrabungen in Schleswig, Berichte und Studien 9. Karl Wachholtz. Neumünster.
- Hollauer S 2010. *Herkunftsanalysen anhand von fossilem Holz mit Hilfe von stabilen Strontiumisotopen*. Diplomarbeit, LMU München.
- Knudson KJ, Williams HM, Buikstra JE, Tomczak PD, Gordon GW, Anbar AD 2010. *Introducing $\delta^{88}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analysis in archaeology: a demonstration of the utility of strontium isotope fractionation in paleodietary studies*. Journal of Archaeological Science 37: 2352–2364.
- Latkoczy C, Prohaska T, Stinger G, Teschler-Nicola M 1998. *Strontium isotope ratio measurements in prehistoric human bone samples by means of high-resolution inductively coupled plasma mass spectrometry (HR-ICP-MS)*. Journal of Analytical Atomic Spectrometry 13: 561–566.
- Marold D 2001. *Hedeby – an “international” trading place for Danes, Swedes, Norwegians, Germans, Frisians and Slavonic people*. The linguistic and literary evidence. Offa 58: 13–20.
- Mewis A 2004. *Strontium-90 in der Umwelt. Migrationsverhalten im Boden, Transfer in die Nahrungskette und Strahlenexposition in der nördlichen Ukraine*. PhD Thesis, Kiel.
- Montgomery J 2010. *Passports from the past: Investigating human dispersals using strontium isotope analysis of tooth enamel*. Annals of Human Biology 37: 325–346.
- Müller-Wille M, Hansen L, Tummuscheit A 2002. *Frühstädtische Zentren der Wikingerzeit und ihr Umland. Die Beispiele Ribe, Hedeby und Reric*. Akademie der Wissenschaften und Literatur Mainz, Abhandlungen der Geistes- und Sozialwissenschaftlichen Klasse, Jahrgang 2002, Nr. 3. Stuttgart.
- Naiman Z, Quade J, Patchett PJ 2000. *Isotopic evidence for eolian recycling of pedogenic carbonate and carbonate dust sources throughout the Southwest United States*. Geochimica et Cosmochimica Acta 64: 3099–3109.
- Price TD, Burton JH, Bentley RA 2002. *The characterization of biologically available strontium isotope ratios for the study of prehistoric migration*. Archaeometry 44: 117–135.
- Price TD, Wahl J, Knipper C, Burger-Heinrich E, Kurz G, Bentley RA 2003. *Das bandkeramische Gräberfeld vom „Viesenhäuser Hof“ bei Stuttgart-Mühlhausen: Neue Untersuchungsergebnisse zum Migrationsverhalten im frühen Neolithikum*. Fundberichte aus Baden-Württemberg 27: 23–57.
- Price TD, Wahl J, Bentley RA 2006. *Isotopic evidence for mobility and group organization among neolithic farmers at Talheim, Germany, 5000 BC*. European Journal of Archaeology 9: 259–284.
- Reynolds A, Betancourt J, Quade J, Patchett PJ, Dean JS, Stein J 2005. $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ sourcing of ponderosa pine used in Anasazi great house construction at Chaco Canyon, New Mexico. Journal of Archaeological Science 32: 1061–1075.
- Schardt M 2005. *Das Problem mit der “Holzfeuchte” und dem “Wassergehalt”*. LWF aktuell 54: 50–51.
- Schweissing MM, Grupe G 2003. *Stable strontium isotopes in human teeth and bone: A key to migration events of the late Roman period in Bavaria*. Journal of Archaeological Science 30: 1373–1383.
- Schweissing MM 2004. *Strontium-Isotopenanalyse ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$). Eine archäometrische Applikation zur Klärung anthropologischer und archäologischer Fragestellungen in bezug auf Migration und Handel*. Münchner Geologische Hefte, Reihe A, Band 31.
- Simonetti A, Gariépy C, Carignan J 2000. *Pb and Sr isotopic evidence for sources of atmospheric heavy metals and their deposition budgets in northeastern North America*. Geochim et Cosmochim Acta 64: 3439–3452.
- Smed P, Ehlers J 2002. *Steine aus dem Norden. Geschiebe als Zeugen der Eiszeit in Norddeutschland*. 2. Aufl. Gebrüder Borntraeger. Stuttgart.
- Torre M, Rodriguez AR, Saura-Calixto F 1992. *Study of the interactions of calcium ions with lignin, cellulose and pectine*. Journal of Agricultural and Food Chemistry 40: 1762–1766.
- Treptow I 2007. *Die Harburger Berge – Ein Beispiel für die glaziale Serie im norddeutschen Vereisungsgebiet*. GRIN Verlag, Norderstedt.
- Vitoria L, Otero N, Soler A, Canals A 2004. *Fertilizer characterization: isotopic data (N, S, O, C, and Sr)*. Environmental Science and Technology 38: 3254–3262.
- Vogel V 2002. *Archäologische Belege für Fernkontakte der Stadt Schleswig im 11. bis 13. Jahrhundert*. In: Brandt K,

Müller-Wille M, Ratke C (eds). *Haithabu und die frühe Stadtentwicklung im nördlichen Europa*. Karl Wachholtz. Neumünster, 367–387.

West JB, Hurley JM, Dudas FÖ, Ehleringer JR 2009. *The stable isotope ratios of marijuana. II. Strontium isotopes relate to geographic origin*. Journal of Forensic Sciences 54: 1261–1269.

Addresses:

Gisela Grupe
Dept. I of the Faculty of Biology
Ludwig-Maximilian-University München
Biodiversity Research/Anthropology
Grosshaderner Str. 2
82152 Martinsried
Germany

and

Bavarian Collection of Anthropology and Palaeoanatomy
Karolinenplatz 2a
80333 München
Germany
E-Mail: g.grupe@lrz.uni-muenchen.de
Tel.: +49 (0) 89 2180 74320
Fax: +49 (0) 89 2180 74331

Facial Reconstructions by a combined 2D/3D method – Different Techniques meet Requirements in the Identification Process

URSULA WITTEW-BAKOFEN

Dept. of Anthropology, Medical Faculty, Albert-Ludwigs-University Freiburg, 79104 Freiburg, Germany

Summary

Craniofacial reconstruction techniques have developed intensively during the last decades and led to a wide field of research and application. In the context of forensic facial reconstructions, special quality requirements have to be fulfilled to serve the aim of identification and the reproducibility of results. Different techniques in the reconstruction process as well as different forms of presentation differ in meeting the requirements which are specified in the recognition process. The development of computerized methods in recent years helps to objectify facial reconstructions and to reduce artistic interpretation. Research focuses on implementing automated procedures and to improve knowledge about the correlation of bone and soft tissue, which helps in generating an individualized facial surface. This paper presents a 2D facial reconstruction technique developed in collaboration with the German Federal Criminal Department (Bundeskriminalamt) for practical use and experienced in a variety of forensic case studies.

Keywords: Facial Reconstruction, Facial Soft Tissue, Virtual Anthropology, Forensic Anthropology

Zusammenfassung

Die Techniken zur Gesichtsweichteilrekonstruktion haben sich in den letzten Jahren intensiv weiter entwickelt und ein weites Forschungsgebiet sowie breite Anwendungsfelder eröffnet. Eine Reihe an Anforderungen an die Qualität von Gesichtsrekonstruktionen muss erfüllt sein, um Identifikationen zu erreichen und die Reproduzierbarkeit zu gewährleisten. Die verschiedenen gebräuchlichen Methoden der Gesichtsrekonstruktion wie auch die unterschiedlichen Präsentationsformen erfüllen die Anforderungen der Gesichtserkennung auf unterschiedliche Weise. Die zunehmende Entwicklung computergestützter Methoden stellt einen wichtigen Beitrag zur Objektivierbarkeit und Reduktion künstlerischer Interpretation dar. Weitere Forschungen konzentrieren sich auf die Implementierung automatisierter Arbeitsschritte und die Verbesserung von Kenntnissen über die Korrelate zwischen knöchernem Gesichtsschädel und Gesichtsweichgewebe, so dass individualisierte Gesichter mit guter Passgenauigkeit erzielt werden können. In dem vorliegenden Beitrag wird eine computergestützte und in der Praxis erprobte 2D-Technik vorgestellt, die in Zusammenarbeit mit dem deutschen Bundeskriminalamt entwickelt wurde.

Schlüsselwörter: Gesichtsrekonstruktion, Gesichtsweichgewebe, virtuelle Anthropologie, forensische Anthropologie

Introduction

The identification of unknown corpses is an indispensable precondition for resolving insurance issues and succeeding claims, for the clarification of homicide and suicide, and it is last but not least an important step of mourning for family members. In cases of corpses found without any personal documents or other identifying objects that are mostly beyond recognition after a long post mortem interval, police investigation starts. If not successful within a certain period of time and having exploited the regional context of the site where the body has been found, the investigation has to be expanded. In the European

countries and when no particular background information for the extended search for a specific person is available, this usually is the moment forensic anthropology is engaged (Brickley and Ferlini 2007, Kranioti and Paine 2010, Baccino 2005).

Due to the opening of frontiers within the European community trans-national crime is growing which contributes to an increasing amount of unidentified corpses.

Nationwide and international databases of missing persons have to be screened including collaborations with foreign criminal departments. Hence, to organize the search in a most effective way and to avoid flooding the authorities with unspecific requests, a life history

profile of the person is needed. This is getting more effective with an increasing amount of information. Forensic anthropology is able to detect a variety of biological information stored in the preserved tissues of the body, mostly bones.

This includes morphological structures of the facial bones and muscle attachments as the basic information for craniofacial reconstructions (cfr). Within the field of forensic anthropology, the cfr of unidentified corpses, mostly skeletons, is a major issue. It is regarded as an important visualized tool to assist in the identification process as resulting faces can be used in implementing the public into the search.

Most scientific approaches to cfr deal with a very technical part of soft tissue reconstructions, namely the individual variability of soft tissue thickness. They are usually directed towards a standardization of the process. This is an important and significant part of the process with many unsolved questions and desiderata which increasingly have attracted specialists in 3D form analysis (Claes *et al.* 2010a, Wilkinson 2005, Vignal and Schuliar 2002). On the other hand the artistic approach focuses on an individualized face with specific texture information (Taylor 2001, Wilkinson 2010). In museum presentations of historical persons or fossil hominids, for example, this type of facial reconstruction has been an impressive success in awaking emotions and empathy (Berge and Daynes 2001, Püschel *et al.* 2004, Wittwer-Backofen 2010).

In using life history information revealed by forensic anthropology, both approaches can be combined in a most effective way. Besides basic information like the determination of age at death or shape and robustness of individual traits indicating sexual dimorphism, health status, stress phases during lifetime, migration processes, drug abuse, or the status of personal hygiene can be approached. They all leave traces in the face of the person concerned. The more forensic anthropology is able to detect these details of an individual's life course, the more concise parameters for a face's structure details, texture or facial expression are available which may significantly improve the recognition value of the reconstructed face.

The recognition process of human faces is managed in our brain in a specific manner including memory, visual recognition, and face processing as a bioevolutionary process (Zhao *et al.* 2003). The facial proportions which is fixed in early childhood (Tanaka *et al.* 1998, Smeets *et al.* 2010) play a significant role in the recognition process. It is the basic background for facial biometric systems as well. A major requirement to facial reconstructions therefore is to meet the facial proportions by the exact placement of facial elements using craniofacial correlations.

To complete identification, goal-oriented recognition is finally assured by DNA analysis so that forensic anthropology has to be regarded as valuable assistance in the identification process rather than a tool for the identification itself.

The purpose of this paper is to present a 2D cfr method developed in collaboration with the German Federal Criminal Department under consideration of practical demands (Wittwer-Backofen 2003) and which has been refined since then, as well as new approaches in virtual 3D reconstructions.

Requirements and Preconditions for craniofacial reconstruction

As the human skeleton represents an archive of biological information stored during lifetime and to a certain degree shapes the face, the knowledge of the life history of the missing person may help significantly in reconstructing a face for forensic purpose. Therefore, a facial reconstruction should necessarily include the anthropological study of the skeleton as a whole.

A basic requirement for the implementation of a craniofacial reconstruction is the state of preservation of the skull. Ideally the skull is completely preserved with intact lamina externa and not deformed by forces such as mechanical pressure or high temperature. Due to severe impact forces of trauma or a variety of conditions during the post mortem interval the skull may be fragmented with parts missing. Meanwhile a set of mainly computer-based methods for the reconstruction of a skull is available (Zollikofer and Ponce de Leon 2005). Thus in a virtual 3D environment bone fragments, after being scanned by computed tomography, can be fused without the risk of collapse of fragile fragments after gluing. Deformation can be corrected virtually. Missing parts can be mirrored and inserted virtually by assuming lateral symmetry. Missing mandibles are quite often observed when the body was exposed for a long time. Even this can be reconstructed with a certain probability by size adaption of mean shapes controlled for sex, age, or ethnicity (Schlager *et al.* 2011).

To reconstruct a facial surface with its elements like eyes, nose or mouth, it is necessary to precisely know the interdependence of skull and face. More precisely, this means knowing, for example, the proper localisation of the eyeball, its size and its protrusion or the mouth width depending on the inter-canine distances (Stephan and Murphy 2008).

A second precondition is the knowledge of the thickness of the soft tissue layer to be modelled on the skull. This results in the surface prediction of the face at

defined landmarks. Here, however, several errors may occur: as the tissue depth is known for a limited number of facial landmarks only, interjacent areas are merely approximations depending on the scientist's experience or the artistic skills of the practitioner. Besides the limitation to specific landmarks available published soft tissue data often lack from small reference samples, unsuitable techniques, or insufficient background data which allow defining soft tissue thickness by age or sex. Few data including ethnicity or nutritional status are available only. Approaches through digital 3D imaging such as computed tomography may allow the use of clinical datasets of patients if the issue of position-dependent soft tissue shift is resolved (Claes *et al.* 2006a, Starbuck and Ward 2007, Wittwer-Backofen *et al.* 2007).

For practical use, two specific datasets have proved to deliver most reliable results for Europeans. They include 31 (De Greef *et al.* 2006) and 34 landmarks respectively (Helmer 1998).

Accuracy of craniofacial reconstructions

As a practitioner the author is often asked for accuracy of cfr in forensic case studies and whether this can be measured in percentages of concordance to the real face or in rates of identification success based on cfr. Both approaches, however, are not able to arrive at stable conclusions: The divergence between cfr and a real face at the most can be measured by quantifying deviations of facial element placement or in soft tissue thickness at defined landmark positions. It is questionable whether this might deliver significant results of accuracy measures given the dimensions of potential incorrect interpretations of facial element shape, texture details, mimic expressions and much more which might contribute to an even higher degree of subjective difference to the real face. To measure the success rate of identified persons may mislead due to other influencing factors: Amongst others the quality of cfr depends on the available and reconstructed information as well as on the state of preservation of the skull. The more the resulting cfr mirrors a general facial type with no individual traits, the less specific the search will be. With increasing post mortem intervals, which may exceed several years and may include a wide interval, the numbers of recognition hints decreases.

Thus, studies concerning accuracy assess empirical measurements to reduce subjectivity and increase repeatability. A review of accuracy tests assesses significant limitations of the studies as well as significant shortcomings in the cfr itself either by

techniques applied or by poor method performance depending on the skills of the practitioners (Stephan and Henneberg 2001, Stephan 2009).

Also the result represents but one snapshot out of a lifelong individual variability and may not correspond to the appearance of the person shortly before death as the skull might not bear traces of diseases, drug abuse or a dramatic change of social group affiliation.

Therefore, at present no general statement about the advantage of cfr can be given.

Technical approaches

Craniofacial reconstructions have been applied for more than a century now and have undergone a variety of methodical changes and adaptations. Early reconstructions were performed mostly by artists. Scientists then started to look for scientifically sound foundations of the artists' approaches (Wilkinson 2010). In the course of the last hundred years these methods have evolved and today a growing interest is noticeable: within the last 20 years the rapidly evolving computational power of modern computer systems has brought new advances and possibilities (a comprehensive survey on computer based methods can be found in Claes *et al.* 2010a).

The current methods to approximate an individual's face from skeletal remains can be roughly separated into the following categories.

Manual 3D reconstruction using clay modelling techniques

Tracing the first scientific approaches to generate an individual face, the Russian anthropologist Gerasimov succeeded to make use of the knowledge of individual traits of the skull and its correlated soft tissue in the 1950s (Gerasimov 1968).

Marking soft tissue depth with wooden sticks at defined landmarks of the skull helps in the 3D orientation of the facial surface. Usually a skull cast or 3D print (more recently) is used as plaster ground to preserve the original skull for further investigations. As a first layer, facial muscles are modelled in clay, plastilin, or wax according to muscle attachment markers and bone shape. After having placed eyeballs (clay modelling or glass) into the eye sockets, the final skin surface is modelled by connecting the surface marker (Fig. 1).

The principles of Gerasimov's method have been widely used, however, a precise repeatability and application of his method failed due to shortcomings in



Fig. 1: Manchester Method study, muscle layer completely modelled (in red colour), upper left facial quarter completed with skin layer.

his publications (Ullrich and Stephan 2011).

While this method is known as the “Russian method” and further developed to the “Manchester method” (Prag and Neave 1997) later on a modification has been mainly distributed among American forensic anthropologists. This “American method” works by modelling a single soft tissue layer (Taylor 2001). A reconstruction is performed much faster and with less effort but does not automatically implement a control of individual skull variability.

Artistic refinements such as single hair insertion and

detailed texture modelling are possible and used for museum presentations (www.daynes.com) but are usually not affordable in forensic case studies where readymade wigs and rough textures are used.

During the last decades, 3D plaster techniques helped in the forensic identification process of unknown bodies, as well as in museum exhibitions to visualize historical persons or even our evolutionary ancestors, pre-modern hominids.

Whereas clay modelling techniques were the most commonly applied methods since the beginning of facial

reconstructions, they have increasingly been replaced by virtual methods.

Superimposition by 2D drawing

Drawings usually are based on a 2D photograph of the respective skull. A frontal view of the skull can be provided with soft tissue markers on a transparent overlay over the photograph. They indicate the facial surface at specific landmarks as a basic orientation of the facial proportion and placement of facial elements. This method is common among illustrators in police service which are trained in drawing identikit pictures based on eyewitness descriptions (Taylor 2001, Burrath 2007).

Computer-assisted 3D reconstructions

Computer-assisted 3D cfr will become the methods of the future (Wilkinson 2005) if they manage to incorporate all advantages of the alternative methods. They should allow all 3D orientations and perspectives of the reconstructed face, fast changes of texture details such as pigmentation traits, age morphing, or nutritional status.

The methodological development of facial reconstruction techniques clearly aims towards the automation of the reconstruction process to avoid different results due to interpretation differences of the areas in-between the defined facial surface landmarks. This can be achieved by using mathematical algorithms of so called warping, delivering highest probabilities based on 3D-datasets of skulls with their known faces, which are available from CT data of medical patients. The geometric model for the image generation using such mathematical warping techniques considers not only the soft tissue thickness information of patient databases, but also their facial and skull shapes to generate a facial surface reconstruction on the skull following anatomical interrelations as analysed in the patient databases (Schlager *et al.* 2011, Wittwer-Backofen 2010, Slice 2005). As of today, the database is still very limited.

As there still is, at the moment, a significant dose of radiation involved in the computed tomography data-acquisition from patients, access to such data is restricted to clinical material for ethical reasons. Due to this, pathologically unaffected scans containing information of the whole face are rare, which makes it very difficult to establish a valid and representative sample of facial soft tissue data in correlation to the facial bone. To deal with that fact, studies are still in progress to involve information from partial head scans which are much more often available.

To reconstruct an individual's face, computer-aided approaches aim to estimate the surface of the facial skin from a database containing skull and corresponding facial surfaces extracted from CT scans taken in hospitals.

Nevertheless, first draft versions allow rough and preliminary facial estimates with a computer software that estimates the skin surface of a given skull from a database containing skull and facial soft tissue CT data: first a well-defined set of anatomical landmarks has to be placed throughout the skull, representing the shape of the osseous structure. Given this information, similarity and dissimilarity towards the already known configurations in the database can be calculated using Procrustes distance (Kendall 1984). Based on those distance measures, similar configurations within the database can be identified and an initial skin template based on weighted influence of the closest hits can be generated (Claes *et al.* 2006a). Additionally, Body Mass Index, gender and age can be taken into account to adapt the initial estimation (Claes *et al.* 2006b). This surface mesh can be fitted onto the original skull.

This has been demonstrated on the museum exhibition of the spectacular case of an impaled female skull from Langenfeld (Germany) dated into the baroque era (Schlager *et al.* 2011).

For future applications, however, larger sample sizes, a denser set of landmarks and the implementation of recently developed modelling methods (Claes *et al.* 2010b; Smeets *et al.* 2010) should lead to a statistically sound model and include texture modelling.

Additional application can benefit from the CT datasets of skulls computed 3D reconstructions are based on: They deliver basic datasets for the production of three-dimensional replicas in rapid prototyping procedures such as 3D inkjet printing in a powder bed or stereolithography. Widely applicable in anthropology, forensic case studies may profit from the use of replica in modelling procedures or the use of more robust replica during the investigation process of fragile originals (Rosendahl *et al.* 2011).

The Freiburg method: A computer-assisted 2D-reconstruction

Computer-assisted 2D facial reconstructions evolved from skull superimposition methods developed from drawings which in the beginning have been performed by using manual methods of analogue photo processing. They include photo negative superimpositions and several individually developed approaches (Ubelaker *et al.* 1992).

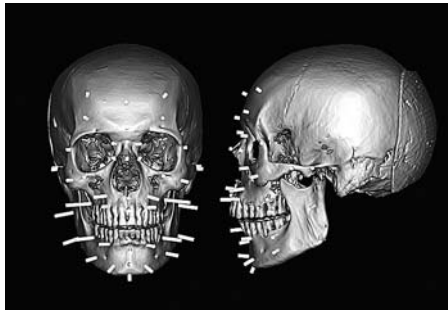


Fig. 2: Virtual placement of a template of facial soft tissue thickness marker on the CT-scan on a male skull.

The method presented here represents enhancements of a method developed in collaboration with the German Federal Criminal Department (Wittwer-Backofen 2003).

Starting with a frontal view of the skull in the Frankfort plane, either extracted from a 3D CT dataset of the respective skull, from 3D surface scanings or from scaled 2D frontal photography soft tissue distance markers are to be placed at defined landmarks of the skull to indicate the facial surface. This step has to be performed within a scaled virtual room to assure for size fitting between skull and length of soft tissue thickness markers.

Preferably the placement of the facial landmarks should be performed in the 3D modus using clinical software for 3D visualisation of CT data (Fig. 2). This guarantees the scaling of skull and size of distance markers. Software packages provide the facility of defining templates to be fused with the patients CT dataset. We predefined sets of available facial landmarks as such templates. Each template represents a set of distance markers either for a female or a male age decade, and three body mass classes as defined by the soft tissue data from Helmer (1998) and de Greef *et al.* (2006).

Once the distance markers are set, a large database of digital facial photographs in frontal position is necessary to provide a selection of facial elements which meet the individual criteria needed. Sufficient representation of both males and females is necessary. All ages have to be represented and are grouped best by decades for quick access to age specific elements. This is an important issue as all facial elements used should fit the age group to deliver a consistent face. This includes the iris of the eyes for instance.

All ethnic groups cases might belong to have to be included in the database. Also, faces representing different nutritional status and social types should be available in the database. Therefore it is obvious that a

database which accounts for all these parameters cannot be established just by collecting a number of facial photographs but has to be structured and planned for the specific purpose of making the whole scope of facial variety available. Because this is a relatively time-consuming task, available photo databases which fulfil all the requirements should be used. These can be found in Federal or State Police Departments where identikit pictures according eyewitnesses are developed. Usually the Departments exchange their image stock to upgrade their databases. In Germany the Federal Criminal Department holds such a database.

Whereas the facial database at the German Federal Criminal Department is used here an additional database initiated at the Freiburg Institute of Anthropology is applied. Besides frontal view photographs, it additionally contains lateral facial views. This enables the anthropologist to control for facial prominence, mandible incline, or nasal profile.

Importing new images into a database has to be performed while insuring personal rights of the volunteers whose photographs are being used. Besides an informed consent, the exchange of facial parts between faces of the same sex and similar age or the separation of facial parts that only leaves facial snippets for further use are suitable tools to render specific persons unidentifiable.

The photo database has to fulfil standard quality requirements for facial photographs, mainly strict frontal orientation in the Frankfort plane, background, distance, focus or light incidence. Current quality rules for passport photographs within the European Community meet these requirements and can be used to feed the databases under observation and attention of the above rights. The predefinition of facial elements like nose, mouth and eyes at the moment of database import of the photographs allows a fast and effective application later.

According to the general shape of specific facial elements, facial parts of best fit are selected from the database and inserted into a basic face model under control of skull superimposition. The adaptation of size and position of the selected facial elements has to be performed observing the anatomical rules of craniofacial correlations and the facial surface landmarks. This can be operated by using an image processing software such as Photoshop. Thus, a newly composed face may consist of elements from twenty to fifty or even more different faces. In a further step these facial snippets are fused to form a consistent face.

Additionally, the neck can be added using information of muscle attachment strength at the external occipital protuberance or the mastoid process.



Fig. 3: 2D facial reconstruction by superimposition following the Freiburg method, based on the same skull as seen in Fig. 2.

The last step adds traits of facial texture such as wrinkles, pigmentation, and hairstyle from the database as well. In a final revision, specific clothes might be chosen or jewellery may be inserted according to findings which are photographed and adapted for size (Fig. 3).

As especially hairstyle contributes to the recognition value significantly, this information has to be inserted carefully. Preserved scalp hair delivers valuable information about the hairstyle. A few hairs adhered to the skull bone are found regularly and can be useful to identify colour, length or style after washing procedures.

These parameters can be regarded as an interpretation based on life history parameters of the individual person (Fig. 4).

To avoid the fixation of the observer to a potentially not appropriate detail such as hairline position or eyebrows, these parts should be shaped inconspicuously. Appropriate tools are soft-focus-effects or contour blurring. For the same reason the face should be low-coloured or even greyscaled because a wrong and striking eye colour for example may mislead the observer. Greyscale images leave enough scope for interpretation and may contribute significantly to the recognition success.

However, facial proportions of the reconstructed face should be consistent with the face in reality within a small error band and should deliver stable results.

The resulting face represents a passport-type photograph which is recommended for short exposure in television broadcasting or in a soft-focus version for print media. The perception of a facial type with specific



Fig. 4: Deviation of hair style and recognition value in a forensic case, from left to right: 2D reconstruction with the Freiburg method, identified person, facial reconstruction with the hairstyle of the missing person.

shape proportions should be achieved when the public is involved.

It is also useful to screen lists of missing persons which are in most cases represented by passport photographs in the police search systems such as provided by Europol, the international European Police Office. It may speed up the search by pre-selections of a potential number of missing persons whose facial proportions and type fit the facial reconstruction besides other information such as age.

As with the results achieved from alternative reconstruction methods, the final face is not suitable to compare facial details with those of missing persons. Thus, presenting such a face to a family member of a missing person familiar with his facial details and mimics may not lead to recognition.

This method is applied to a variety of forensic cases and in practical use proves as cost-efficient and fast method which meets all requirements of police search (Fig. 5). After CT scanning of the skull, the virtual



Fig. 5: Facial reconstructions by the Freiburg method and identified persons (each case reconstruction left, identified person right).

landmark placement takes a few hours if predefined templates are available. After having produced a frontal view the actual computer-based reconstruction takes five to ten hours depending on the number of different facial snippets to be inserted.

Outlook

With the 2D superimposition methods, as presented here or elsewhere (Birngruber *et al.* 2010) a simple but effective way of constructing a face according to the knowledge of facial element positioning and soft tissue thickness has been developed. Those methods increasingly overcome the classical clay modelling techniques. Taking into account the intensive research including 3D imaging techniques, future approaches will clearly aim towards automation processes to improve repeatability and facial shaping depending not on few landmark positions only. Individual shape analysis and interdependency of cranial traits and their corresponding facial traits may lead to more specific results. As this research topic is not only interesting for forensic anthropology, but also, for example, facial surgery or biometric identification systems, research involves a large community of scientists and therefore develops quickly. In the future, user-friendly computer programmes might enable less skilled practitioners to achieve suitable results. Latest developments in facial reconstruction research are available at <http://www.craniofacialidentification.com/index.html>.

Acknowledgements

The author thanks Mareen Kästner for her help with the English version and for numerous valuable notes.

References

- Baccino E 2005. *Forensic Anthropology Society of Europe (FASE), a subsection of the IALM, is 1 year old*. International Journal of Legal Medicine 119: N1.
- Berge C, Daynes E 2001. *Modeling three-dimensional sculptures of australopithecines (Australopithecus afarensis) for the Museum of Natural History of Vienna (Austria): the post-cranial hypothesis*. Comparative Biochemistry and Physiology 131 (1): 145–157.
- Birngruber C, Kreutz K, Ramsthaler F, Krähahn J, Verhoff MA 2010. *Superimposition technique for skull identification with Afloat® software*. International Journal of Legal Medicine 124: 471–475.
- Brickley MB, Ferllini R (eds) 2007. *Forensic anthropology: case studies from Europe*. Charles C. Thomas Publisher Ltd. Springfield, IL.
- Burrath S 2007. *Rekonstruktion der Gesichtsweichteile auf dem Schädel*. In: Herrmann B, Saternus K. *Kriminalbiologie*. Springer. Berlin Heidelberg New York, 145–167.
- Claes P, Vandermeulen D, De Greef S, Willems G, Suetens P 2006a. *Craniofacial reconstruction using a combined statistical model of face shape and soft tissue depths: Methodology and validation*. Forensic Science International 159:147–158.
- Claes P, Vandermeulen D, De Greef S, Willems G, Suetens P 2006b. *Statistically Deformable Face Models for Cranio-Facial Reconstruction*. Journal of Computing and Information Technology – CIT 14: 21–30.
- Claes P, Vandermeulen D, Greef SD, Willems G, Clement JG, Suetens P 2010a. *Computerized craniofacial reconstruction: Conceptual framework and review*. Forensic Science International 201:138–145.
- Claes P, Vandermeulen D, Greef SD, Willems G, Clement JG, Suetens P 2010b. *Bayesian estimation of optimal craniofacial reconstructions*. Forensic Science International 201:146–152.
- De Greef S, Claes P, Vandermeulen D, Mollemans W, Suetens P, Willems G. 2006. *Large-scale in-vivo Caucasian facial soft tissue thickness database for craniofacial reconstruction*. Forensic Science International 159: 127–146.
- Gerasimov M 1968. *Ich suchte Gesichter*. Bertelsmann. Bielefeld.
- Helmer R. 1998. *Identifizierung unbekannter, unkenntlicher Leichen mittels bildtechnischer oder rekonstruktiver Verfahren*. In: Leopold D 1998. *Identifikation unbekannter Toter*. Schmidt-Römhild. Lübeck.
- Kendall DG 1984. *Shape Manifolds, Procrustean Metrics, and Complex Projective Spaces*. Bulletin of the London Mathematical Society 16: 81–121.
- Kranioti EF, Paine RR 2010. *Forensic Anthropology in Europe: an assessment of current status and application*. Journal of Anthropological Sciences DOI: 10.4436/jass.89002.

- Prag J, Neave R 1997. *Making faces: using forensic and archaeological evidence*. British Museum Press. London.
- Püschel K, Wiechmann R, Bräuer G 2004. *Störtebeker und die Piratenschädel von Grasbrook*. Hamburger Ärzteblatt 2004 (11): 506–511.
- Rosendahl W, Fink C, Gill-Frerking H, Henzler T, Monreal M, Wittwer-Backofen U 2011. *Von Ahn Gesicht zu Angesicht – Zu Untersuchungen von übermodellierten Schädeln und Schädelmasken aus Papua Neuguinea mit modernen Hightech-Methoden*. In: Reiss Engelhorn Museum Mannheim (Hrsg). Schädelkult. Mannheim, pp 191–195.
- Schlager S, Pieper P, Wittwer-Backofen U 2011 *in print*. *Execution and determent – Giving a face to the Langenfeld skull*. Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie 16 (1–2): 63–70.
- Slice DE 2005. *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. Kluwer Academic. New York.
- Smeets D, Claes P, Vandermeulen D, Clement JG 2010. *Objective 3D face recognition: Evolution, approaches and challenges*. Forensic Science International 201:125–132.
- Starbuck JM, Ward RE 2007. *The affect of tissue depth variation on craniofacial reconstructions*. Forensic Science International 3:130–6.
- Stephan CN 2009. *The accuracy of facial “reconstruction”: a review of the published data and their interpretive value*. Minerva Medicolegale 129 (1): 47–60.
- Stephan CN, Henneberg M 2001. *Building faces from dry skulls: are they recognized above chance rates?* Journal of Forensic Sciences 46 (3):432–440.
- Stephan CN, Murphy SJ 2008. *Mouth width prediction in craniofacial identification: cadaver tests of four recent methods, including two techniques for edentulous skulls*. Journal of Forensic Odontostomatology 27 (1): 2–7.
- Tanaka JW, Kay JB, Grinnell E, Stansfield B, Szechter L 1998. *Face Recognition in Young Children: When the Whole is Greater than the Sum of Its Parts*. Visual Cognition 5 (4): 479–496.
- Taylor K 2001. *Forensic Art and Illustration*. CRC Press. Boca Raton, London, New York, Washington.
- Ubelaker D, Bubniak E, O'Donnel G 1992. *Computer-assisted photographic superimposition*. Journal of Forensic Sciences 37: 750–762.
- Ulrich H, Stephan CN 2011. *On Gerasimov's Plastic Facial Reconstruction Technique: New Insights to Facilitate Repeatability*. Journal of Forensic Sciences, doi: 10.1111/j.1556-4029.2010.01672.x.
- Vignal JN, Schuliar Y 2002. *Computer-assisted facial reconstruction – three years' results and new perspectives*. The 10th meeting of the International Association for Craniofacial Identification. September 11–14, 2002, Bari, Italy, Lecture B19.
- Wilkinson C 2005. *Computerized Forensic Facial Reconstruction*. Forensic Science, Medicine, and Pathology 1: 173–177.
- Wilkinson C 2010. *Facial reconstruction – anatomical art or artistic anatomy?* Journal of Anatomy 216 (2): 235–250.
- Wittwer-Backofen U 2003. *Identifizierungshilfen am Leichnam: Die Gesichtsrekonstruktion*. Bundeskriminalamt Infoblatt Nr. 8. Wiesbaden.
- Wittwer-Backofen U 2010. *Facial Reconstruction of Mummies – The Example of Baron von Holz*. In: Wieczorek A, Rosendahl W (eds.). *Mummies of the World*. Prestel. Munich, Berlin, London, New York, 257–259.
- Wittwer-Backofen U, Prieels F, Hering P 2007. *Improvements in soft tissue data for facial reconstructions*. In Buzug TM, Sigl K-M, Bongartz J, Prüfer K (eds). *Facial Reconstruction. Forensic, Medical and Archeological Methods of the Reconstruction of Soft Facial Parts*. Bundeskriminalamt. Luchterhand Verlag, 146–158.
- Zhao W, Chellappa R, Philipps PJ, Rosenfeld A 2003. *Face Recognition: A Literature Survey*. ACM Computing Surveys 35 (4): 399–458.
- Zollikofer CP, Ponce de Leon M 2005. *Virtual Reconstruction. A Primer in Computer-Assisted Paleontology and Biomedicine*. Wiley VCH. Weinheim, Berlin.

Address:

Ursula Wittwer-Backofen
Dept. of Anthropology
Albert-Ludwigs-University Freiburg
Hebelstr. 29
79104 Freiburg
Germany
Phone: +49 (0) 761 203 6896
E-mail: ursula.wittwer-backofen@uniklinik-freiburg.de

Figure proof

Figure 1

Anthropology Freiburg, Jasma Dare for Klassik Stiftung Weimar, Photo: Franz Ehret

Figures 2–5

Anthropology Freiburg

Künstliche Schädeldeformierungen – ein uraltes und weltweites Phänomen

[Artificial cranial deformation – an old und worldwide phenomenon]

GERHARD HOTZ,¹ LISELOTTE MEYER¹

¹Naturhistorisches Museum, 4001 Basel, Schweiz

Zusammenfassung

Künstliche Schädeldeformationen stellen eines der faszinierenden Phänomene der Kulturgeschichte des Menschen dar. Es ist eine der vielen Varianten des Körperschmucks und kann zum Beispiel mit Tätowierungen oder Zahnfeilung verglichen werden. Künstliche Schädeldeformierung ist ein weltweites Phänomen und wird auch heute noch in mehr oder weniger starker Form ausgeführt. Früheste Spuren von intentionellen Schädelverformungen finden sich in Nordostafrika, in Äthiopien, und weisen ein Alter von schätzungsweise 8000 bis 10'000 Jahren auf. Vermutlich hat sich dieser Brauch über den Mittleren Osten und Asien ausgebreitet, um schliesslich seinen Weg nach Westen über den Kaukasus nach Mitteleuropa zu finden.

Schlüsselwörter: Körperschmuck, künstliche Schädeldeformierung, pathologische Schädeldeformierung

Summary

Artificial cranial deformation is one of the fascinating phenomena of human cultural history. It is one of many varieties of body embellishment comparable to tattoos or tooth filing. Artificial skull molding is a worldwide phenomenon still practised nowadays in its different forms.

Earliest traces of intentional skull molding are found in Northeastern Africa and Asia dating back up to approximately 8'000 to 10'000 years. This custom probably spread out over the Middle East and Asia over the Caucasus to finally find its way westwards to Central Europe.

Keywords: Artificial cranial deformation, intentional cranial vault deformation, head molding, pathological cranial deformation, body modification, body embellishment

Einleitung

Bereits in urgeschichtlicher Zeit versuchte der Mensch sein Aussehen mit unterschiedlichen Mitteln einem Schönheitsideal anzupassen oder mit Veränderungen des Äusseren einen neuen sozialen Status anzuzeigen. Ob es darum ging, sich von einer Mehrheit abzugrenzen oder die Zugehörigkeit zu einer sozialen Gruppe zu signalisieren, bleibt im Einzelfall und im kulturellen Kontext zu bestimmen. Dabei diente der Körper als Kommunikationsmittel, als körpereigene Werbefläche, um spezifische Botschaften zu vermitteln. Dabei stellen künstliche Schädeldeformierungen nur eine von zahlreichen Ausdrucksformen dar. Die Vielfalt der Aussehensveränderungen können unter dem Begriff Körperschmuck oder in Neudeutsch *Body Art* oder *Body Modification* subsumiert werden. Erscheinungsformen

des Körperschmucks wie die Tätowierung oder das Piercing sind uns heute allgegenwärtig.

Künstliche Schädeldeformierung, also die absichtliche und irreversible Formveränderung des Säuglingskopfes, wie fremd uns diese auch heute erscheinen mag, stellt nur eine der aussergewöhnlichsten Formen des Körperschmucks dar. Bemerkenswert auch insofern, als der Kopf in den vielen Kulturen als Sitz des Geistes oder der Seele gilt und einer Veränderung der Kopfform eine besondere Bedeutung zukommt. Der Kopf stellte immer wieder ein begehrtes Objekt für visuelle oder rituelle Deformierungen dar (Abb. 1).

Überrascht stehen wir vor der Tatsache, dass vor 1'500 Jahren solche Deformierungen eine gängige Praxis in Mitteleuropa darstellten. Befremdlich die Einsicht, dass noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts in



Abb. 1: Künstlich deformierter Schädel aus dem frühmittelalterlichen Gräberfeld Basel-Kleinhüningen (Mann, 50–59 Jahre, Grab 7B, NMB-1745; 5. bis 8. Jahrhundert).

bestimmten Regionen Frankreichs absichtliche Schädeldeformierungen durchgeführt wurden.

Das wirft natürlich die Fragen nach dem wie und warum auf. Wieso wurden in unseren Breitengraden solche ungewöhnlichen Praktiken durchgeführt? Was wollte man damit bezwecken? Woher stammten diese Rituale? Wie wurde die Formveränderung des Schädels bewirkt, und hatte dies Folgen für die Gesundheit?

Schädeldeformierung – eine der zahlreichen Varianten des Körperschmucks

Bevor wir auf diese Fragen eingehen, müssen wir einige Punkte klären. Körperschmuck – *Body Modification* – ist eine uralte Tradition menschlicher Selbstdarstellung. Die Schädeldeformation gehört ethnologisch in den Bereich des Körperschmucks. Neben der Schädel- und Körperdeformation gehören auch der Epithelschmuck sowie körperdeformierender Schmuck dazu (Alt 2006).

Mit Körperschmuck fassen wir alle jene Bestrebungen und Veränderungen zusammen, die das

äussere Erscheinungsbild des Menschen verändern. Faszinierend sind die angewandten Mittel, der Erfindungsreichtum, die kreative Kraft, die sich hinter den verschiedenen Ausformungen verbirgt. Dabei können gewisse Ergebnisse, die mit einer Verstümmelung bestimmter Körperteile einhergehen, erschreckend sein.

Die verschiedenen Formen der Körperbemalung, der Tattoos, die Formen der Narbenverzierung, die wir vor allem auf dem afrikanischen Kontinent finden, wo sich Tattoos kaum von der dunklen Haut abheben würden, ergeben eine vielfältige Palette der Ausdrucksformen. Dabei geht die Bezeichnung Tattoo auf die Insulaner Polynesiens im Pazifischen Ozean zurück und drückt mit „Tatau“ lautmalerisch das Klopfen des Tätowierungsinstruments aus. Tattoos können eine Stammeszugehörigkeit oder den sozialen Status einer Person ausdrücken. In der Südsee war die Tätowierung ein Recht der Vornehmen. Bei den Maoris in Neuseeland konnte ein Tattoo einen Stammeshäuptling auszeichnen (Kasten 2007). Haartracht, Lippenschmuck, Piercings, Zahnfeilungen und -färbungen und Zahnextraktion stellen weitere Ausdrucksmöglichkeiten des Körperschmucks dar. Rituelle Zahnextraktionen symbolisierten den Übergang ins Erwachsenenendasein. Berühmt sind die langen Hälse der Padaung-Frauen aus der Grenzregion zwischen Thailand und Burma. Ab dem fünften Lebensalter legen die Mädchen ihren ersten Metallring an. Ungefähr alle zwei Jahre wird ein neuer Metallring hinzugefügt und betont auf diese Weise die Überlänge des Halses. Je länger der Hals, umso grösser die Attraktivität der Frau (Kroeber-Wolf 2006). Ein weiteres schmerzhaftes Kapitel der *Body Modification* stellen die eingeschnürten Füsse chinesischer Frauen dar. In China galt eine Frau mit winzigen Füßen als vornehm und begehrenswert. Ihren Ursprung soll diese Fussverkrüppelung am chinesischen Kaiserhof bei adligen Damen genommen haben. Mit dem vierten Lebensjahr wurden den vornehmen Mädchen die Füße eingebunden. Frauen mit derart deformierten Füßen konnten sich nicht mehr ohne Unterstützung fortbewegen. Diese Deformierung verbreitete sich aus dem kaiserlichen Palast in die höheren Gesellschaftsschichten und wurde später auch von den sozial tiefer stehenden Schichten nachgeahmt. Wir werden sehen, dass sich ein solcher Nachahmungseffekt auch im europäischen Raum für die Schädeldeformierungen vermuten lässt. Heute werden keine Fussdeformierungen mehr durchgeführt. Weniger gravierend scheinen die Einschnürungen der weiblichen Taille, vorgegeben durch ein modisches Diktat. Betroffen waren wiederum Damen der höheren Gesellschaftsschichten des 18./19. Jahrhunderts. Trotzdem konnten diese Korsetts zu

Deformierungen der Rippen und zu gesundheitlichen Problemen führen (Winkler und Schweikhardt 1982).

Schönheitsoperationen der weiblichen Brust waren bei historischen Bevölkerungen kein Thema. Aber sehr wohl die Beeinflussung der Form des Busens. Durch Einbindung der weiblichen Brust beeinflussten z.B. die Aschanti-Frauen die Form ihres Busens (Kasten 2007).

Durch die Operationstechniken der modernen Medizin sind neue Möglichkeiten der Körpermodifikation eröffnet worden, es sei hier nur das Beispiel der Beinverlängerung oder der kosmetischen Gesichtschirurgie erwähnt.

Es stellt sich die berechtigte Frage, was diesen Körpermodifikationen gemeinsam zugrunde liegt. Lässt sich eine universelle, über alle Kulturen hindurch, erkennbare Absicht erkennen? Offenbar scheint jede Gesellschaft, jede Religion und Kultur ihre eigenen Regeln und Vorstellungen hierzu entwickelt zu haben (Kroeber-Wolf 2006). Letztendlich steht hinter diesen Modifikationen als treibende Kraft der Wunsch, sich zu unterscheiden. Sei dies in Rahmen einer Gruppenzugehörigkeit, einer Abgrenzung nach aussen, dem Nacheifern eines Schönheitsideals, oder in der heutigen Zeit einer Betonung der eigenen Individualität.

Schädeldeformierung – absichtlich, unabsichtlich oder krankhaft?

Schädeldeformierungen lassen sich nur im Kindesalter durchführen, wenn die Schädelnähte noch nicht verwachsen sind und die einzelnen Schädelknochen sich plastisch dem Wachstum des Gehirns anpassen können. Dabei hat die Gehirnentwicklung in der frühkindlichen Phase ihren grössten Wachstumsschub (Alt 2006). Eine solche Schädeldeformierung stellt also eine von den Eltern oder den Angehörigen absichtlich durchgeführte und irreversible Veränderung der Schädelform in der frühen Kindheit dar. Dabei widerspiegelt diese Praxis eine parentale Investition an Zeit und Energie in die Zukunft ihres Sprösslings. Das Kind selbst kann sein Einverständnis zur Deformierung nicht geben (Torres-Rouff und Yablonsky 2005).

Neben den absichtlichen Deformierungen müssen wir bei Abweichungen von der „normalen“ Schädelform noch weitere Ursachen in Betracht ziehen (Billard und Simon 1995). Zum Beispiel können Fehllagerungen des Säuglings unbeabsichtigt zu Verformungen des Hinterhaupts führen.

Zudem kann das frühzeitige Verwachsen einer Schädelnaht in einer asymmetrischen und daher ungewöhnlichen Schädelform resultieren. Es liegt damit

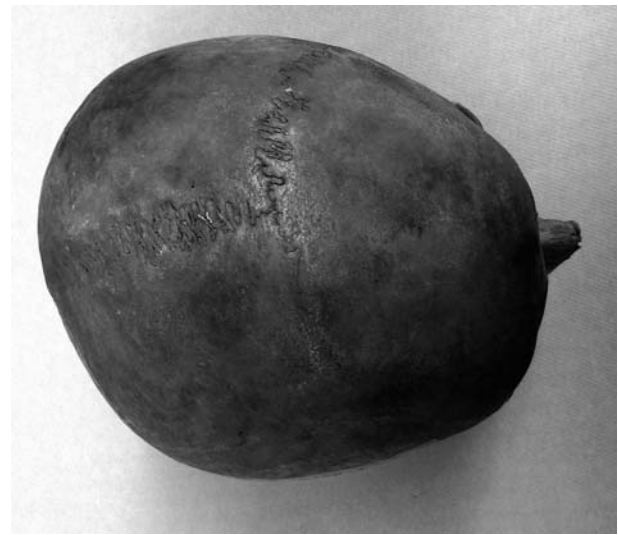


Abb. 2: Schiefschädel aufgrund der frühzeitig verwachsenen rechten Kranznaht (Mann, 51 Jahre alt, NMB-2932, 19. Jahrhundert).

ein pathologischer Befund vor. Verwächst eine der beiden Kranznähte (Schädelnaht zwischen Stirn- und Scheitelbein) bildet sich ein Schiefschädel (Abb. 2). Verwächst die Scheitelsnaht (Schädelnaht zwischen den beiden Scheitelbeinen) frühzeitig, bildet sich ein so genannter Turmschädel. Der Schädel wächst also in die Höhe.

Diese drei ursächlich unterschiedlich bedingten, aber von der Erscheinungsform ähnlichen Deformierungen – die absichtlichen, unabsichtlichen und krankhaften – müssen klar unterschieden werden.

Absichtliche (intentionelle) Schädeldeformierung

Die intentionelle Schädeldeformierung war ein weltweites Phänomen und wurde an verschiedenen Orten auf der Welt unabhängig voneinander praktiziert (Melk-Koch 1999, Tritsaroli 2011). Die ältesten bekannten Deformierungen dürften 15'000 Jahre alt sein (Clark 2007). Einzelne Autoren schreiben bereits den Neanderthalern aus Shanidar vor 43'000 Jahren die Kenntnisse der Schädeldeformierung zu (Trinkaus 1982). Dies wird aber von vielen Forschern stark in Zweifel gezogen (Alt 2006).

Belege zu absichtlich durchgeführten Schädeldeformierungen liegen uns aus historischen Quellen, aus Berichten von Forschungsreisenden und aus zahlreichen archäologischen Skelettserien vor. Vor allem die

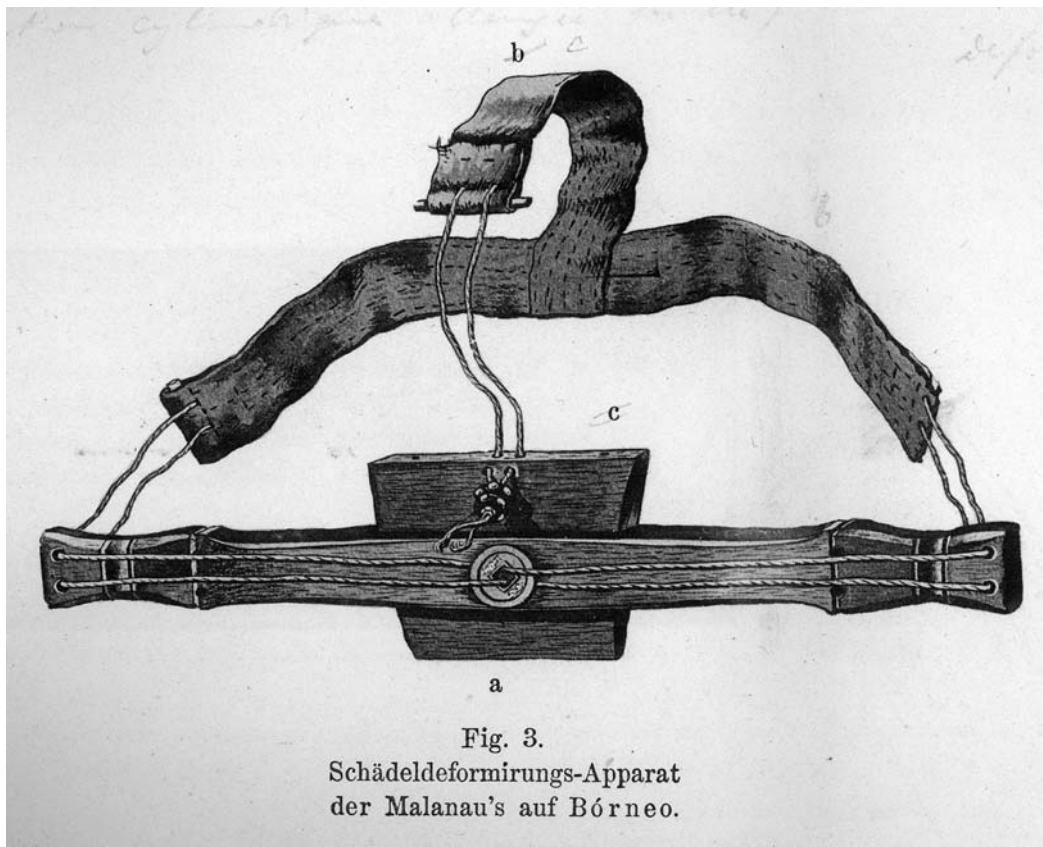


Abb. 3: Beispiel eines „Schädeldeformierungs-Apparates“ aus Borneo (aus Meyer 1881, Fig. 3).

Berichte der Forschungsreisenden geben uns einen detaillierten Einblick in die verwendeten Techniken, Abläufe und Motivationen der intentionellen Schädeldeformierungen. Hingegen schweigen die archäologischen Quellen in der Regel zu den Beweggründen der urgeschichtlichen Deformierungen. Darum sind wir auf Analogievergleiche aus ethnografischen Quellen angewiesen, wenn wir mögliche Erklärungen für die europäischen Deformierungen finden wollen. Dass hier Vorsicht geboten ist, wird sich noch zeigen.

Ethnologische Quellen

Für die Region Nord Celébes in Indonesien beschreibt uns der Forschungsreisende Riedel Ende des 19. Jahrhunderts die Deformierungsprozedur in eindrücklichen Worten: „Man umwindet die Schädel der Kinder mit ausgeklopfter Rinde von dem Lahendang

Baume, später mit Baumwolle und klemmt sie vorn und hinten zwischen zwei Brettern; sie bekommen dadurch eine ungewöhnliche Breite, welche für einen besonderen Zug von Schönheit gehalten wird. Ein Kind wird gewöhnlich vier bis fünf Monate zwischen Bretter gelegt“ (zit. nach Meyer 1881). Riedel beschreibt eine weitere Methode, die in Form einer Wiege in Buol (Nord Celébes) verwendet wurde. Hier wurden adlige Kinder für die Dauer von sechs bis acht Monate auf einer Art Wiege festgebunden und nur nach jedem zweiten Tage zum Baden losgemacht. In Central Celébes wurde ein ähnlicher Apparat für die Knaben verwendet, deren Schädel 40 Tage nach der Geburt zwischen drei Brettern eingeklemmt wurden. Diese Tortur sollte die Knaben zu unerschrockenen Kriegerern formen. Den Mädchen hingegen wurden mittels ausgeklopfter Baumrinde ein Stück getrockneter Erde, proempe genannt, gegen die Stirne gepresst. Die solcherart breit deformierte Stirne galt ihnen als Schönheitsideal (Meyer 1881).



Abb. 4: Einfache zirkulare Bandagierung nach Billard und Simon 1995, S. 24, Variante 2 (Frau, 20–39 Jahre, Aimara, Titicacabecken, Peru/Bolivien, NMB-4569).



Abb. 5: Doppelte Bandagierung über das Frontale und Parietale, nach Billard und Simon 1995, S. 24, Variante 3 (Huacho, S. Tenjillo, Peru, NMB-39).

Wie sich eine solche Tortur für einen Säugling anfühlte, ist nur schwer nachvollziehbar. Der Forschungsreisende Lewis beschrieb zu Beginn des 19. Jahrhunderts seine Eindrücke zu den Schädeldeformierungen bei einem Besuch bei den Chinook. Die Chinook waren eine indigene Bevölkerung im Nordwesten der Vereinigten Staaten, die für ihre flachen Stirnen weit herum bekannt waren. Die Chinook legten ihre Säuglinge auf Wiegenbretter, bei welchen ein bewegliches Holzbrettchen gegen die Stirn des Kindes gepresst wurde. Lewis beschrieb einen Säugling, dessen Augen durch die straff angezogenen Bandagen aus den Höhlen hervorgequollen sein sollen wie die Augen einer Maus, die gefangen in einer Fall erstickte (Tubbs 2006).

Materialien und Methoden der Schädeldeformierung

In den Beschreibungen von Riedel wurden bereits die vielfältig verwendeten Materialien wie Brettchen, getrocknete Erde (Steine), ausgeklopfte Baumrinde, Baumwolle (Bandage) aufgeführt. Zudem lassen sich aus seinen Beschreibungen zwei der am häufigsten verwendeten Methoden erkennen:

- Schädeldeformierung mittels einfacher Bandagierung
- Schädeldeformierung mittels festen, planen Flächen (Brettchen, Steine usw.)

Schädeldeformierungen durch einfache Bandagierung führten zu langen, nach hinten gestreckten Schädeln mit flacher Stirne. In der Fachwelt wird dies als die zirkulare Methode bezeichnet (Clark 2007, Abb. 4).

Die zirkulare Schädeldeformierung konnte natürlich auch in Variationen angewendet und z. B. mithilfe von zwei unterschiedlich verlaufenden Bandagen durchgeführt werden. Dabei umschnürt die erste Bandage den Kopf ausgehend von der Stirne zum Nacken hin. Die zweite Bandage kann variabel entweder vom Scheitel des Schädels zum Nacken führen oder, wie von Kustar (1999) vorgeschlagen, vom Scheitel zum Kinn hin (Abb. 5). Als Folge der zwei begrenzenden Bandagen wächst der Schädel in Richtung Scheitelpunkt und es entsteht eine betont hohe Stirn. Dabei lassen sich teilweise am Schädelknochen Schnurfurchen erkennen, die durch die Bandagen hervorgerufen wurden (Kustar 1999). Die zweite häufig angewandte Methode wird als fronto-occipitale Deformierung bezeichnet. Der Kopf des Kindes wird dabei mit Hilfe von Brettchen (oder Steinen) an Stirne und/oder Hinterhaupt mit entsprechenden Bandagen eingeeengt (Abb. 6). Die begrenzenden Brettchen bewirken ein Wachstum in die Höhe und in die Breite. Dabei passen sich die Stirn und das Hinterhaupt der vorgegebenen Form der Brettchen an und erhalten solcherart eine plane Fläche. Diese Menschen zeichnen sich durch eine steile und plane Stirne und durch einen kleinen Schädel Durchmesser aus (Clark *et al.* 2007, Tritsaroli 2011, Abb. 6).



Abb. 6: Doppelte Bandagierung mit Einsatz eines frontal gelegenen Holzbrettchens (oder Stein), nach Billard und Simon 1995, S. 24, Variante 1 (Mann, 25–30 Jahre, Vanuatu, Süd-Malekula, Melanesien, NMB-456).

Gesundheitliche Spätfolgen der Schädelstörung

Die Befindlichkeit des Säuglings wurde bereits oben angesprochen. Allfällige gesundheitliche Spätfolgen werden selten in der anthropologischen Literatur diskutiert. Die meisten Autoren gehen aber davon aus, dass es keine solchen gibt. In der neueren Literatur werden nun aber durchaus solche thematisiert. Neben chronischem Überdruck im Schädelinneren sollen Personen mit Deformationen auch anfälliger auf verschiedene Krankheiten sein. Zudem soll es häufiger zu Prognathie des Gebisses (Vorstehen der oberen Zahnreihe), Verengung der Augenhöhlen, Arthrose der Unterkiefergelenke und anderen Beschwerlichkeiten kommen (Josza und Pap 1992, Alt 2006, Kustar 1999).

Unabsichtliche Schädeldeformierung in der heutigen Zeit

In der heutigen Zeit treten bei Kleinkindern wieder vermehrt harmlose Formen der unabsichtlichen Schädeldeformierung in Folge von kindlicher Fehllagerung auf. Säuglinge werden als Vorsichtsmassnahme zur Vermeidung des plötzlichen Kindstods vermehrt in Rückenlage zum Schlafen gelegt. Schlafen

in der Rückenlage soll das Risiko des plötzlichen Kindstods vermindern. Diese einseitige Schlafposition hat zu einem erhöhten Auftreten von haltebedingten Asymmetrien des Hinterkopfs geführt. Als Gegenmassnahmen werden besorgten Eltern das Tragen einer speziellen Helms oder das Anbringen von Bandagen empfohlen. Nach Tubbs (2006) soll sich diese Asymmetrie des Hinterkopfs von selbst wieder ausgleichen.

Interessanterweise sind aus der Geschichte Europas vergleichbare haltungsbedingte Schädeldeformierungen bekannt, die sich bis fast in unsere Zeit erhalten haben. Aus Frankreich und der Schweiz sind zahlreiche Fälle von unfreiwilliger Schädeldeformierung nachgewiesen, die durch Kopfbänder und Kinderhauben verursacht wurden. Dabei verlief das Kopfband über die Stirnfontanelle zum Nacken und verursachte im Scheitel des Kopfs eine deutlich erkennbare Delle (Broca 1871). Broca geht dabei von einer unbeabsichtigten Schädeldeformierung aus, die sich aus einer Mode und Gewohnheit heraus ergab. Ganz anders sieht der berühmte Anthropologe die sogenannte „Déformation toulousaine“, die eine starke und klar zu erkennende Deformierung darstellt (Broca 1871, Meyer 1881, Billard und Simon 1995, Alt 2006, Abb. 7).

Diese auffälligen Schädeldeformationen wurden ebenfalls durch Kinderhauben und Kopfbänder verursacht und sollen nach Broca bei jungen Männern weniger stark ausgefallen sein als beim weiblichen Geschlecht. Die Mädchen trugen diese Kopfbedeckung in der Regel bis zur Verheiratung, Knaben nur bis zum achten Lebensjahr (Broca 1871, Winkler und Schweikhardt 1982). Nach Broca soll diese spezielle



Abb. 7: Parietalansicht an eine intentionelle Schädeldeformation aus Melanesien (Mann, 25–30 Jahre, Vanuatu, Süd-Malekula, Melanesien, NMB-471).

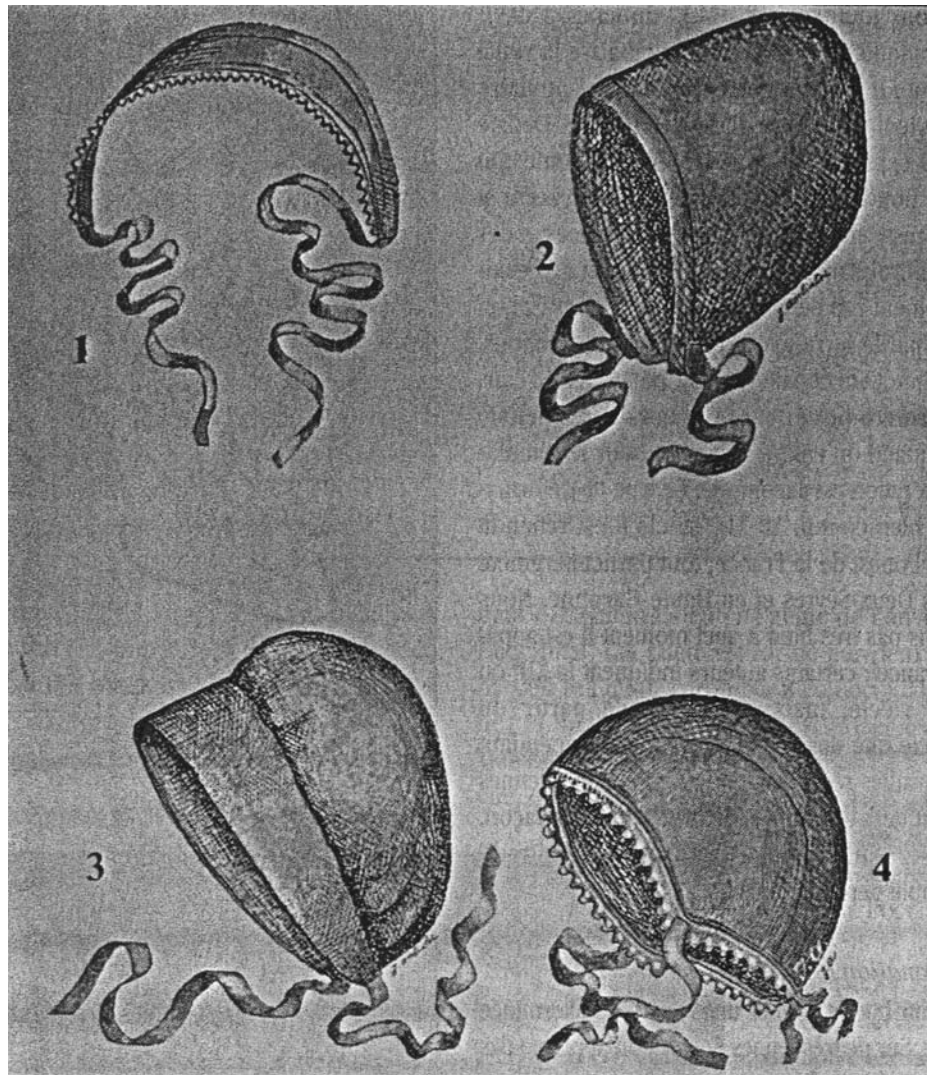


Abb. 8: Kinderhauben, wie sie bis Ende des 19. Jahrhunderts noch verwendet wurden (aus Billard und Simon 1995, S. 24.).

Tradition sich auf bestimmte Regionen Frankreichs wie die Haute Garonne und die L'Aude beschränkt haben. Der Autor stellte 1871 in Paris den Fall einer damals kürzlich verstorbenen 74-jährigen Frau aus Toulouse vor. Die Dame wurde 1797 geboren und wies eine ausgesprochen starke Schädeldeformation auf. Broca geht davon aus, dass im 14./15. Jahrhundert diese Tradition von Belgien aus in den erwähnten Regionen heimisch und bis Ende des 18. Jahrhunderts ausgeübt wurde.

In der heutigen Zeit sollen sich noch leichte bis starke Formen der künstlichen Schädeldeformationen im Gebiet der Neuen Hebriden (Südsee), Karibik, der Philippinen, in Zentralasien, in Amerika, im Irak, in

Teilen Afrikas und bei den Arawe (Neuguinea) finden (Winkler und Schweikhardt 1982, Fitz Simmons 1998).

Motivation im ethnologischen Kontext

Zahlreiche ethnologische Quellen geben Einblick in die unterschiedlichen Beweggründe, die zu intentionellen Schädeldeformationen führten. Einige Beweggründe wurden oben bereits für Indonesien (Celébes) angeführt und betreffen die Abgrenzung der vornehmen gegenüber den einfachen Bevölkerungsschichten. Zudem sollen Schädeldeformationen angehenden Männern ein kriegerisches Aussehen verleihen,



Abb. 9: Künstlich deformierter Schädel eines dreijährigen Kindes (Chancay, Lauri, zentrale Küste von Peru, NMB-1555).

hingegen stand bei den Frauen das Schönheitsideal im Vordergrund (Meyer 1881).

Die soziale Abgrenzung wird auch in der ältesten schriftlichen Überlieferung durch Hippokrates thematisiert. In seiner Schrift „Über die Umwelt“ erwähnt Hippokrates die Anwohner des Asowschen Meeres, die er als Makrokephale bezeichnete und die langköpfige Menschen, also Menschen mit einer Schädeldeformierung, als Angehörige der edelsten Menschenrasse betrachteten (Tubbs 2006, Winkler und Schweikhardt 1982).

Mit der spanischen Eroberung Amerikas tauchen im 16. Jahrhundert die ersten schriftlichen Hinweise zu den südamerikanischen Schädeldeformierungen auf. So beschrieben die spanische Eroberer Schädeldeformierungen als Mittel der Inka-Elite, um sich sozial abzugrenzen (Torres-Rouff und Yablonsky 2005). Zudem sollen die Inkas daran geglaubt haben, dass eine flache Stirn die Kinder gehorsamer machen würde (Tubbs *et al.* 2006). Interessant in diesem Zusammenhang ist auch der Versuch der katholischen Kirche den Indianern Perus die Deformierung zu verbieten (Winkler und Schweikhardt 1982).

Bei den Songish in British Colombia wurden Menschen mit undeformierten Köpfen als „krank“ aussehend empfunden. Den Arawe aus Melanesien galt ein „langer Schädel“ als schön und dem anderen Geschlecht gegenüber als attraktiv (Clark 2007).

Diese Zusammenstellung liesse sich noch beliebig verlängern, sie zeigt uns bereits eine Vielzahl an

Beweggründen. Die Hauptmotivation, die zu Schädeldeformierungen Anlass gab, lag einerseits im Bestreben sich sozial oder ethnisch abzugrenzen und andererseits kann sie der Ausdruck eines spezifischen Schönheitsempfindens sein. Seltener wurden Gesundheit, körperliche und seelische Stärke thematisiert.

Hunnen, Germanen und wie sich der Brauch der Deformierung nach Europa verbreitete

Sowohl in der Alten, als auch in der Neuen Welt lässt sich ein hohes Alter der Schädeldeformierungen nachweisen. Aus Frankreich wurden künstlich deformierte Schädel aus der Jungsteinzeit beschrieben. Aus Italien und Ungarn liegen 6'000 Jahre alte Deformierungen vor (Alt 2006). Die meisten bekannten Deformierungen Mitteleuropas stammen aus der Völkerwanderungszeit und dem frühen Mittelalter, also ungefähr der Zeit zwischen dem 1. bis 7. Jahrhundert n. Chr.

Als Entstehungsort der Schädeldeformationen wird Zentralasien vermutet, wo Gräberfelder des 1. nachchristlichen Jahrhunderts den Nachweis zahlreicher Schädeldeformierungen lieferten. Dabei wurden sowohl bei Männern, als auch bei Frauen Deformierungen durchgeführt, zum Teil waren fast alle bestatteten Personen betroffen. Ethnisch werden die Deformierungen der Bevölkerungsgruppe der Hunnen zugewiesen, einer Nomadenbevölkerung, die ursprünglich in den Steppen Zentralasiens beheimatet war.

Durch die Expansion der Hunnen nach Westen und die damit ausgelöste Wanderbewegung der verschiedenen bedrängten Völker, breitete sich das Brauchtum nach Westen aus. Im 4. nachchristlichen Jahrhundert finden sich die Deformierungen bereits in der gesamten östlichen Steppenzone. Ethnien, die ursprünglich am nördlichen Schwarzmeergebiet siedelten, wichen dem Expansionsdruck der Hunnen nach Westen aus und kamen so in Kontakt mit den Bevölkerungsgruppen der Ostgermanen. Frühe Schädeldeformierungen lassen sich auch im Gebiet des heutigen Ungarn, der Slowakei, Mährens und im östlichen Österreich nachweisen. Auf diese Weise nimmt man an, hat sich das Brauchtum westwärts tradiert, bis ins Gebiet der Westgermanen, z.B. der Franken und Alamannen (Nemeskéri 1976, Billard und Simon 1995, Alt 2006).

Von den Schädeldeformierungen waren mehrheitlich Frauen betroffen. Alt weist für den deutschen Raum insgesamt 64 Schädeldeformationen nach, für die Schweiz beläuft sich die Ziffer auf 15 und für Frankreich auf 43 (Alt 2006). Dabei dürfte die Dunkelziffer nicht erkannter Schädeldeformationen



Abb. 10: Gesichtsrekonstruktion einer frühmittelalterlichen Dame aus Ungarn (nach Kustar 1999, S. 331).

wesentlich höher liegen, da das archäologische Skelettmaterial häufig stark fragmentiert ist und Schädeldeformationen deshalb nur schwer erkennbar bleiben (Abb. 9).

Wie man sich den Transfer dieser Tradition im Einzelnen vorzustellen hat, bleibt uns vorerst verschlossen. Ob sich dahinter einen Nachahmungseffekt verbirgt, bei welchem die Stämme der Ostgermanen ein Brauchtum der politisch dominanten Nomadenbevölkerung übernahm, dürfte durchaus wahrscheinlich gewesen sein. Möglicherweise wurde die Tradition auch durch Handels- und Heiratsbeziehungen verbreitet. Hier besteht allerdings noch ein grosser Forschungsbedarf. Neue naturwissenschaftliche Methoden wie z.B. die Isotopenanalyse öffnen ein interessantes Forschungsfeld, um Wanderungsbewegungen historischer Bevölkerungen nachzuweisen. Im konkreten Fall der Schädeldeformierungen untersuchte eine Forschergruppe aus München deformierte Schädel aus Bayern und Jugo-

slawien. In den meisten Fällen erbrachten die Isotopenuntersuchungen den Nachweis, dass es sich um ortsansässige Personen handelte, denen keinerlei länger andauernde Ortswechsel nachgewiesen werden konnten. Es handelte sich offenbar nicht um von auswärts eingewanderte Frauen (Schweissing und Grupe 2000).

Durch den Einfluss der Hunnen und der von ihnen ausgelösten Bevölkerungsverschiebungen hat sich der Brauch des Schädeldeformierens bis nach Mitteleuropa und weiter ausgeweitet. Mit dem sinkenden Machteinfluss der Hunnen, und dem Aufkommen des fränkischen Reiches im 6. und 7. Jahrhundert verloren die Schädeldeformierungen rasch an Bedeutung und Attraktivität. In West- und Mitteleuropa traten andere „Modeströmungen“ in Erscheinung. Insofern handelte es sich bei den mitteleuropäischen Schädeldeformierungen nur um eine „kurzfristige Modeströmung“, vergleicht man diese mit der wesentlich längeren Erscheinungsdauer dieses Phänomens in anderen geographischen Regionen.

Die Motivation dieser Schädeldeformierungen verschliesst sich uns, da uns keine schriftlichen Quellen dazu überliefert sind. In der früheren Forschung wurde häufig argumentiert, dass sich die Schädeldeformierungen auf vornehme Bevölkerungskreise beschränkt haben sollen, wie dies ja auch aus zahlreichen ethnologischen Beispielen belegt ist. Diese Meinung wird durch zahlreiche Bestattungen mit Schädeldeformierung widerlegt, deren Ausstattungsmuster (Grabbeigaben) die Zugehörigkeit zu einer führenden sozialen Schicht in Zweifel ziehen lassen (Alt 2006). Viele Gräber wiesen zudem keinerlei Grabbeigaben auf (Hotz 2002). Insofern muss diese Frage unbeantwortet bleiben. Stand das Schönheitsempfinden im Vordergrund oder eine Form der Assimilation an einen bestimmten Lebensaspekt der Hunnen? Hier besteht noch eine Forschungslücke und wir hoffen, dass zukünftige Untersuchungen diese Fragen beantworten werden.



Abb. 11: Vorderseiten von Münzen mit deformierten Köpfen: (a) Typ 40 (Gewicht 2,95g, Stempelstellung 3h, Durchmesser 28,6mm); (b) Typ 316 (Gewicht 3,65g, Stempelstellung 3h, Durchmesser 30mm). Sammlung Aman ur Rahman, Huna Nr. 416 und Huna Nr. 420 (Islamabad / Dubai).

Literatur

- Alt KW 2006. *Die artifizielle Schädeldeformation bei den Westgermanen*. In: Mednikova M 2006. *Artificial deformation of human head in Eurasian past, Opus: Interdisciplinary Investigation in Archaeology*. Institut of Archaeology RAS 5. Moscow, 115–126.
- Billar M, Simon C 1995. *L'os révélateur d'habitude culturelle*. Archäologie 208: 22–33.
- Broca P 1871. *Sur la déformation toulousaine du crâne*. Bulletin de la Société d'anthropologie de Paris 1–2: 100–131.
- Clark JL 2007. *Identifying Artificially Deformed Crania*. International Journal of Osteoarchaeology 17: 596–607.
- Fitz Simmons E 1998. *Infant Head Molding. A Cultural Practice*. Archives of Family Medicine 7: 88–90.
- Gerszten P 1993. *An investigation into the practice of cranial deformation among the Pre-Columbian peoples of northern Chile*. International Journal of Osteoarchaeology 3: 87–98.
- Hotz G 2002. *Demographie und Gesundheitssituation der Bevölkerung*. In: Burzler A et al. *Das frühmittelalterliche Schleithelm – Siedlung, Gräberfeld und Kirche*. Schaffhauser Archäologie, Bd. 5: 331–359.
- Jozsa L, Pap I 1992. *Pathological alterations on artificially distorted skulls*. Annales Historico – Naturales Musei Nationalis Hungarici 84: 189–194.
- Kasten E 2006. *Body-Modification: psychologische und medizinische Aspekte von Piercing, Tattoo, Selbstverletzung und anderen Körperveränderungen*. Ernst Reinhardt Verlag. München, 1–393.
- Kroeber-Wolf G 2006. *Menschen von Kopf bis Fuss: schön, schöner, am schönsten*. Museum der Weltkulturen. Frankfurt, 1–60.
- Kohler G 1901. *Die künstliche Deformation des Schädels*. Inaugural-Dissertation. Friedrich-Alexanders-Universität Erlangen, 1–107.
- Kustar A 1999. *Facial Reconstruction of an Artificially Distorted Skull of the 4th to the 5th Century from the Site of Mözs*. International Journal of Osteoarchaeology 9: 325–332.
- Martin R, Saller K 1959. *Pathologische Schädelformen und Schädeldeformationen*. In: *Lehrbuch der Anthropologie*. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, 1292.
- Melk-Koch M 1999. *Zur Sitte der künstliche Deformierung von Köpfen aus ethnologischer Sicht*. Mitteilungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte 20.
- Meyer AB 1881. *Über künstlich deformierte Schädel von Borneo und Mindanao im königlich anthropologischen Museum zu Dresden: nebst Bemerkungen ü. d. Verbreitung der Sitte der künstlichen Schädel-Deformierung*. Gratulationsschrift an Rudolf Virchow, 1–33.
- Nemeskéri J 1976. *Über den künstlich deformierten Schädel von Schöningen, Kr. Helmstedt (5.–6. Jahrhundert)*. Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 45: 129–154.
- Schweissing M, Grupe G 2000. *Local of nonlocal? A research of strontium isotope ratios of the teeth and bones on skeletal remains with artificial deformed skulls*. Anthropologischer Anzeiger 58: 99–103.
- Torres-Rouff C, Yablonsky LT 2005. *Cranial vault modification as a cultural artifact: a comparison of the Eurasian steppes and the Andes*. Homo 56: 1–16.
- Trinkaus E 1982. *Artificial cranial deformation in the Shanidar 1 und 5 Neandertals*. Current Anthropology 23: 198–199.
- Trisaroli P 2011. *Artificial Cranial Modification on a Female Skeleton From the Byzantine Site of Maroneia (Thrace, Greece)*. International Journal of Osteoarchaeology 21: 464–478.
- Tubbs Shane R. et al. 2006. *Artificial Deformation of the Human Skull: A Review*. Clinical Anatomy 19: 372–377.
- Winkler E, Schweikhardt J. 1982. *Expedition Mensch. Streifzüge durch die Anthropologie*. Carl Ueberreuter Verlag. Wien/Heidelberg, 1–326.

Adresse:

Gerhard Hotz
Naturhistorisches Museum Basel
Augustinergasse 2
4001 Basel
Schweiz
E-mail: Gerhard.Hotz@bs.ch

Abbildungsnachweis

Abb. 1–2, 4–7, 9
Naturhistorisches Museum Basel

Abb. 3
aus Meyer 1881, Fig. 3

Abb. 8
aus Billard und Simon 1995, S. 24

Abb. 10
nach Kustar 1999, S. 331.

Leichenzerstückelung und Schädelkult – abstruse Totenriten in der Menschheitsgeschichte

[Dismemberment of corpses and skull cult – abstruse mortuary practices in mankind]

HERBERT ULLRICH

Berliner Medizinhistorisches Museum der Charité, 10117 Berlin, Deutschland

Zusammenfassung

Die Auseinandersetzung mit Leben und Tod, die sich in Totenriten widerspiegelt, hat bereits im Paläolithikum begonnen. Die für besonders auserwählte Individuen (nur von diesen liegen Fossilfunde vor) zelebrierten Totenriten basierten auf Manipulationen an Leichnamen und an Knochen der Verstorbenen. Diese Manipulationen haben an den fossilen Menschenresten vielfältige Spuren in Form von perimortalen Exartikulationsdefekten und Fragmentationsdefekten, Schnittmarken und Kratzspuren hinterlassen. Der menschliche Schädel (Schädelknochen) war für den paläolithischen Menschen im Rahmen der Totenriten von ganz besonderer Bedeutung, so dass sich bereits im Altpaläolithikum ein Schädelkult entwickeln konnte. Totenriten, die auf Leichenzerstückelung und Manipulationen an Knochen beruhen, lassen sich in zahlreichen Fundkomplexen und Einzelfunden über das Paläolithikum hinaus bis in das Mittelalter nachweisen.

Schlüsselwörter: Auseinandersetzung mit Leben und Tod, Totenriten, Leichenzerstückelung, Schädelkult, Paläolithikum bis Mittelalter

Summary

Reflections on life and death originated in Palaeolithic times. Mortuary practices celebrated for a favoured group (only from these individuals we have fossil human bones) were based on manipulations of corpses of the deceased (defleshing and dismemberment) and on disarticulated human bones. These manipulations resulted in perimortem exarticulation patterns, bone breakage patterns, cut marks and scraping marks. The human skull (skull bones) was of great importance to Palaeolithic man in celebrating mortuary rites (skull cult). Mortuary practices based on dismemberment of corpses and manipulations on disarticulated human bones are not related to the Palaeolithic but also to many sites in later periods up to the Middle Ages.

Keywords: preoccupation with life and death, mortuary practices, corpse dismemberment, skull cult, Palaeolithic to Middle Ages

Einleitung

Die Tatsache, dass auf paläolithischen Fundstellen in Europa meist nur wenige Knochen bzw. Knochenbruchstücke vom Menschen entdeckt werden, wird meist dahingehend interpretiert, dass Körperbestattungen stattgefunden haben. Diese seien durch Raubtiereinwirkung vor ihrer Einbettung zerstört worden, so dass nur bestimmte Teile des ursprünglich vollständigen Skeletts in die Fundsichten gelangten. Im Boden seien dann durch taphonomische Prozesse (Einwirkung physikalischer, chemischer und biogener

Faktoren) die Knochen weiter dezimiert und zerstört worden, so dass nur wenige Knochen/Knochenbruchstücke erhalten blieben.

Eine solche Fundinterpretation ist jedoch in höchstem Maße unwahrscheinlich. Es kann nicht zufällig sein, dass von den 206 bzw. 217 Knochen des menschlichen Erwachsenenskeletts bei hunderten von Individuen an hunderten von Fundorten sich nur ein oder zwei Knochen/Knochenbruchstücke erhalten haben sollen, und zwar immer wieder dieselben Knochen und Bruchstücke des Skeletts. Außerdem spricht gegen eine solche Interpretation, dass eine Vielzahl von Knochen

artifizielle, d.h. von Menschenhand intentionell ausgeführte Defekte und eine vom Menschen bewusst getroffene Auswahl erkennen lassen.

Eine anhand von 340 paläolithischen Fundorten in Europa durchgeführte Untersuchung der individuellen Repräsentation der einzelnen Skelettelemente hat Reste von mindestens 826 Individuen (wahrscheinlich sogar 897) ergeben (Ullrich 1992): 43 für das Altpaläolithikum, 258 für das Mittelpaläolithikum und 525 für das Jungpaläolithikum. Von diesen sind im Altpaläolithikum 94,3 %, Mittelpaläolithikum 76% und Jungpaläolithikum 73% der Individuen lediglich durch 1 bis 2 isolierte Knochen bzw. Knochenbruchstücke belegt.

Nach Ansicht des Verfassers ist die Fundsituation auf der Mehrzahl der paläolithischen Fundstellen in Europa dahingehend zu interpretieren, dass im Rahmen von bestimmten Totenriten nur jene Knochen/Knochenbruchstücke von Verstorbenen zum Fundort gebracht, dort weggeworfen bzw. absichtlich deponiert wurden und in die Fundschichten gelangt sind, die bei der Ausgrabung gefunden wurden. Taphonomische Prozesse dürften nur eine sehr untergeordnete Rolle gespielt haben (Ullrich 1997).

Ursprung des Schädelkults im Paläolithikum

Schädelreste bzw. Schädel Verstorbenen waren für den paläolithischen Menschen offenbar von ganz besonderer Bedeutung. Dieses wird sehr eindrucksvoll dadurch demonstriert, dass von 80–87% der paläolithischen Individuen Schädel bzw. Schädelreste erhalten sind, dagegen nur von 20–49% der Individuen postkraniale Reste. Noch deutlicher wird die Bevorzugung menschlicher Schädel/Schädelreste bei Betrachtung der einzelnen Fundgruppen. Kranien, Kalvarien, Kalvariae und Kalotten sind im Fundgut lediglich in 7,1% (Altpaläolithikum) bzw. 6,7% (Mittelpaläolithikum) bzw. 16,2% (Jungpaläolithikum), d.h. insgesamt von 84 Individuen vertreten. Von 104 paläolithischen Individuen (14,3%–19,9%) sind lediglich Unterkiefer/-bruchstücke vorhanden und keine weiteren Schädelreste. Nur Schädelreste konnten von 46,4% der altpaläolithischen, 29,5% der mittelpaläolithischen und 16,9% der jungpaläolithischen Individuen (insgesamt 141) geborgen werden (Ullrich 1982, 1999).

Leichenzerstückelung im Paläolithikum

Die aus dem Paläolithikum bekannten isolierten Schädel bzw. Schädelreste stammen ebenso wie die

postkranialen Relikte aus Manipulationen am Leichnam. Leichenzerstückelungen sind im fossilen Fundgut anhand einer gewaltsamen Sprengung der Gelenke diagnostizierbar, die an den jeweiligen Knochen typische Defektmuster (Exartikulationsmuster) entstehen lässt. Solche Exartikulationsmuster finden sich bevorzugt im Gelenkbereich (proximal und distal) der langen Gliedmaßenknochen, aber auch an den zahlreichen kleinen Gelenken des Skeletts sowie an der Schädelbasis und an den Unterkiefern.

Manipulationen an exartikulierten Knochen

Manipulationen an exartikulierten Knochen sind an typischen perimortalen Fragmentationsmustern (die sich von postmortalen deutlich unterscheiden lassen) sowie an Schnittmarken und Kratzspuren zu erkennen. Kennzeichnend für die meisten postkranialen Knochen ist das Fehlen von Gelenkenden, vielfach mit Frakturspalten bzw. längs aufgespalteten Diaphysen. Schnittmarken, Kratzspuren und Kerben resultieren aus dem Entfernen von Weichteilen bzw. aus dem Säubern des Knochens von anhaftenden Weichteilresten, einschließlich der Knochenhaut (Kratzspuren).

Ursprung der Totenriten im Paläolithikum

Die Totenbehandlung hat ihren Ursprung im Paläolithikum. In ihr spiegeln sich Reflexionen über Leben und Tod wieder. Voraussetzungen für solche Reflexionen waren ein hoch entwickeltes Gehirn mit der Fähigkeit zu entwickelter Sprache und abstraktem Denken, eine fortgeschrittene Form der Arbeitstätigkeit und Kooperation sowie relativ stabile soziale Einheiten. Diese Voraussetzungen waren beim späten *Homo erectus* vor 500.000 – 300.000 Jahren entwickelt. Die große Vielfalt der Totenriten während des Paläolithikum lässt auf eine sehr intensive Beschäftigung mit der Frage nach Leben und Tod schließen, aber auch erkennen, dass eine Bewältigung der damit verbundenen Probleme, Schwierigkeiten und Widersprüche sich erst gegen Ende des Paläolithikum andeutet.

Den meisten Totenriten lagen im Paläolithikum Vorstellungen zugrunde, die in Manipulationen am Leichnam Verstorbenen, in Leichenzerstückelung und Knochenzertrümmerung sowie zeitweiliger Aufbewahrung menschlicher Knochen offensichtlich die der damaligen Vorstellungswelt entsprechende höchste Form der Totenverehrung für besonders auserwählte Individuen erblickten. Nur von diesen Individuen haben

sich auf paläolithischen Rastplätzen Knochenreste erhalten. Diese sind nach Abschluss der Totenzeremonien weggeworfen, absichtlich an bestimmten Stellen deponiert oder rituell bestattet worden.

Manipulationen an Leichnamen und Menschenknochen Verstorbener waren für den paläolithischen Menschen Bestandteil fest gefügter Totenriten. Sie lassen sich erstmals beim späten *Homo erectus* nachweisen, und zwar annähernd gleichzeitig in Europa, Afrika und Asien und blieben bis zum Ende des Jungpaläolithikum die dominierende Form der Totenbehandlung für auserwählte bzw. besonders herausragende Gruppenmitglieder. Wie mit der überwiegenden Mehrzahl der Toten im Paläolithikum verfahren wurde, entzieht sich unserer Erkenntnis.

Im Gegensatz zu den auf Manipulationen am Leichnam, auf Leichenzerstückelung und Knochenzertrümmerung basierenden Totenriten deutet sich im Mittelpaläolithikum in einigen Regionen Vorderasiens und Europas ein radikaler Wandel in der Auseinandersetzung des Menschen mit Leben und Tod an. Im Mittelpunkt der Totenbehandlung stehen nunmehr für besonders auserwählte Gruppenmitglieder nicht mehr die Zerstückelung der Toten und die Aneignung von Knochen, sondern die Ganzheit und Unversehrtheit des menschlichen Körpers. In der Ganzheit und Unversehrtheit des Körpers der Verstorbenen und dessen rituelle Beisetzung (Deponierung oder Bestattung) spiegelt sich offensichtlich eine besonders enge Verbundenheit des Toten mit der Gemeinschaft der Lebenden wider (Ullrich 1999, 2004).

Annähernd vollständige Skelette fehlen aus dem Altpaläolithikum in Europa. Im Mittelpaläolithikum sind solche nur für 5,4% und im Jungpaläolithikum für 15% der Individuen belegt. Vorwiegend handelt es sich um Körperbestattungen bzw. Körperdeponierungen.

Leichenzerstückelung und Schädelkult vom Paläolithikum bis ins Mittelalter

Aus der Vielzahl der paläolithischen sowie ur- und frühgeschichtlichen Fundstätten mit Hinweisen auf Leichenzerstückelung und Schädelkult in Europa sollen im folgenden nur einige, größtenteils vom Verfasser untersuchte Fundkomplexe ausgewählt werden, um zu zeigen, dass solche abstrusen Totenriten vom Altpaläolithikum bis ins Mittelalter hinein praktiziert wurden, vom Mesolithikum an neben der regulären Körperbestattung und späteren Leichenverbrennung.

Paläolithikum

Die ältesten Hinweise auf Leichenzerstückelung und Schädelkult in Europa sind etwa 350.000 Jahre alt. In den Höhlenablagerungen von Atapuerca (Spanien) wurden eine Vielzahl von Schädel- und postkranialen Resten mit perimortalen und postmortalen Fragmentationsmustern und zahlreichen Schnittmarken entdeckt, die von den Bearbeitern (Fernández-Jalvo 1999) jedoch als Hinweis auf Kannibalismus gedeutet worden sind. Auf dem altpaläolithischen Rastplatz von Bilzingsleben (Deutschland) sind nur Hirnschädelbruchstücke (insgesamt über 30) von mindestens 2–3 Individuen sowie ein Unterkieferfragment geborgen worden. Die Bruchstücke mit perimortalen und postmortalen Fragmentationsmustern und zahlreichen Schnittmarken (Ullrich 1994) lagen verstreut auf dem Rastplatz und einem als „Kultplatz“ gedeuteten Pflaster aus Steinen und Tierknochenbruchstücken. In Petralona (Griechenland) wurde in einer inneren Kammer tief in der Höhle nur der Schädel (ohne Unterkiefer) eines 25–30jährigen Mannes entdeckt. Exartikulationsdefekte an der Schädelbasis deuten auf eine Dekapitation hin, Schnittmarken auf die Entfernung der Kopfweichteile. Außerdem sind drei Einstichkanäle im Schläfenbein vorhanden (Ullrich 1984).

Auf der Neandertalerfundstätte von Krapina (Kroatien), einer Halbhöhle, wurden 677 menschliche Schädel- und postkraniale Reste (fast ausschließlich Bruchstücke) entdeckt, die 50–70 Individuen zuzuweisen sind. Nur bestimmte Schädel und postkraniale Skelettregionen sind vertreten, die eine Vielzahl von perimortalen Fragmentations- und Exartikulationsmustern aufweisen. Es konnte gezeigt werden, in welcher Weise das Ellbogengelenk absichtlich und gewaltsam gesprengt wurde. Eine Vielzahl von Schnittmarken und auch Feuereinwirkung sind nachgewiesen worden (Ullrich 1978, 2006). Bei den Neandertalerresten eines Kindes in der Grotte Tešik Taš (Usbekistan) handelt es sich nicht, wie meist vermutet, um eine rituelle Körperbestattung, sondern um eine Teilbestattung (nur Knochen), umgeben von 5 Hörnerpaaren der Sibirischen Bergziege (Abb. 1). Schnittmarken sind auf einigen Langknochen vorhanden (Ullrich 1958).

Das Massengrab von Předmostí in Mähren (Tschechien) datiert ins Gravettien (26.300 BP) und wurde 1894 freigelegt. Skelettreste von 30 Individuen lagen in einer Grabgrube, bedeckt von zwei Mammutschulterblättern. Mit Ausnahme eines Individuums sind im Massengrab lediglich Schädel/Schädelfragmente und isolierte postkraniale Skeletteile niedergelegt worden. Předmostí war kein Massengrab für Körperbestattungen,



Abb. 1: Tešik Taš. Rituelle Bestattung von Schädel und Gliedmaßenknochen des Neandertalerkindes.

sondern lediglich für Knochen, die in Manipulationen an Leichnamen (Leichenzerstückelung, Dekapitation, Exartikulation der Unterkiefer) und Knochen (perimortale Fragmentation, Schnittmarken) gewonnen wurden (Ullrich 1996). Aus der Urd-Höhle bei Pöbneck in Thüringen (Deutschland) sind in einer oberen Kammer ein Schädel (ohne Unterkiefer) sowie mehrere postkraniale Skelettreste deponiert worden. Der Schädel zeigt eindeutige Spuren einer Dekapitation, die

Skelettreste typische perimortale Exartikulationsdefekte, insbesondere das proximale Ende des Femur und distale des Humerus (Abb. 2). Schnittmarken sind ebenfalls vorhanden (Grimm & Ullrich 1965; Ullrich 1975). Auf der jungpaläolithischen Freilandstation Sungir nahe Vladimir (Russland) ist der Schädel einer erwachsenen Frau über einem Männerskelett bestatt worden. Von derselben Station ist die Kopf-an-Kopf-Doppelbestattung eines Mädchen und Jungen mit überaus reichen Beigaben bekannt. Neben dem linken Arm des Jungen befand sich ein Femurschaft des Erwachsenen (Abb. 3) – die bisher bekannte einzige Beigabe in Form eines menschlichen Knochens aus dem Paläolithikum.

Bronzezeit /Urnenfelderzeit

In den Höhlen und Spalten des Kyffhäusergebirges bei Bad Frankenhausen (Deutschland) sind in den Jahren 1951–1957 zusammen mit Funden der Hügelgräber- und Urnenfelderbronzezeit sowie der Hallstattzeit (1.600–600 v. u. Z.) eine Vielzahl von Menschenknochen freigelegt worden: nahezu vollständige Skelette, mittels Bronzemesser zerstückelte Menschenopfer, die durch eine Schachttöffnung in die Tiefe gestürzt worden waren sowie vor allem hunderte

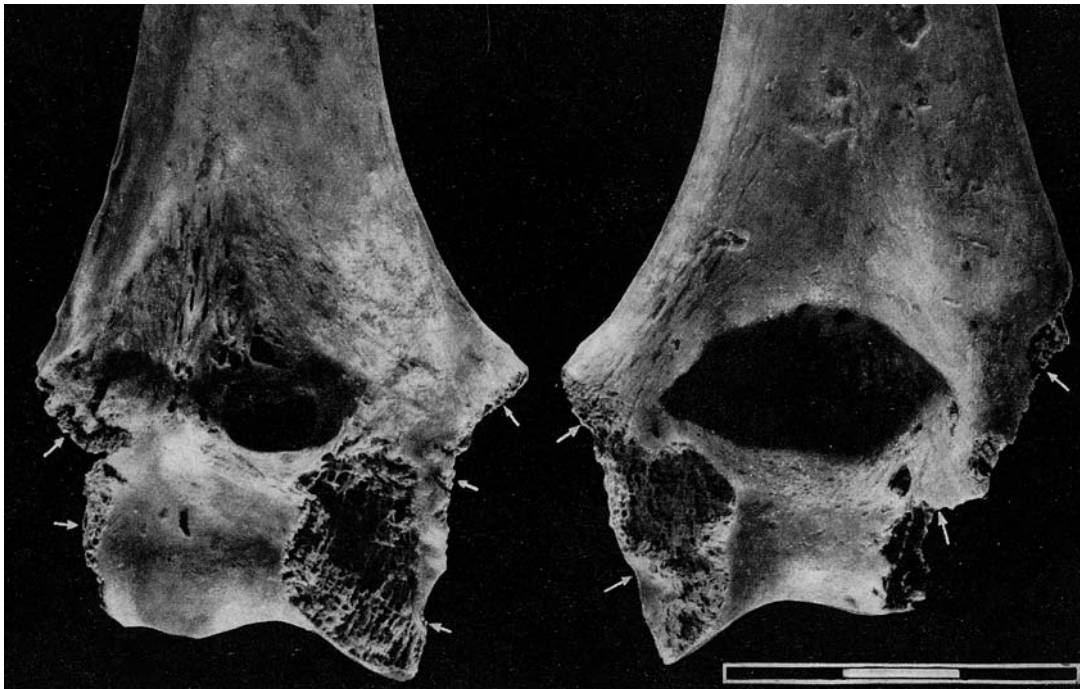


Abb. 2: Döbritz. Distales Humerusende mit Exartikulationsdefekten.

von isolierten Knochen/Knochenteilen. Viele dieser Knochen, besonders Schädelteile, weisen perimortale, offenbar aus Tötungsabsicht herbeigeführte Hiebverletzungen mittels Keulen, Knochenhämmern und Beilen auf. Auf den langen Gliedmaßenknochen sind Schnittmarken recht häufig, aber auch auf anderen postkranialen Skelettelementen anzutreffen. Zahlreiche Langknochen sind im Schaftbereich aufgeschlagen worden und weisen Brandspuren auf. Auffallend erscheint, dass unter den mehr als 100 geschätzten Individuen sich viele Kinder und Jugendliche befinden. Leider ist dieser kulturhistorisch überaus interessante Fundkomplex mit rituell motivierten Handlungen an Leichnamen und Knochen bisher nicht anthropologisch untersucht worden.

Hallstatt-/La Tènezeit

Auf der germanischen Kultstätte von Oberdorla in Thüringen (Deutschland) mit archäologischen Funden von der Hallstatt- bis zur Völkerwanderungszeit wurden vor allem isolierte Knochen/Knochenbruchstücke von mindestens 22 Individuen, wahrscheinlich aber 34–43 Individuen geborgen: 19,4% Schädelreste und 80,6% postkraniale Skelettelemente, die eine Vielzahl von artifiziellen Defekten aufweisen: intravitale sowie perimortale Impressions- bzw. Depressionsfrakturen, Exartikulationsdefekte (Abb. 4, links) und perimortale bzw. postmortale Fragmentationsdefekte, Schaftaufspaltungen, Schnittmarken und Kerben.

Es handelt sich in Oberdorla offensichtlich um auserwählte Individuen, die nicht verbrannt worden sind, wie es in jener Zeit üblich war. Von diesen Individuen sind durch Manipulationen an Leichnamen Knochen bzw. Knochenbruchstücke gewonnen worden, die in den Totenriten große Bedeutung erlangten. Diese Knochen/Knochenbruchstücke wurden auf dem Kultplatz am Ufer eines Sees offensichtlich nur oberflächlich oder zumindest unzureichend geschützt deponiert. Dafür sprechen zahlreiche Bissspuren von Hunden vor allem an den Enden der Langknochen. In Oberdorla standen die im Uferbereich des ehemaligen Kultsees geborgenen menschlichen Skelettreste nach archäologischen Befunden mit Heiligtümern aus der Hallstattzeit, der Latènezeit sowie der Römischen Kaiserzeit und der Frühen Völkerwanderungszeit in Verbindung. Die menschlichen Skelettreste von Oberdorla waren demnach Opfer an verschiedene Gottheiten. Da sich anhand der menschlichen Knochenfunde von der Hallstattzeit bis zur Völkerwanderungszeit trotz vielfältiger kultureller Veränderungen keine Unterschiede in der Behandlung der als Opferrgabe auserwählten Toten feststellen lassen, darf auf eine Kontinuität Jahrtausende alter Traditionen in den

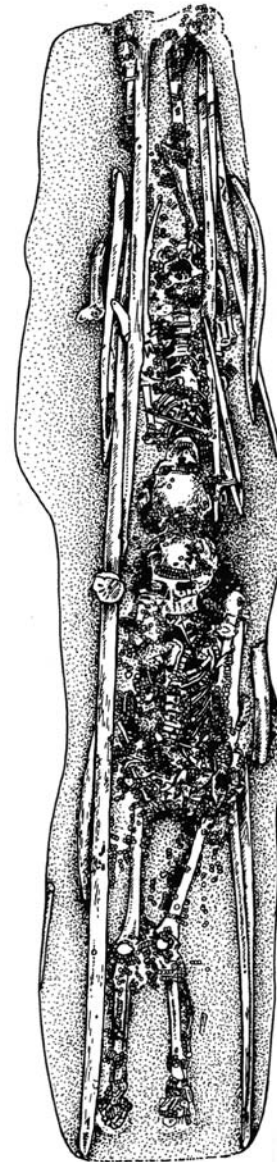


Abb. 3: Sungir. Kinder-Doppelbestattung mit Femurschaft eines Erwachsenen neben dem linken Arm des Knaben.

Manipulationen an Leichnamen und menschlichen Knochen geschlossen werden.

Römische Kaiserzeit

Auf dem keltischen Oppidum von Manching (Deutschland; 3.–1. Jh. v. u. Z.) wurden große Mengen isolierter Menschenknochen in Gruben über das Siedlungsgebiet verteilt geborgen. Es überwiegen Reste von Langknochen mit perimortalen Fragmentations-



Abb. 4: Proximale Femurenden mit Exartikulationsdefekten (Trochanter major et minor, Collum, Caput) von Oberdorla (links) und Ralswiek (rechts).

defekten und Exartikulationsdefekten, offenen Markhöhlen und Raubtierverschiss. Die Übereinstimmungen in den aus den Manipulationen am Leichnam und an den Knochen resultierenden Defektmustern zeigen eine verblüffende Ähnlichkeit zu jenen in Oberdorla. Die

Befunde von Manching sind als rituelle Beisetzung von Menschenknochen gedeutet worden (Lange 1983).

Frühes Mittelalter

Auf dem frühslawischen Seehandelsplatz Ralswiek (Rügen, Deutschland) wurden in den Jahren 1967/68 sowie 1972–1986 261 menschliche Skelettelemente vom Südstrand (10. Jh.) und vom Nordstrand (8./9. Jh.) geborgen: 33,3% Schädelreste, 66,7% postkraniale Skelettelemente, die auf eine wahrscheinliche Individuenanzahl (PNI) von 60–77 Individuen (vorwiegend Erwachsene) schließen lassen. Dabei entfallen im Durchschnitt 3–6 Skelettreste pro Individuum, doch lassen sich im Fundmaterial selbst weder Langknochenpaare noch zusammengehörige Schädelbruchstücke feststellen.

Kennzeichnend für Ralswiek ist, dass 99 Prozent der Skelettelemente Defekte aufweisen bzw. als absichtlich zerschlagene Bruchstücke (vor allem Schädelreste) vorliegen. An den postkranialen Knochen (Hand- und Fußknochen fehlen) sind im Allgemeinen die Gelenkenden oder einzelne Gelenkbereiche defekt. Unverheilte perimortale Lochbrüche an den Schädeln/Schädelresten von 6 Individuen lassen an eine absichtliche Tötung denken. Perimortale Exartikulationsdefekte zeigen sich im Bereich des Schädels (Hinterhauptskondylen, Warzenfortsätze, Kiefergelenk, Jochbeinrand, Astwinkel und Hinterrand des Unterkiefers) und vor allem an langen Gliedmaßenresten (proximal und distal an Femur, Ulna, Radius – distal an Humerus, Tibia), aber auch an den Claviculae, Scapulae, Wirbeln, Rippen und Coxae (Abb. 4, rechts). Hinweise auf die gewaltsame Abspaltung von Knochenteilen finden sich an 17 Skelettelementen in Form von mehr/minder langen, meist 5–8 mm breiten Ein-

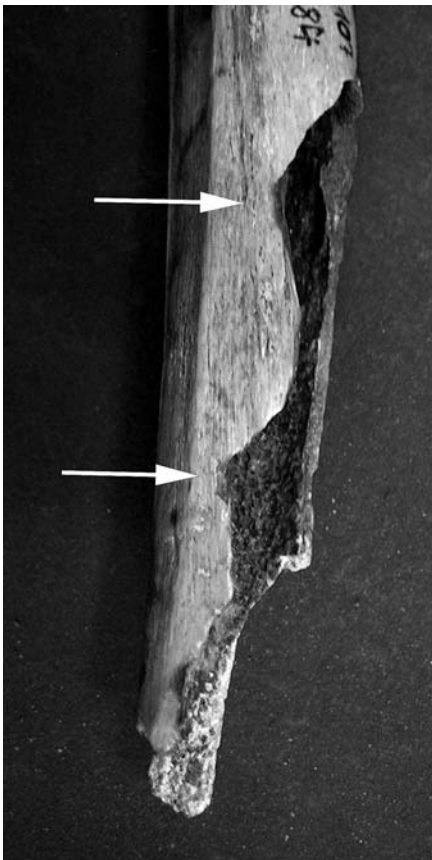


Abb. 5: Ralswiek. Schaftspaltung mittels eines Keiles.

stichkanälen, die von eisernen Stichgeräten herrühren. Perimortale Fragmentationsdefekte betreffen an den langen Gliedmaßenknochen das Femur distal, Tibia und Fibula proximal, Humerus proximal, Ulna und Radius distal. Auch längs gespaltene Diaphysen sind vorhanden (Abb. 5). 54% der Schädelbruchstücke weisen perimortale Fragmentationsmuster auf. Zahlreiche Schädelbruchstücke mit längeren geraden bzw. leicht bogenförmigen Bruchkanten im Externabereich, seltener im Internabereich, lassen sich nur durch das Einritzen/Einschneiden mit einem scharfen Metallgerät (Messer?) und anschließendem Abbrechen/Abschlagen des angrenzenden Knochenstücks erklären (Abb. 6). Schnittmarken und Kratzspuren sind auf 36% der Schädelreste und 22% der Langknochenbruchstücke erkennbar.

Die in Ralswiek aus der 2. Hälfte des 8. bis zum 10. Jh. geborgenen Knochenbruchstücke von offenbar 66–77 Individuen sind das Ergebnis von Totenriten, die auf Leichenzerstückelung und Manipulationen an menschlichen Knochen beruhen. Das Ziel dieser Totenriten war die Gewinnung von Knochen bzw. Knochenbruchstücken von Verstorbenen für weitere rituelle Handlungen. Entscheidend waren nicht vollständige Knochen, sondern Knochenbruchstücke. Schnittmarken und flächige Kratzspuren belegen nicht nur die Säuberung der Knochen von anhaftenden Weichteilresten, sondern auch das Ziel, die Knochenbruchstücke längere Zeit aufzubewahren. Glänzend glatte, wie poliert erscheinende Knochenoberflächen vieler Schädelbruchstücke, aber auch von Langknochenfragmenten, scheinen auf ein wiederholtes Anfassen der Knochenbruchstücke hinzudeuten. Der Ort der Leichenzerstückelung und der Manipulationen an den Knochen bleibt jedoch ebenso verborgen wie der Aufbewahrungsort der exartikulierten und manipulierten Knochen. In der Hauptsiedlung kann dieser Ort nicht gelegen haben, denn dort sind keinerlei menschliche Knochen, wohl aber zahlreiche Tierknochen (Speisereste), gefunden worden.

Ralswiek war in frühslawischer Zeit ein Kult- und Opferplatz zugleich, auf dem Knochenbruchstücke von auserwählten Individuen mehrerer Generationen absichtlich von Menschenhand zum Fundplatz gebracht und dort weggeworfen oder rituell deponiert worden sind. Manipulationen an den Knochen wurden auf dem Fundplatz nicht ausgeführt (Ullrich im Druck).

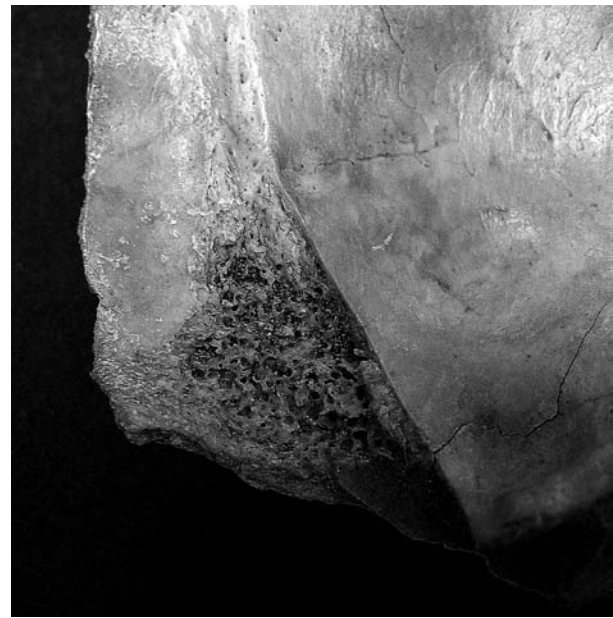


Abb. 6: Ralswiek. Glatte Schnittfläche auf der Tabula interna eines Frontale mit breiter freiliegende Diploe.

Literatur

- Fernández-Jalvo Y, Carlos Diez J, Cáceres I, Rosell J 1999. *Human cannibalism in the Early Pleistocene of Europe (Gran Dolina, Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain)*. *Journal of Human Evolution* 37: 591–622.
- Grimm H, Ullrich H 1965. *Ein jungpaläolithischer Schädel und Skelettreste aus Döbritz, Kr. Pößneck*. *Alt-Thüringen* 7: 50–89.
- Lange G 1983. *Die menschlichen Skelettreste aus dem Oppidum von Manching*. Wiesbaden.
- Ullrich H 1958. *Neandertalerfunde aus der Sowjetunion*. In: *Hundert Jahre Neanderthaler. Neanderthal centenary*. Utrecht, 72–106.
- Ullrich H 1975. *Bemerkungen zu den Fundumständen und zur Deutung der menschlichen Skelettreste aus der Urdhöhle bei Döbritz*. *Zeitschrift für Archäologie* 9: 307–318.
- Ullrich H 1978. *Kannibalismus und Leichenzerstückelung beim Neandertaler von Krapina*. In: Malez M (red.). *Krapinski praečlovek i evolucija hominida*. Zagreb, 293–318.
- Ullrich H 1982. *Artificial injuries on fossil human bones and the problem of cannibalism, skull-cult, and burial-rites*. *Anthropologie (Brno)* 21: 253–262.
- Ullrich H 1984. *Petalona – eine rituelle Schädelbestattung?* *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 25: 585–627.

- Ullrich H 1992. *Skelettrepräsentation und Totenriten beim archaischen und anatomisch modernen Homo sapiens in Europa*. Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Reihe Medizin 41 (2): 135–140.
- Ullrich H 1994. *Bone modifications in Homo erectus remains*. Courier Forschungs-Institut Senckenberg 171: 257–266.
- Ullrich H 1996. *Předmostí – an alternative model interpreting burial rites*. Anthropologie (Brno) 34: 299–306.
- Ullrich H 1997. *Totenriten und Bestattung im Paläolithikum Europas aus anthropologischer Sicht*. Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift 38: 347–361.
- Ullrich H 1999. *Life and death, mortuary practices and survival strategies in the Palaeolithic*. In: Ullrich H (ed). *Hominid evolution. Lifestyles and survival strategies*. Gelsenkirchen, Schwelm, 543–562.
- Ullrich H 2003. *Menschliche Skelettreste aus der germanischen Kultstätte von Oberdorla*. In: Behm-Blancke G. *Heiligtümer der Germanen und ihrer Vorgänger in Thüringen, Die Kultstätte Oberdorla. Forschungen zum alteuropäischen Religions- und Kultwesens*. Teil 1. Weimarer Monographien zur Ur- und Frühgeschichte Bd. 38 (1). Stuttgart, 128–153, 273–280.
- Ullrich H 2004. *Patterns of skeletal representation, manipulations on human corpses and bones, mortuary practices and the question of cannibalism in the European Palaeolithic – an anthropological approach*. OPUS: Interdisciplinary Investigation in Archaeology (Moscow) 3: 24–40.
- Ullrich H 2006. *Krapina – a mortuary practice site with cannibalistic rites*. Periodicum Biologorum (Zagreb) 108: 503–517.
- Ullrich H (im Druck). *Rituelle Handlungen an Leichnamen und Menschenknochen auf dem frühslawischen Seehandelsplatz Ralswiek auf Rügen*. Schwerin.

Adresse:

Herbert Ullrich
Berliner Medizinhistorisches Museum der Charité
Charitéplatz 1
D-10117 Berlin
Deutschland
E-mail: herbert.ullrich@freenet.de

Rückenschmerzen sind keine Zivilisationskrankheit: Hinweise für Rückenprobleme bei *Homo erectus*

[Low back pain is not a disease of civilisation: indications of back problems in *Homo erectus*]

MARTIN HAEUSLER,^{1,2,3,4} REGULA SCHIESS,² THOMAS BOENI^{3,4}

¹Kantonsspital Chur, 7000 Chur, Schweiz

²Anthropologisches Institut und Museum, Universität Zürich, 8057 Zürich, Schweiz

³Zentrum für Evolutionäre Medizin, Anatomisches Institut, Universität Zürich, 8057 Zürich, Schweiz

⁴Orthopädische Universitätsklinik Balgrist, Universitätsspital Zürich, 8008 Zürich, Schweiz

Summary

Back problems are nearly ubiquitous in modern humans and cause enormous health costs. This is commonly thought to be founded in an increasingly sedentary lifestyle of industrialized populations as well as in our upright, bipedal posture and locomotion that places huge mechanical demands on the vertebral column. Little is known, however, of this situation during the course of human evolution. Here we describe degenerative facet joint subluxation in the lower lumbar spine of the *Homo erectus* boy skeleton KNM-WT 15000 from Nariokotome, Kenya, that might have caused disabling backache and sciatica. This is unexpected at his juvenile age of about 9 years, yet most early hominid vertebral fossils show pathologies indicative of exceptionally high loadings of the vertebral column. These loadings were accentuated by relatively small cross-sectional sizes of the vertebrae. Our results suggest that the spinal column of modern humans is less vulnerable than in our ancestors and thus is not a maladaptation to habitual upright bipedalism.

Keywords: early hominins, vertebral column, low back pain, facet joint subluxation

Zusammenfassung

Beinahe jeder von uns leidet zumindest einmal im Leben an Rückenschmerzen. Sie gehören damit zu den häufigsten Beschwerden in der hausärztlichen Praxis und verursachen hohe volkswirtschaftliche Kosten. Dies wird gewöhnlich auf die zunehmend sitzende Lebensweise der westlichen Bevölkerung zurückgeführt wie auch auf unseren zweibeinig aufrechten Gang und Körperhaltung, welche zu enormen mechanischen Belastungen der Wirbelsäule führen. Wenig weiss man jedoch über diese Situation während der menschlichen Evolutionsgeschichte. Hier beschreiben wir eine Subluxation der Facettengelenke der untersten Lendenwirbel des *Homo erectus* Knaben von Nariokotome in Kenia, KNM-WT 15000, welche möglicherweise immobilisierende Rücken- und Ischiasschmerzen verursacht hat. Dies ist unerwartet beim jugendlichen Alter von etwa 9 Jahren dieses Individuums, aber alle frühen Hominidenfossilien, bei denen mehr als einige isolierte Wirbel erhalten sind, zeigen Pathologien der Wirbelsäule, welche auf mechanische Überlastung zurückzuführen sind. Die Belastungen wurden zusätzlich durch relativ kleine Querschnittsflächen der Wirbel verschärft. Wir schliessen daraus, dass die Wirbelsäule heutiger Menschen weniger verletzlich ist als die unserer Vorfahren und deshalb keine Fehlanpassung an den aufrechten Gang darstellt.

Schlüsselwörter: Frühe Hominiden, Wirbelsäule, Kreuzschmerzen, Subluxation der Facettengelenke

Hatte schon *Homo erectus* Rückenprobleme?

Rückenprobleme bilden in der westlichen Welt ein bedeutendes Gesundheits- und sozioökonomisches Problem (Frymoyer und Cats-Baril 1991). Im Laufe des

Lebens leiden bis zu 85% der Bevölkerung in industrialisierten Ländern mindestens einmal unter Kreuzschmerzen, ohne oder mit Schmerzausstrahlung in die Beine, und längere Arbeitsausfälle sind häufige Folgen (Woolf und Pfleger 2003). Beinahe alle diese

Rückenprobleme sind mechanischen Ursprungs. Alter, körperliche Fitness, Kraft der Bauch- und Rückenmuskulatur, Rauchen, Übergewicht sowie unser zunehmend sitzender Lebensstil spielen eine wichtige Rolle, während überraschenderweise harte körperliche Arbeit eher einen schützenden Effekt hat (Volinn 1997). Aber bereits unser aufrechter Gang und Körperhaltung per se führen zu einer enormen Belastung der Wirbelsäule. In der Tat sind Wirbelsäulenpathologien bei grossen Menschenaffen beinahe unbekannt (Jurmain 2000). Zahlreiche Arbeiten sehen daher den eigentlichen Grund für die grosse Anfälligkeit unseres Rückens in einer unvollständigen Anpassung an den aufrechten Gang (Krogman 1951, Olshansky *et al.* 2003).

Kaum etwas weiss man jedoch über diese Situation während der frühen menschlichen Evolutionsgeschichte. Nur bei einem halben Dutzend Fossilien sind mehr als einige wenige Wirbel erhalten. Eine Ausnahme ist das Skelett des *Homo erectus* Knaben von Nariokotome in Kenia (KNM-WT 15000), bei dem beinahe die gesamte Wirbelsäule vom untersten Hals- bis zum untersten Kreuzbeinwirbel erhalten ist (Walker und Leakey 1993, Haeusler *et al.* 2002). Während einige Autoren in diesem Fossil den ältesten Fall einer angeborenen Fehlbildung des Achsenskelettes mit einer Skoliose sehen (Latimer und Ohman 2001, Ohman *et al.* 2002, Lovejoy 2005), konnten wir dies in einer früheren Arbeit widerlegen (Schiess *et al.* 2006). Wir fanden aber eindeutige Pathologien in der unteren Lendenregion. In der vorliegenden Studie werden wir zeigen, dass diese auf eine aussergewöhnlich hohe mechanische Belastung der Wirbelsäule bei frühen Hominiden hinweisen.

Bei der Durchsicht der Wirbel des Nariokotome-Knaben fallen die asymmetrischen unteren Gelenkfortsätze des vierten Lendenwirbels (BM) und oberen Gelenkfortsätze des fünften Lendenwirbels (AC) auf (Abb. 1). Bei L5 ist die linke obere Gelenkfacette verkürzt und die Spitze nach vorne umgebogen, was ursprünglich als postmortale Deformation durch den Gesteinsdruck interpretiert wurde (Walker und Leakey 1993). Die derartig zusammengestauchte Gelenkfacette hat jedoch ein eigentliches neues Gelenk, eine Neoarthrose, an der Unterseite des Pedikels von L4 gebildet. Ein solcher Umbau der Gelenkfacetten tritt typischerweise als Folge von Höhenminderungen der Bandscheiben auf, z.B. aufgrund einer entzündlichen Spondylodiszitis oder eines degenerativen Bandscheibenschadens (Schoen 1953, Hadley 1961, Jinkins 2004). Durch die Höhenminderung der Bandscheibe steigt die Belastung auf die Facettengelenke, welche teilweise ausrenken beziehungsweise subluxieren können, sobald die Festigkeit der Gelenkkapsel überschritten wird. Die Wirbel schieben sich ineinander

und stossen schlussendlich zusammen, wodurch es zum knöchernen Umbau der Spitze der oberen Gelenkfacetten kommt. Da dies beim Knaben von Nariokotome nur auf der linken Seite geschah, kam es zu einem konsekutiven Schiefstand der zwei untersten Lendenwirbel und möglicherweise einer skoliotischen Fehllhaltung der Wirbelsäule, was jedoch keine eigentliche Skoliose darstellt. Durch die Subluxation der Facettengelenke wurden jedoch sicherlich die Schmerzrezeptoren in den Gelenkkapseln gereizt, so dass es zu immobilisierenden Rückenschmerzen, möglicherweise mit Schmerzausstrahlung in die untere Gliedmasse kam. Wurden auch die Wurzeln der Spinalnerven komprimiert, konnte es gar zu Taubheitsgefühl und Lähmungserscheinungen in den Beinen kommen.

Ein wichtiger Risikofaktor für Bandscheibenläsionen zumindest bei Jugendlichen ist eine asymmetrische Stellung der Gelenkfacetten relativ zur Körperachse, wodurch es zu einer Gelenksrotation und verstärkter Belastung der kleinen Wirbelgelenke und der Bandscheibe kommt (Cyron und Hutton 1980, Ishihara *et al.* 1997). Auch beim Knaben von Nariokotome findet sich diese Entwicklungsvariante. Beim letzten Lendenwirbel haben wir eine Differenz von 16° in der Neigung der oberen Gelenkfacetten gemessen, während bei allen anderen Wirbeln die Facettengelenke symmetrisch ausgerichtet sind. Es ist möglich, dass diese Asymmetrie alleine bereits die Subluxation erklären kann. Wahrscheinlich haben jedoch noch weitere Faktoren eine Rolle gespielt.

Die weitaus häufigste Ursache für eine Höhenminderung der Bandscheibe ist die Abnutzung der Bandscheibe. Dies ist gewöhnlich eine Krankheit in fortgeschrittenem Alter, kommt aber sehr selten auch bei Kindern vor. Eine kritische Phase für Bandscheibenschäden ist hier die Zeit des Wachstumsschubes (Kujala *et al.* 1996). Dies passt gut zum Knaben von Nariokotome, welcher vom Skeletalter her einem heutigen 13.5 jährigen Knaben vergleichbar ist (Ruff und Walker 1993), während die Zahnentwicklung einem 8–9 jährigen entspricht (Dean *et al.* 2001, Zihlman *et al.* 2004).

Anders als bei Erwachsenen entstehen Bandscheibenschäden bei Adoleszenten fast immer durch Traumata, wie z.B. Sportverletzungen (Kerttula *et al.* 2000). So haben Untersuchungen an jugendlichen Eliteathleten ein erhöhtes Risiko verglichen mit unспортlichen Kindern des gleichen Alters gezeigt, auch wenn diese Bandscheibenverletzungen meist gering waren (Kujala *et al.* 1996). Dies kontrastiert mit den massiven knöchernen Gelenkumbauten beim Knaben von Nariokotome. Diese weisen einerseits darauf hin,

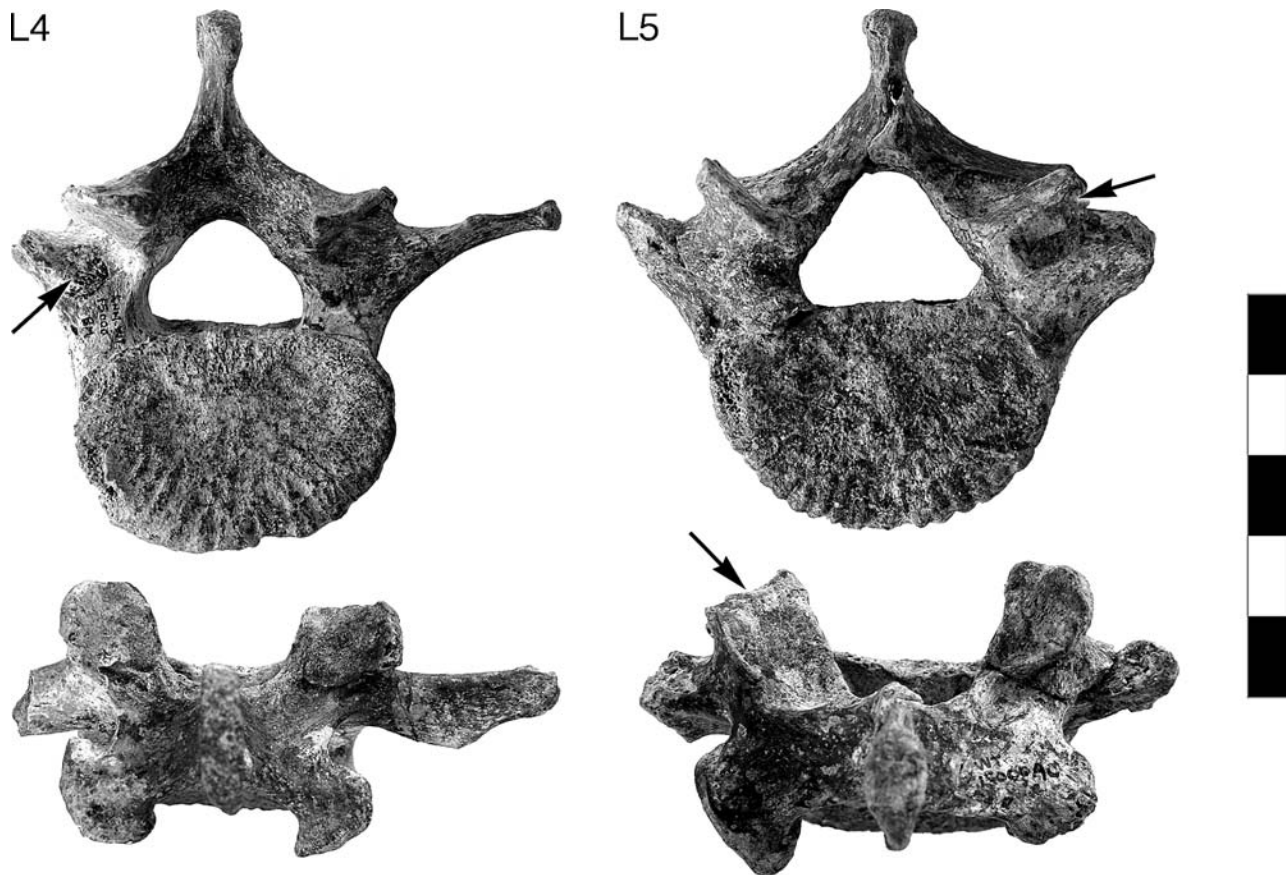


Abb. 1: Facettengelenkssubluxation der zwei untersten Lendenwirbel von KNM-WT 15000. *Links:* L4 (BM) in der Ansicht von caudal und dorsal. Beachte die Nearthrose an der Unterseite des linken Pedikels (Pfeil). *Rechts:* L5 (AC) in der Ansicht von cranial und dorsal. Beachte die knöcherne Umbildung des linken oberen Facettengelenks mit Umbiegung der Gelenksspitze nach ventral (Pfeile). Massstab 5cm.

dass das zur Facettengelenkssubluxation führende Trauma und damit der Beginn des Wachstumsschubes einige Zeit vor dem Tod stattgefunden haben muss. Andererseits könnte der ausgeprägte Gelenkumbau bedeuten, dass hier stärkere Kräfte auf die Wirbelsäule einwirkten als im Durchschnitt bei heutigen Eliteathleten.

Diese Hypothese wird durch einen Vergleich mit anderen Wirbelsäulen von frühen Hominiden gestützt. Dazu gehört das 3.2 Millionen Jahre alte Teilskelett von Lucy (AL 288-1, *Australopithecus afarensis*) aus Hadar, Äthiopien, welches wie der isolierte Brustwirbel AL 333-51 von derselben Fundstelle und Sts 14, ein ungefähr 2.5 Millionen Jahre altes *Australopithecus africanus* Fossil aus Sterkfontein, Südafrika, einen ausgedehnten pathologischen Knochenanbau auf der Vorderseite der Brustwirbel zeigte, welcher typisch für M. Scheuermann ist (Cook *et al.* 1983). Ein weiteres *Australopithecus africanus* Individuum aus Sterk-

fontein, Stw 431, zeigt eine ausgeprägte Spondylosis deformans der unteren Lendenwirbelsäule als Zeichen einer Abnutzung (Haeusler *et al.* 2002). Auch die Wirbelsäule eines über 530'000 Jahre alten *Homo heidelbergensis* Individuums aus der Sima de los Huesos in Spanien, SH 1, weist starke degenerative Veränderungen der Lendenwirbelsäule auf. Alle weiteren frühen Hominidenfossilien sind zu fragmentarisch, um Veränderungen der Wirbelsäule gut beurteilen zu können.

Somit weisen erstaunlicherweise alle Fossilien, bei denen mehr als nur ein paar einzelne Wirbel erhalten sind, Pathologien auf, was auffallend mit deren Seltenheit bei grossen Menschenaffen kontrastiert (Jurmain 2000). Es ist aber auch eine unerwartet hohe Prävalenz, wenn man dies mit heutigen Menschen vergleicht, besonders wenn man bedenkt, dass viele der Fossilien von subadulten Individuen stammen. Bei heutigen Jugendlichen ist Morbus Scheuermann die

häufigste Erkrankung der Wirbelsäule – in westlichen Ländern leiden ungefähr 7% darunter (Scoles *et al.* 1991), jedoch drei von sechs frühen Hominidenfossilien sind davon betroffen.

All diesen Störungen ist gemeinsam, dass eine mechanische Überbelastung eine wichtige Rolle bei ihrer Entstehung spielt. Bei Morbus Scheuermann und bei der Facettengelenkssubluxation wie im Falle des Knaben von Nariokotome ist die sensible Phase während des pubertären Wachstumsschubs. Spondylosis deformans tritt dagegen typischerweise im fortgeschrittenen Alter auf, doch das davon betroffene *Australopithecus africanus* Skelett aus Sterktontein, Stw 431, scheint von einem jüngeren Erwachsenen zu stammen (Häusler 2001).

Eine Überbelastung ist jedoch nicht allein eine Funktion der einwirkenden Kraft, sondern auch der Fläche, auf welche die Kraft sich verteilt. Verschiedene Studien zeigten nun aber, dass der Wirbelquerschnitt bei frühen Hominiden inklusive *Homo erectus* relativ zum Körpergewicht auffallend klein ist verglichen mit heutigen Menschen (Latimer und Ward 1993). Dies überrascht, wenn man bedenkt, dass beim aufrechten Gang das gesamte Gewicht der oberen Körperhälfte auf die Wirbelsäule übertragen wird. Der kleine Wirbelquerschnitt hat sicherlich zur grossen mechanischen Belastung bei frühen Hominiden beigetragen. Der vergrösserte Wirbelquerschnitt bei heutigen Menschen muss deshalb zusammen mit der Lendenlordose als eine der wichtigsten Anpassungen im Bereich der Wirbelsäule an den aufrechten Gang angesehen werden. Unsere Resultate unterstützen die These, dass die heutige Wirbelsäule keine evolutive Fehlentwicklung, sondern ein optimierter Kompromiss zwischen Beweglichkeit und Stabilität ist (Farfan 1995, Putz und Müller-Gerbl 1996).

Danksagung

Wir danken Emma Mbua, Meave Leakey, Phillip Tobias, Beverly Kramer, Lee Berger, Francis Thackeray, Mamitu Yilma und dem Ethiopian Authority for Research and Conservation of Cultural Heritage sowie Susi Ulrich-Bochsler, Carel van Schaik, Tanya Uldin und Gerhard Hotz für den Zugang zu den von ihnen betreuten Sammlungen sowie der A.H. Schultz-Stiftung für einen Beitrag an die Reisekosten.

Literatur

- Cook DC, Buikstra JE, DeRousseau CJ, Johanson DC 1983. *Vertebral pathology in the Afar australopithecines*. American Journal of Physical Anthropology 60: 83–101.
- Cyron BM, Hutton WC 1980. *Articular tropism and stability of the lumbar spine*. Spine 5: 168–172.
- Dean MC, Leakey MG, Reid DJ, Schrenk F, Schwartz GT, Stringer C, Walker A 2001. *Growth processes in teeth distinguish modern humans from Homo erectus and earlier hominins*. Nature 414: 628–631.
- Farfan HF 1995. *Form and function of the musculoskeletal system as revealed by mathematical analysis of the lumbar spine*. An essay. Spine 20: 1462–1474.
- Frymoyer JW, Cats-Baril WL 1991. *An overview of the incidences and costs of low back pain*. Orthopedic Clinics of North America 22: 263–271.
- Hadley LA 1961. *Anatomico-roentgenographic studies of the posterior spinal articulations*. American Journal of Roentgenology, Radium Therapy and Nuclear Medicine 86: 270–276.
- Häusler M, Martelli S, Boeni T 2002. *Vertebrae numbers of the early hominid lumbar spine*. Journal of Human Evolution 43: 621–643.
- Häusler M 2001. *New insights into the locomotion of Australopithecus africanus: Implications of the partial skeleton Stw 431 (Sterkfontein, South Africa)*. Dissertation Anthropologisches Institut. Universität Zürich, Zürich.
- Ishihara H, Matsui H, Osada R, Ohshima H, Tsuji H 1997. *Facet joint asymmetry as a radiologic feature of lumbar intervertebral disc herniation in children and adolescents*. Spine 22: 2001–2004.
- Jenkins JR 2004. *Acquired degenerative changes of the intervertebral segments at and suprajacent to the lumbosacral junction. A radioanatomic analysis of the nondiscal structures of the spinal column and perispinal soft tissues*. European Journal of Radiology 50: 134–158.
- Jurmain RD 2000. *Degenerative joint disease in African great apes: an evolutionary perspective*. Journal of Human Evolution 39: 185–203.
- Kerttula LI, Serlo WS, Tervonen OA, Paakko EL, Vanharanta HV 2000. *Post-traumatic findings of the spine after earlier vertebral fracture in young patients: clinical and MRI study*. Spine 25: 1104–1108.
- Krogman WM 1951. *The scars of human evolution*. Scientific American 185: 54–57.
- Kujala UM, Taimela S, Erkintalo M, Salminen JJ, Kaprio J 1996. *Low-back pain in adolescent athletes*. Medicine and Science in Sports and Exercise 28: 165–170.
- Latimer B, Ward CV 1993. *The thoracic and lumbar vertebrae*. In: Walker A, Leakey R (eds.). *The Nariokotome Homo erectus Skeleton*. Springer. Berlin, 266–293.

- Latimer B, Ohman JC 2001. *Axial dysplasia in Homo erectus*. Journal of Human Evolution 40: A12.
- Lovejoy CO 2005. *The natural history of human gait and posture. Part 1. Spine and pelvis*. Gait and Posture 21: 95–112.
- Ohman JC, Wood C, Wood B, Crompton RH, Günther MM, Yu L, Savage R, Wang W 2002. *Stature-at-death of KNM-WT 15000*. Human Evolution 17: 79–94.
- Olshansky SJ, Carnes BA, Butler RN 2003. If Humans Were Built to Last. Scientific American Special Edition: New Look at Human Evolution: 94–100.
- Putz RLV, Müller-Gerbl M 1996. *The vertebral column – a phylogenetic failure? A theory explaining the function and vulnerability of the human spine*. Clinical Anatomy 9: 205–212.
- Ruff CB, Walker A 1993. *Body size and body shape*. In: Walker A, Leakey R (eds.). *The Nariokotome Homo erectus skeleton*. Springer, Berlin, 234–265.
- Schiess R, Haeusler M, Langenegger E 2006. *How pathological is the Nariokotome boy KNM-WT 15'000 (Homo erectus)?* American Journal of Physical Anthropology Supplement 42: 159.
- Schoen D 1953. *Spondyl-nearthrosis apicoarcualis*. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin 79: 226–229.
- Scoles PV, Latimer BM, DiGiovanni BF, Vargo E, Bauza S, Jellema LM 1991. *Vertebral alterations in Scheuermann's kyphosis*. Spine 16: 509–515.
- Volinn E 1997. *The epidemiology of low back pain in the rest of the world. A review of surveys in low- and middle-income countries*. Spine 22: 1747–1754.
- Walker A, Leakey R 1993 (eds.). *The Nariokotome Homo erectus skeleton*. Springer, Berlin.
- Woolf AD, Pfleger B 2003. *Burden of major musculoskeletal conditions*. Bulletin of the World Health Organization 81: 646–656.
- Zihlman A, Bolter D, Boesch C 2004. *Wild chimpanzee dentition and its implications for assessing life history in immature hominin fossils*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 101: 10541–10543.

Adresse:

Martin Haeusler
Kantonsspital Chur
Loëstrasse 190
7000 Chur
Schweiz
E-mail: mfh@aim.uzh.ch
Tel.: +41 81 256 61 11
Fax: +41 44 635 68 04

Abbildungsnachweis

Abb. 1

Martin Haeusler

Anthropologische Untersuchungen an Mumien und Skeletten aus der koptischen Klosteranlage Deir el-Bachit in Theben-West, Ägypten

[Anthropological analyses of mummies and skeletons from the Coptic monastery complex Deir el-Bachit in Thebes-West, Egypt]

SANDRA LÖSCH¹ (unter Mitarbeit von ESTELLE HOWER-TILMANN und ALBERT ZINK)

¹*Abteilung Anthropologie, Institut für Rechtsmedizin, Universität Bern, 3012 Bern, Schweiz*

Zusammenfassung

Das spätantik-koptische Kloster Deir el-Bachit ist das grösste bislang bekannte in Theben-West, es datiert in die Zeit zwischen dem 6. und 9. Jahrhundert AD. Bis jetzt konnten die Überreste von mindestens 26 Individuen aus dem Bereich der Anlage anthropologisch bearbeitet werden. 22 davon wurden in der Nekropole ausgegraben, in vier Fällen handelt es sich um Sonderbestattungen, die nicht aus dem Areal der Nekropole stammen. Der Grossteil der Bestatteten Individuen aus der Nekropole war männlich und erwachsen. Die menschlichen Überreste können in „teilweise mumifiziert“ und „teilweise skelettiert“ eingeteilt werden. Die Unterschiede könnten von sozialen Stratifizierungen der beiden Gruppen herrühren. In den Mumien ist eine bitumenartige Substanz zu finden, was bisher für koptische Mumien noch nicht beschrieben wurde. Die Verwendung von Salbölen mit Harzen und Bitumen zur Mumifikation war zu dieser Zeit bereits obsolet. Eine der Sonderbestattungen ist ein etwa dreijähriges Kind, das eingemauert vorgefunden wurde. Eine weitere ist ein juvenil-jungadultes weibliches Individuum in einem ehemaligen Speichergewölbe. Die Frau war wahrscheinlich schwanger und wurde Opfer einer Gewalttat. Darauf weisen die Knochen eines sechs Monate alten Fötus und eine intravitale Fraktur am Schädel hin. Sie stammt sicher nicht aus dem Zeitraum der Bewirtschaftung des Klosters, sondern ist in späterer Zeit dort deponiert worden.

Schlüsselwörter: Theben, koptisches Kloster, Mumien, Skelette, Sonderbestattung

Summary

Deir el-Bachit is up to now the largest known Coptic monastery complex in Thebes-West. It dates to the Late Antiquity period between the 6th and 9th century AD. So far, at least 26 individuals from the complex were analysed anthropologically. 22 of them were excavated at the necropolis; the other four are special burials that were found at other locations. Most individuals from the necropolis are male adults. There are two categories of human remains, “partial mummified” and “partial skeletonised” ones. The differences are probably due to social stratifications. At the mummies, a substance similar to bitumen was found. It is the first time that this is recorded for Coptic mummies. At the given time, oils containing resin or bitumen were normally not used any more. One of the special burials was a child of approximately three years which was found immured into a wall. Another special burial was a juvenile or young adult female who was found in the vault of an abandoned granary. The female was most likely pregnant and fell victim to a violent crime. This is indicated by the bones of a six months old foetus and an intra vital skull fracture. She was certainly no contemporary from the time the monastery was cultivated but was later deposited at this area.

Keywords: Thebes, Coptic monastery, mummies, skeletons, special burial

Einleitung

Am westlichen Ufer des Nils erhebt sich bei Theben, dem heutigen Luxor, auf dem Rücken des Hügels von Dra'Abu el-Naga das Kloster Deir el-Bachit über das Niltal. Die spätantik-koptische Klosteranlage ist die

grösste bislang bekannte in Theben-West und datiert in die Zeit zwischen dem 6. und 9. Jahrhundert AD. Der Komplex wurde von den Jahren 2003 bis 2008 im Rahmen eines DFG-Projektes des Ägyptologischen Institutes der LMU München unter der Leitung von Ina Eichner und Günter Burkard ausgegraben und erforscht;



Abb. 1: Grabungsareal, Blick nach Norden.

das Grabungsareal liegt auf dem Konzessionsgebiet des Deutschen Archäologischen Institutes (Abb. 1).

Bei früheren Grabungen am Hügel von Dra'Abu el-Naga unter der Leitung von Daniel Polz in den Jahren von 1993 bis 1999 waren in den Vorhöfen einer pharaonischen Grabanlage Überreste einer spätantiken klösterlichen Wirtschaftsanlage zutage gekommen. Aus dieser Situation entstand die Idee, ein interdisziplinäres Grabungsprojekt ins Leben zu rufen und neben den pharaonischen Denkmälern auch die Klosteranlage zu erforschen. Bis zum Beginn des ersten Oberflächen-surveys im Jahr 2001 war das Kloster lediglich auf einer Karte von John Gardner Wilkinson von 1830 verzeichnet gewesen. Zwar hatten Reisende des 19. Jahrhunderts mehrfach eine Anlage auf dem Hügel von Dra'Abu el-Naga erwähnt, aber obwohl es sich augenscheinlich um die grösste und damit wohl bedeutendste Klosteranlage in Theben-West handelte, hatte es dort bisher keinerlei Forschungen gegeben (Burkard und Eichner 2007).

Während der ersten Grabungskampagne im Jahr 2003 wurde im Zentrum der Anlage ein Gebäude freigelegt, das aufgrund seiner Lage als fortan als „Zentralgebäude“ bezeichnet wurde. Der Bau hatte wegen seiner Lage und qualitativ hochwertigen

Bauweise wahrscheinlich eine besondere Bedeutung, vermutlich war es der Bau des Gründungsvaters oder ein Wohnturm. Alle Bauten innerhalb der Umfassungsmauern waren aus luftgetrocknetem Nilschlamm errichtet und sassens meistens auf einem Sockel aus Bruchsteinen (Burkard *et al.* 2003, Burkard und Mackensen 2003).

Im Jahr 2004 folgten Grabungen nördlich und westlich des Zentralgebäudes, bei denen das Refektorium, ein Vorratsraum mit Webstühlen und ein Gebäude mit Schlafzellen freigelegt wurden (Eichner und Fauerbach 2005, Polz und Eichner 2006). Im Refektorium befanden sich sechs aus getrockneten Lehmziegeln aufgemauerte Sitzringe, die mit feinem Lehmputz überzogen waren. In der Mitte dieser Sitzringe stand jeweils ein ebenfalls aus Lehmziegeln gemauerter Tisch. Eine experimentelle Sitzprobe ergab, dass um jeden Tisch elf bis zwölf Personen Platz gefunden hätten. Schätzt man daraus die Zahl der Klosterbewohner, so ergibt sich eine maximale Anzahl von 66 bis 72 – gesetzt den Fall, dass alle zur gleichen Zeit dort lebten oder wohnten. Im Osten des Refektoriums schliesst sich ein Gebäude mit kleinen Schlafzellen zu beiden Seiten eines Mittelkorridors an. Da bislang lediglich sein westlicher Teil ausgegraben

wurde, kann hier noch keine Gegenschätzung der maximalen Belegschaft des Klosters entlang der gefundenen Schlafstellen erfolgen. Eine der Schlafzellen misst im Grundriss 2.00×2.80 Meter. Entlang der Wände stehen drei Betten aus Lehm. Von dem Holzrost eines der Betten konnte bei den Ausgrabungen noch eine Matte aus Palmfasern geborgen werden. Wandnischen über den Betten dienten wohl zur Aufnahme persönlicher Habseligkeiten, in eine von ihnen waren Lehmschälchen zum Ablegen kleiner Gegenstände eingetieft. Das Gebäude mit den Schlafzellen und das Refektorium vermitteln durch die erhaltenen Möbelreste ein recht lebendiges Bild vom Alltagsleben des Klosters. Die beiden beschriebenen Räume grenzen unmittelbar an einen Vorratsraum, in dem zwei in den Lehmbo den eingesenkte Webgruben untergebracht waren. Weben und Flechten gehörte zum Alltag des Klosterlebens, beides ist vielfach in antiken Texten belegt (Burkard und Eichner 2007). An einigen Stellen sind Reste einer Deckenkonstruktion erhalten, wie sie auch heute noch in Ägypten anzutreffen ist.

Südlich des Zentralgebäudes erstrecken sich weitere Vorratsräume mit drei grossen Vorratsbehältern für Getreide. Die Behälter bestehen aus einzelnen Lehmziegelringen und waren ursprünglich oben geschlossen. In einem Raum wurden mehrere gestempelte Gefässpfropfen aus Lehm gefunden, die zur Versiegelung von Amphoren dienten. Die Archäologen nehmen deshalb an, dass in diesem Raum Amphoren gelagert wurden. Da auch die Vorratsräume unmittelbarer Nachbarschaft lagen, wird an dieser Stelle die Küche der Klosteranlage verortet. Östlich der Vorratsräume erstreckte sich ein wahrscheinlich nicht überdachter Hof. Sein Fussboden besteht aus Plattenplaster mit Hieroglyphen-Inschriften, die aus den umliegenden pharaonischen Gräbern stammen. Dies dokumentiert, auf welche Weise zur Zeit des koptischen Klosters mit pharaonischen Spolien umgegangen wurde. Neben dem Hof wurde Ziegelplaster freigelegt, unter dem zwei ältere Tonnengewölbe zum Vorschein kamen. Die Gewölbe waren auf ihrer Innenseite sorgfältig mit Lehm verputzt. Wahrscheinlich dienten sie ebenfalls als Getreidelager. Das Gewölbe kam zu einer noch nicht näher definierten Zeit ausser Gebrauch und wurde zugeschüttet. Zur Klärung des genauen Zeitpunktes müssen im Schutt gefundene Ostraka und Keramik ausgewertet werden, was derzeit von Thomas Beckh als Dissertation vorgenommen wird. Zu den wichtigsten Kleinfunden der Klosteranlage zählen lederne Bucheinbände von Papyrushandschriften. Bislang lassen sich die Fragmente mehrerer verschiedener Bücher nachweisen, die vor allem im Bereich südlich des Zentralgebäudes gefunden wurden. Möglicherweise



Abb. 2: Nordteil der Nekropole.

befand sich auf diesem Areal eine Bibliothek (Eichner *et al.* 2009).

Im Jahr 2005 wurde die Grabung auf die zugehörige Klosternekropole ausgedehnt (Abb. 2). Sie liegt ausserhalb der Anlage auf einer Anhöhe im Osten. Da die Gräber stark zerwühlt und oft mehrfach beraubt waren, gab es über den Aufbau der Nekropole und ihr genaues Erscheinungsbild zunächst nicht viele Informationen. Die Ausgrabungen brachten schliesslich zwei Bestattungsniveaus zutage: In der älteren, unteren Bestattungsschicht wurden die Individuen in zuvor in den Felsen geschlagene Gruben gelegt. Darüber befand sich eine Schicht aus Schutt und Sand, die das Fundament für die zweite, jüngere Bestattungsschicht bildete. Auf diesem Fundament wurden Lehmmauern für die jüngeren Gräber der oberen Bestattungsschicht errichtet. Die Gräber haben die Form rechteckiger Grabgruben, die von niedrigen, kastenförmigen Lehmmauern eingefasst sind und auf der Oberseite vermutlich mit Lehm abgedeckt waren. Beginnend mit den älteren im Norden reihen sie sich gleichförmig in Nord-Süd-Richtung aneinander. Sie sind in regel-

mässigen langen Reihen angelegt und durch schmale Wege getrennt. Obwohl die Gräber besonders der oberen Schicht mehrfach beraubt wurden, konnten einige vollständig erhaltene Mumien und Skelette ergraben und anthropologisch untersucht werden (Sandra Lösch, Estelle Hower-Tilmann, Albert Zink).

Material

Die anthropologische Untersuchung der in den Vorjahren gesammelten menschlichen Überreste erfolgte in den Jahren 2007 und 2008. Bislang wurden die Überreste von mindestens 26 Individuen bearbeitet. Hinzu kommen einige Streufunde aus teilweise pharaonischer Zeit, auf die im Rahmen dieser Publikation jedoch nicht weiter eingegangen wird. Die Nekropole ist noch nicht vollständig ausgegraben. Derzeit ist ein DFG-Antrag in Vorbereitung, um weiterführende interdisziplinäre Arbeiten in Deir el-Bachit zu ermöglichen.

Die Bearbeitung menschlicher Überreste in Ägypten ist insofern problematisch, als die Möglichkeiten vor Ort oftmals hinter dem aktuellen Stand der Forschung und des technisch Machbaren bleiben müssen. Ägyptisches Fundgut jeglicher Art darf per Gesetz ausschliesslich im Land selbst untersucht und niemals ins Ausland verbracht werden. Die methodischen Techniken vor Ort sind aber relativ begrenzt. Datierungen sind manchmal nur vage, weiterführende Untersuchungen sich aufdrängender Fragestellungen überhaupt nicht möglich. Beispielhaft genannt seien hier stabile Isotopenanalysen, ancient DNA Analysen, bildgebende medizinische Verfahren und ähnliche. Ohne die aktuelle Situation werten zu wollen – Forscher haben gelernt, mit den Realitäten umzugehen – ist und bleibt die Bearbeitung ägyptischen Materials ein grosses Privileg für alle Beteiligten.

Methoden

Morphologische Bestimmung des Geschlechts am Skelett

Die Geschlechtsdiagnose beruht auf der Bewertung des Geschlechtsdimorphismus von Form- und Grössemerkmalen am Skelett. Diese Merkmale unterliegen jedoch bei räumlich und zeitlich getrennten Populationen einer gewissen Variabilität (Herrmann *et al.* 1990). Deshalb ist es wichtig, sich vorab einen Überblick über die zu bearbeitende Skelettserie zu

verschaffen und Individuen mit charakteristischen Merkmalsausprägungen als „Standards“ einzuführen. Erst danach kann eine Geschlechtsbestimmung der übrigen Individuen des Skelettkollektivs erfolgen.

In allen menschlichen Populationen sind Männer im Durchschnitt grösser als Frauen. Sie haben eine stärker entwickelte Muskulatur sowie grössere Köpfe, Hände und Füsse. Analog dazu ist das Skelett eines männlichen Individuums innerhalb einer Population im Durchschnitt grösser als das eines weiblichen Individuums, mit grösseren Dimensionen aller Knochen und Muskelansatzstellen (Sjovold 1988). Die grösste Ausprägung dieses Sexualdimorphismus am erwachsenen Skelett ist die Beckenregion, die bei der Frau an Schwangerschaft und Geburt angepasst ist. Am Schädel sind Geschlechtsunterschiede meist durch verschiedene Robustizitätsgrade gleichartiger Strukturen ausgedrückt. Auch die Femora können zur Geschlechtsbestimmung herangezogen werden. Neben der grösseren Robustizität und Länge bei männlichen Individuen ist der Winkel, den Femurhals und Femurschaft (Collo-Diaphysen-Winkel) bilden, bei Männern grösser als bei Frauen. Das gilt auch für den Durchmesser des Caput femoris, der bei Frauen in der Regel kleiner ist (Herrmann *et al.* 1990). Für eine Geschlechtsbestimmung am Skelett ist zweifellos das Becken am aussagekräftigsten, gefolgt von Schädel und Langknochen. Eine Geschlechtsdiagnose wird umso genauer sein, je mehr Merkmale berücksichtigt werden können. Eine morphologische Geschlechtsdiagnose subadulter Individuen ist meist nicht möglich, da bei ihnen die geschlechtsdifferenzierenden Merkmale noch nicht ausgebildet sind.

Morphologische Bestimmung des Sterbealters am Skelett

Die Diagnose des Skeletalters (biologisches Alter) liefert eine grundlegende Information über ein Individuum. Das Skeletalter wird jedoch durch externe Faktoren wie Umweltbedingungen, Ernährung, Arbeitsbelastung oder Krankheiten beeinflusst. Es stimmt somit nur annähernd mit dem chronologischen Alter überein.

Eine erfolgreiche Sterbealtersbestimmung am erwachsenen Skelett hängt meist von dessen Erhaltungszustand ab. Vor allem für stark fragmentiertes Material ist die „komplexe Methode“ nach Acsádi und Nemeskéri (1970) nicht geeignet, da sie zu aufwendig und fehleranfällig ist (Ferembach *et al.* 1979). Soweit vorhanden und erhalten wurden jedoch die Oberflächenstrukturen der Schambeinsymphysen (Facies symphysialis pubica) für die morphologische Sterbealtersbestimmung herangezogen. Acsádi und

Nemeskéri (1970) teilen die altersvariablen Veränderungen der Facies symphysialis in fünf Stadien ein. Das wichtigste Kriterium für die Sterbealtersbestimmung von Erwachsenen war der ektocraniale Nahtverschluss. Die Sutura coronalis, die Sutura sagittalis und die Sutura lambdoidea des Schädels werden dabei in 16 Nahtabschnitte eingeteilt, die in unterschiedlichen, definierten Lebensabschnitten verwachsen (Olivier 1960, Vallois 1937). Bei dieser Methode ist die individuelle Variabilität bei der Diagnose relativ gross, deshalb beschränkt sich die morphologische Sterbealtersbestimmung der Individuen auf eine Einteilung in Altersklassen (Tab. 1).

Tab. 1: Altersklassen.

Altersklasse	Jahre
Infans I	0–6
Infans II	7–12
Juvenis	13–20
Adultas	20–40
Spätadultas–Frühmaturitas	30–50
Maturitas	40–60
Senilis	60–x
unbest. Erwachsene	20–x

Bei juvenilen Individuen und Jungerwachsenen fällt die Bestimmung des Sterbealters entsprechend leichter. Die Zeitpunkte der Verwachsung von Epiphysen sind für das Jugendalter relativ genau definiert (Brothwell 1981, Szilvassy 1988). Der Verschluss beginnt bei weiblichen Individuen meist früher als bei männlichen. Darüber hinaus zeigt die proximale Gelenkfläche des Schlüsselbeins (Facies articularis sternalis) eine Reliefbildung, die sich vom 18. bis zum 26. Lebensjahr charakteristisch ändert und deshalb eine Altersbestimmung ermöglicht (Szilvassy 1980).

Die Beurteilung des Sterbealters von Kindern und Jugendlichen erfolgt an Entwicklungsstufen von Zähnen im Ober- und Unterkiefer. Hier leisten zum Beispiel die Zahnschemata von Ubelaker (1978) und Scheuer und Black (2000) gute Dienste. Es wurde bereits 1979 von der Arbeitsgruppe europäischer Anthropologen empfohlen (Ferembach *et al.* 1979). Ferner wurden Ossifikationsmerkmale berücksichtigt (Ferembach *et al.* 1979). Das Schema von Szilvassy (1988) diente der Altersbestimmung bei fragmentiertem Skelettmaterial. Für das neonate Individuum wurden Messwerte von Fazekas und Kosa (1978) verwendet.

Bestimmung der Körperhöhe am Skelett

Das Schätzen der Körperhöhe ist Bestandteil der Individualdiagnose. Der Gruppenbefund basiert auf dem Vergleich osteometrischer Daten des postcranialen Skeletts. Ziel der Untersuchung ist hier, morphologische Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Bevölkerungsgruppen oder innerhalb einer Population oder eines Gräberfeldes zu erfassen. Neben der genetischen Variabilität können während der Wachstumsphase eines Individuums verschiedene Faktoren seine Körperhöhe beeinflussen. Darunter fallen zum Beispiel Krankheiten, Stress, Arbeitsbelastung und vor allem die Ernährung. Eine in der Kindheit etwa durch Mangelernährung hervorgerufen Wachstumsverzögerung kann auch durch eine spätere Verbesserung der Ernährungssituation nicht mehr ausgeglichen werden (Wurm 1987). Häufiger Konsum tierischen Eiweisses während der Wachstumsphase soll dagegen zu einer Zunahme der Körperhöhe führen (Wurm 1982, 1987).

Die Körperhöhen wurden mithilfe der Gleichung von Trotter und Gleser (1952) aus Messwerten (nach Martin 1914) der langen Extremitätenknochen berechnet. Diese Formeln erlauben allerdings nur eine annähernde Angabe der Körperhöhe und können daher nur Schätzcharakter haben; die Abweichung muss mit angegeben werden (Herrmann *et al.* 1990).

Ergebnisse

Mumien

Aus der Nekropole wurden zehn adulte Mumien geborgen (Tab. 2). Sieben davon waren in Folge der Grabberaubungen nicht mehr intakt. Diese Individuen konnten problemlos untersucht werden: die Mumienbinden waren aufgerissen oder entfernt worden, das menschliche Gewebe lag frei. Alle sieben konnten als männlich bestimmt werden. Die mittlere Körperhöhe betrug 163 ± 4 cm ($n=4$). Die Mumien waren ursprünglich in minimal fünf und maximal sieben Leinentücher gewickelt und aussen mit einem Gewebiband verschnürt. Die einzelnen Tücher haben eine Länge von etwa zwei Metern und waren an den Fussenden aufgerollt und verschnürt (Polz 2006). Sowohl Tücher als auch Bänder waren stellenweise stark mit einer harzartigen Masse verklebt. Bei einigen Mumien befand sich unmittelbar an der Leiche ein Lendenschurz aus Stoff, der um Becken und Oberschenkel geschlungen war. In den Leinentüchern oder an den Mumien selbst wurden keinerlei Beigaben

Tab. 2: Anthropologisch untersuchte Individuen aus Deir el-Bachit (n=26), ohne Streufunde.

iDeir el-Bachit	Individuum	Grab-Nr.	Geschlecht	Alter	Körperhöhe
Mumie	SKB 15	–	m	20–30	nd
Mumie	SKB 17	–	m	30–50	163
Mumie	SKB 19	–	m	20–60	nd
Mumie	SKB 20	–	m	40–60	159
Mumie	SKB 22	–	m	40–60	163
Mumie	SKB 23	–	m	30–50	nd
Mumie	DeB 3666	–	m	30–40	168
Mumie	SKB 5	–	nd	nd	nd
Mumie	SKB 2	–	nd	nd	nd
Mumie	SKB 9	–	nd	nd	nd
Skelett in situ	SKB 25	103	m	20–40	166
Skelett in situ	SKB 28	101	m	30–x	168
Skelett in situ	SKB 29	102	m	20–40	nd
Skelett in situ	SKB 31	105	m	22–27	164
Skelett in situ	SKB 32	106	m	30–50	164
Skelett in situ	SKB 33	109	m	60–x	161
Skelett Kind	SKB 3	20	nd	3–5	nd
Skelett Kind	SKB 3	20	nd	0,5–2	nd
Skelett Kind	SKB 3	20	nd	neonat	nd
Skelett	SKB 30	104	m	30–50	nd
Skelett	SKB 40	135	m	25–x	nd
Skelett	SKB 34	NEK 18	m	20–x	168
Skelett Sonderbestattung	SKB 24	Gewölbe	w	19–23	151
Fötus Skelett Sonderbestattung	SKB 24	Gewölbe	nd	Fötus	nd
Kind Skelett Sonderbestattung? Streufund?	SKB 24	Gewölbe	nd	6–10	nd
Kindermumie Sonderbestattung	SKB 43	Mauer	nd	2,5–3,5	nd

(mehr) gefunden, eine ähnliche Fundsituation beschrieben Gessler-Löhr *et al.* (2007) für koptische Mumien aus Karara in Mittelägypten. Zwischen den inneren Tuchlagen und unmittelbar auf den Leichen befanden sich grössere Mengen Salz und Wacholderbeeren (Abb. 3).

Bei allen teilweise zerstörten Mumien, die untersucht werden konnten, war die rechte Lunge erhalten und mit einer bitumenartigen Substanz verbacken (Abb. 4). Dieselbe Substanz fand sich auch in den Zwischenwirbelgelenken und im Beckenbereich.

Andere Organe waren nicht oder nur in kleinen Resten vorhanden.

Der allgemeine Erhaltungszustand der Mumien war sehr gut, was sich unter anderem in der Konservierung von Haut, Haaren, Ohren und Augen widerspiegelte. Der Erhaltungszustand scheint dabei mit der Anzahl der verwendeten Bindenlagen zu korrelieren.

Die drei intakten Mumien wurden nicht ausgewickelt und untersucht. Sie lagern heute unversehrt im ägyptischen Archiv Luxor und sollen später mit bildgebenden Verfahren (CT) nicht invasiv untersucht



Abb. 3: Wacholderbeeren und Salz an den Mumien (Skalierung = 1cm).

werden. Die Mumien werden damit nachfolgenden Generationen erhalten bleiben. Auffällig an den untersuchten Mumien sind der konstruierte, satteldachartige Aufbau des Kopfbereichs und die ebenfalls betonte kompakte Fusspartie (Gessler-Löhr *et al.* 2007). Die im Verhältnis zum Kopf- und Fussbereich relativ flach wirkenden menschlichen Überreste sind in mehrere Lagen dünner Tücher gehüllt. Eine weitere Besonderheit ist die geometrische Wicklung durchgängiger rotbräunlicher Gewebebänder in verschiedenen Mustern wie Kreuzen, Rauten und Kassetten über dem äusseren Leinentuch (Abb. 5).

Skelette

Neun adulte Skelette wurden aus der Nekropole geborgen, davon sechs *in situ* und drei in verworfenem Zustand. Alle neun wurden als männlich bestimmt. Ausserdem wurden drei Kinderskelette entdeckt.

Keines der Skelette weist Spuren intentioneller Mumifizierung auf. Auffällig sind jedoch ausgeprägte Salzausblühungen vor allem an den Schädelknochen und einigen Langknochen. Die Skelette wirken etwas robuster und grösser als die mumifizierten Individuen. Die mittlere Körperhöhe beträgt 165 ± 3 cm ($n=6$). Der Erhaltungszustand war mässig, die Knochen zum Teil sehr fragil und mit dem Boden verbacken, weshalb die paläopathologische Beurteilung nicht im vollen Umfang erfolgen konnte.

Gesamte Nekropole

Ohne Einbeziehung der Streufunde wurden innerhalb der Nekropole bislang 22 Individuen ausgegraben. Drei Individuen fallen in die Altersklasse Infans I (Abb. 6). Eines war drei bis fünf Jahre alt, eines ein halbes bis zwei Jahre, eines war neonat. Das Geschlecht wurde hier nicht bestimmt. Keines dieser drei Kinder konnte einem eigenen Grab zugeordnet werden.

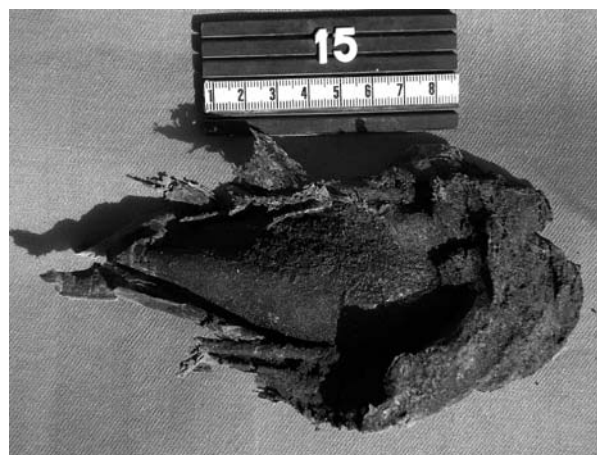


Abb. 4: Mit bitumenartiger Substanz verbackene Lunge (SKB 15).



Abb. 5: Intakte koptische Mumie aus Deir el-Bachit (SKB 5).

16 männliche Individuen fallen in die Altersklassen Adultas bis Senilis. Vier konnten lediglich als „erwachsen“ klassifiziert werden. Bei drei Individuen konnten weder Geschlecht noch Alter bestimmt werden. Es sind die intakten und deshalb noch nicht näher untersuchten Mumien.

Sonderbestattungen

Ein aussergewöhnlicher Fund war eine eingemauerte Kinderbestattung (SKB 43, Abb. 7). Ein etwa dreijähriges Kind wurde in einem Leinensack bestattet, der seitlich und am Kopf- und Fussende grob vernäht war. Eine Schnur war sieben- bis achtmal um die Füsse gewickelt, zog nach oben und war dort ein weiteres Mal

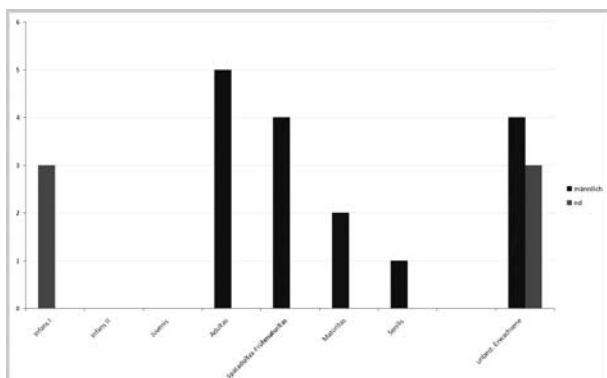


Abb. 6: Altersverteilung in der Nekropole von Deir el-Bachit (n=22), Ordinate=n.

um Hals und Gesichtsmitte gerollt. Durch ein vorsichtiges Lösen von Schnur und Naht wurde das Kind freigelegt. Es trug eine Kappe aus Leinen, die mit wahrscheinlich seidenen grünen, rosa und blauen Bestickungen versehen war und ein Hemdchen mit kurzen Armöffnungen und grossem Ausschnitt. Von wenigen Weichgeweberesten wie Knorpel und Haut abgesehen war das kindliche Individuum weitgehend skelettiert (Abb. 8). Der pathologische Befund ergab Hinweise auf eine leichte *Cribra orbitalia* (Grad 1,5). Weder das Skelett noch die wenigen mumifizierten Teile des Kindes konnten Hinweise auf die Todesursache geben.

Für einen weiteren besonderen Befund sorgte ein Skelett im Schutt des Tonnengewölbes des koptischen Klosters. Das weibliche Individuum starb im Alter von etwa 19 bis 23 Jahren (SKB 24). Die Oberseite des Schädels wies Folgen einer schweren Verletzung auf (Abb. 9). Da es keine Anzeichen für einen Heilungsprozess gab, muss diese Verletzung unmittelbar zum Tod der jungen Frau geführt haben. Das Bruchmuster deutet auf einen stumpfen Gegenstand hin, der die Schädeldecke teilweise durchbrach und deshalb den Kopf mit erheblicher Gewalt getroffen haben muss. Bei den Knochen der Frau lagen auch einige Knochen eines Fötus von etwa sechs Lunarmonaten (Humerus, Tibia, Schädelfragmente). Im selben Tonnengewölbe lagen ausserdem einige wenige Skelettelemente eines Kindes der Altersklasse Infans II (sechs bis zehn Jahre). Da diese Überreste nicht auf dem Areal der Nekropole gefunden wurden, fallen sie ebenfalls in die Kategorie „Sonderbestattung“. Sie wurden jedoch nicht weiter untersucht, weil zu wenig Knochen vorhanden waren.



Abb. 7: Fundplatz des Kindes.

Diskussion

Obwohl sich seit dem 1. Jahrhundert AD in Ägypten das Christentum ausbreitete, wurden erst nach 392 AD die letzten Göttertempel aufgegeben. Kaiser Theodosius erliess zu dieser Zeit ein Edikt, das heidnische Kulte und jegliche Bildverehrung verbot. Die Mumifizierung wurde jedoch nicht explizit untersagt, damit konnten christliche Bevölkerungsgruppen und selbst Kloostergemeinschaften am Prinzip dieser Bestattungsform festhalten (Gessler-Löhr *et al.* 2007). Eine natürliche Mumifikation der Überreste aus Deir el-Bachit kann ausgeschlossen werden: Die grösseren Mengen an Salz und die Wacholderbeeren an den Mumien sprechen dagegen, beides wurde offensichtlich gezielt zur Konservierung des Körpers eingesetzt. Es lässt sich noch nicht sicher sagen, ob die Salzausblühungen an den Skeletten alleine auf die Behandlung der Bestatteten mit Salz (ohne Wicklung in Leinentücher) zurückgehen, oder ob sie eine Folge des natürlichen Salzgehaltes des Bodens sind. Die bitumenartige Substanz in Lungen und Oberkörpern der untersuchten Mumien sollte ebenfalls noch einer

genaueren Analyse unterzogen werden. Zwischen dem 6. und dem 9. Jahrhundert AD waren sowohl das altägyptische Totenbrauchtum als auch die Mumifikation unter Verwendung von Salbölen mit Harzen und Bitumen bereits obsolet. An menschlichen Überresten aus Ägypten sind diese Substanzen lediglich bis in die römische Periode nachgewiesen (Aufderheide 2003). Sind die Mumien von Deir el-Bachit vielleicht letzte Zeugen viel älterer ägyptischer Bestattungsriten? Fragen zu den Umständen der Mumifikation und der Art und Weise, wie die Substanz in den Körper gelangt ist, könnten mit einer chromatographischen Untersuchung des vermeintlichen Bitumens geklärt werden (Nissenbaum 1992). Eventuell wurde die Substanz im Zuge der Mumifizierung über den Mundraum und die Luftröhre eingefüllt, da an den Mumien keinerlei spezifische intentionelle Öffnungen am Oberkörper zu finden waren.

Es gibt keine feststellbare Korrelation von mumifizierten und skelettierten Individuen mit dem Bestattungsniveau. Vielmehr muss die Frage nach einer sozialen Stratifizierung innerhalb der Individuen gestellt werden. Weitere Ausgrabungen in der Nekropole sind

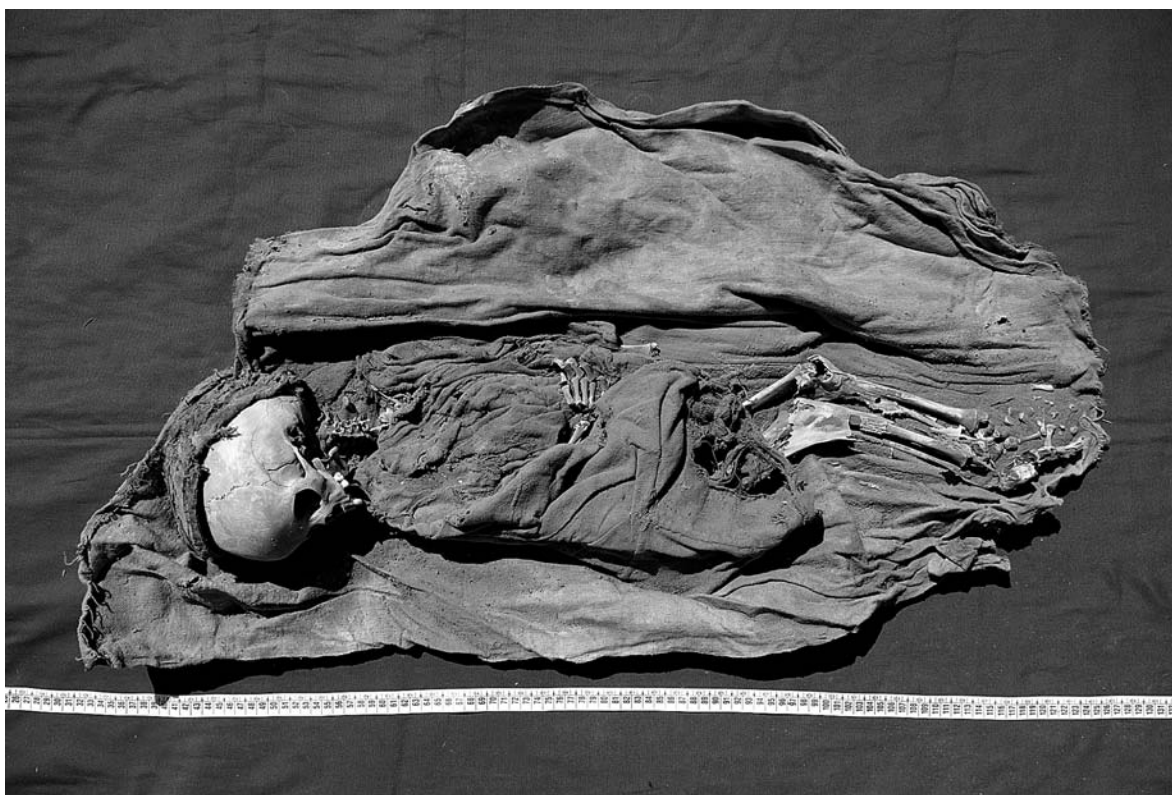


Abb. 8: Sonderbestattung in Form eines eingemauerten Kindes (SKB 43).

geplant, um die Stichprobenanzahl zu vergrössern. Ein weiterer Antrag beim Ägyptischen Antikenamt zur Analyse stabiler Isotope ist ebenfalls in Vorbereitung.

Die anthropologischen Untersuchungen entsprechen dem archäologischen Befund eines koptischen Klosterbetriebes: Von 19 erwachsenen Individuen konnten 16 als männlich bestimmt werden. Die übrigen drei Individuen sind intakte Mumien, an denen im Sinne einer langfristigen Erhaltung keine Geschlechtsbestimmung vorgenommen wurde. Gemessen an der experimentellen Sitzprobe an den ausgegrabenen Tischen mit dem Ergebnis einer maximalen Personenanzahl von 66 bis 72 sind die bisher 22 ausgegrabenen Individuen wohl nur ein geringer Teil der Individuen, die tatsächlich im Kloster lebten. Wir hoffen, durch künftige Ausgrabungen einen noch grösseren Teil der Klostergemeinschaft erfassen zu können.

Bei der Verteilung der Individuen über die Altersklassen liegt der Sterbegipfel auf den ersten Blick unter den Adultas. Allerdings könnten die nichtbestimmbaren Erwachsenen den Sterbegipfel

statistisch gesehen verändern, wenn sie einer Altersklasse zugeordnet hätten werden können. Die errechneten Körperhöhen der Mönche entsprechen den Bereichen bei anderen Grabungen in Ägypten unterschiedlicher Zeitstellungen (Alexanian *et al.* 2008, Hower-Tilmann, Lösch, Nerlich, Zink unveröffentlichte Daten). Dies lässt auf eine durchschnittliche Ernährungssituation der Individuen des Klosters vor allem während ihrer Entwicklungsphasen schliessen. Der Fund dreier Kinder der Altersklasse Infans I auf dem Areal der Klosternekropole ist nicht weiter ungewöhnlich. Sie waren entweder nie Teil der Klostergemeinschaft oder wurden zu einer Zeit bestattet, als das Kloster nicht bewirtschaftet wurde. Für letzteres spräche die Schwierigkeit, die drei Individuen eindeutig einem Grab zuzuordnen. Andererseits sind Kinder in christlichen Klöstern keine völlig unbekannte Grösse. Ihre Eltern könnten sie dem Kloster „geschenkt“ und sie dort als Arbeitskraft gedient haben. Denkbar wäre auch eine Bestattung durch christliche Eltern in geweihter Erde. Dies wäre besonders für das neonate und das ein halbes bis zwei

Jahre alte Kind vorstellbar, da sie in diesem Alter keine nutzbare Arbeitsressource für die Klostergemeinschaft dargestellt haben dürften.

In einem ähnlichen Kontext könnte das Kind in der Mauer stehen. Sonderbestattungen von Kleinkindern sind aus vielen Kulturkreisen und vielen Zeitstellungen bekannt (Bacvarov 2008, Schwidetzky 1965, Scott 1999, Ulrich-Bochsler 1997, Ulrich-Bochsler und Meyer 1990). So führt Rösing (1990) ein Kleinkinderdefizit im alten Assuan (Qubbet el-Hawa und Elephantine) auf Sonderbestattungen zurück; Schulz und Schmidt-Schulz (1993) wiesen unter den Böden von Wohnhäusern in der Stadtsiedlung von Elephantine Sonderbestattungen von Kleinkindern nach. Auch in der geographisch nicht weit von Deir el-Bachit gelegenen Arbeitersiedlung des Neuen Reichs Deir el-Medineh wurden eigene Kinderbestattungen gefunden (Bonnet und Valbelle 1976). Es gibt keine Literaturhinweise über Sonderbestattungen im koptischen oder nachkoptischen Ägypten in Form eines eingemauerten Kindes. Deshalb sollte ebenso die Möglichkeit eines menschlichen Bauopfers diskutiert werden: Das Einmauern von Menschen beim Bau von Burgen, Stadtmauern und Klosterbauten sowie Brücken und Deichen ist in Europa ist noch bis in die Neuzeit überliefert. Damit einher geht die Vorstellung, das jeweilige Bauwerk dauerhaft zu machen. Auch für den antiken Mittelmeerraum soll es diese Überlieferungen geben (Beilke-Voigt 2007). Im Fall des eingemauerten Kindes von Deir el-Bachit kann diese Deutung jedoch weitgehend ausgeschlossen werden. Nach der bisherigen archäologischen Datierung wurde das Kind erst längere Zeit nach dem Bau der Mauer dort niedergelegt, der Bestattungszeitraum fällt frühestens ins 6. bis 9. Jahrhundert. Eine Datierung der hier gefundenen Textilien steht noch aus, auch die Todesursache konnte leider nicht festgestellt werden. Der Nachweis von Cribra orbitalia Grad 1,5 spricht zwar für eine multiple Mangelsituation (Zink 1999), darf als alleinige Todesursache jedoch nicht gelten. Die aufwendige Bestattung des Kindes schliesst eine schnelle Entsorgung aus, wir können vielmehr mit Sicherheit von einer intentionellen Niederlegung sprechen.

Die ebenfalls ausserhalb der Nekropole bestattete spätjuvenil–jungadulte Frau (SKB 24) ist ebenfalls eine Sonderbestattung. Die intravital zugefügte Verletzung am Schädel lässt vermuten, dass sie einer Gewalttat zum Opfer fiel (Abb. 9). Die in der Beckenregion der Frau gefundenen Knochen eines sechs Lunarmonate alten Fötus weisen auf eine Schwangerschaft zum Zeitpunkt des Todes hin (Lösch und Zink 2011). Die Datierung der



Abb. 9: Trauma am Schädel (SKB 24).

mit ihr assoziierten Stoffreste, ihr Geschlecht und der Fundort ihrer Überreste zeigen eindeutig, dass sie nicht der Klostergemeinschaft zugeordnet werden kann. Ihr Tod ereignete sich zu einer Zeit, als das Kloster längst nicht mehr genutzt wurde. Die Frau wurde absichtlich im ehemaligen Tonnengewölbe deponiert. Und tatsächlich blieb ihr Versteck so lange unentdeckt, bis die Anlage vier- oder fünfhundert Jahre später archäologisch ergraben wurde.

Die wenigen Skelettelemente des Kindes der Altersklasse Infans II im Gewölbe gelten als Verwurf, der auf unbekannte Weise in die Schuttfüllung gelangt ist.

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Domenic Rüttimann für die Hilfe bei der Literaturbeschaffung und seine konstruktiven fachlichen Ratschläge. Korbinian Seitz, Christine Cooper und Christina Papageorgopoulou danke ich für das Lektorieren und Editieren. Ich möchte mich auch bei Ina Eichner und Daniel Polz bedanken, die reges Interesse an der anthropologischen Forschung haben und auf ihren Grabungen stets den interdisziplinären Austausch fördern. Es ist mir jedes Mal eine grosse Freude, in ihrem Team zu arbeiten.

Literatur

- Acsádi G, Nemeskéri I 1970. *History of human lifespan and mortality*. Academiai Kiado. Budapest.
- Alexanian N, Lösch S, Nerlich A, Seidlmayer SJ 2008. *The Necropolis of Dahshur. Fifth Excavation Report Spring 2008*. German Archaeological Institute and Free University of Berlin In: *ASAE. Annales du service de antiquites de l'Egypte*. American University in Cairo Press. Kairo.
- Aufderheide A 2003. *The Scientific Study of Mummies*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Bacvarov K 2006 (2008). *Babies Reborn: Infant/Child Burials in Pre- and Protohistory*. Proceedings of the XV World Congress, Lisbon 4–9 September 2006. BAR International Series 1832. Oxford.
- Beilke-Voigt I 2007. *Das „Opfer“ im archäologischen Befund. Studien zu den sog. Bauopfern, kultischen Niederlegungen und Bestattungen in ur- und frühgeschichtlichen Siedlungen Norddeutschlands und Dänemarks*. In: Callmer J, Meyer M, Struwe R, Theune C (ed.). *Berliner Archäologische Forschungen*. Verlag Marie Leidorf. Rahden.
- Bonnet C, Valbelle D 1976. *Le Village de Deir el-Médineh*. Etude Archéologique. BIFAO 76: 317–342.
- Brothwell DR 1981. *Digging up Bones. The excavation, treatment and study of human skeletal remains*. Cornell University Press, New York.
- Burkard G, Eichner I 2007. *Zwischen pharaonischen Gräbern und Ruinen: Das Kloster Deir el-Bachit in Theben-West*. In: Dreyer G, Polz D (ed.). *Begegnung mit der Vergangenheit – 100 Jahre in Ägypten*. Philipp von Zabern. Mainz, 270–274.
- Burkard G, Mackensen M, Polz D 2003. *Die spätantike/koptische Klosteranlage Deir el-Bachit in Dra'Abu el-Naga (Oberägypten), Erster Vorbericht*. MDAIK (Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts Kairo) 59: 41–65.
- Burkard G, Mackensen M 2002 (2003). *Die spätantike/koptische Klosteranlage Deir el-Bachit – eine interdisziplinäre Ausgrabung in Oberägypten*. Jahresbericht der Gesellschaft von Freunden und Förderern der Universität München 81: 25–27.
- Eichner I, Beckh T, Sigl J 2009. *Das Kloster Deir el-Bachit in Theben-West: Ergebnisse und Perspektiven*. In: Kessler D, Schulz R, Ullmann M, Verbovsek A, Wimmer S (ed.). *Texte – Theben – Tonfragmente*. Festschrift für Günter Burkard. Wiesbaden, 92–106.
- Eichner I, Fauerbach U 2005. *Die spätantike/koptische Klosteranlage Deir el-Bachit in Dra'Abu el-Naga (Oberägypten), Zweiter Vorbericht*. MDAIK (Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts Kairo) 61: 139–152.
- Fazekas GI, Kosa F 1978. *Forensic fetal osteology*. Akademiai Kiado. Budapest.
- Ferembach D, Schwidetzky I, Stloukal M 1979. *Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett*. Homo 30: 1–32.
- Gessler-Löhr B, Grabbe E, Raab B-W, Schultz M 2007. *Ausklang: Eine koptische Mumie aus christlicher Zeit*. In: *Ägyptische Mumien. Unsterblichkeit im Land der Pharaonen*. Philipp von Zabern. Mainz, 255–265.
- Herrmann B, Grupe G, Hummel S, Piepenbrink H, Schutkowski H 1990. *Prähistorische Anthropologie. Leitfaden der Feld- und Labormethoden*. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- Lösch S, Zink A 2011. *Traces of a homicide in the coptic monastery of Deir el-Bachit in Thebes-West, Egypt*. American Journal of Physical Anthropologists, Annual Meeting Issue, Supplement 52: 199–200.
- Martin R 1914. *Lehrbuch der Anthropologie. In systematischer Darstellung*. Verlag von Gustav Fischer. Jena.
- Nissenbaum A 1992. *Molecular archaeology: Organic geochemistry of Egyptian mummies*. Archaeology 19: 1–6.
- Olivier G 1960. *Pratique anthropologique*. Vigot Frères. Paris.
- Polz D 2006. *Theben-West. Dra'Abu el-Naga. Spätantike Klosteranlage Deir el-Bachit*. Rundbrief des Deutschen Archäologischen Instituts, Abteilung Kairo 2006: 10–11.
- Polz D, Eichner I 2006. *The Necropolis of Dra'Abu el-Naga at Thebes. A preliminary report of the 14th season (2004–2005)*. ASAE (Annales du service de antiquites de l'Egypte) 80: 299–309.
- Rösing FW 1990. *Qubbet el-Hawa und Elephantine. Zur Bevölkerungsgeschichte von Ägypten*. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, New York.
- Schultz M, Schmidt-Schultz T 1993. *Erste Ergebnisse der osteologischen Untersuchungen an den menschlichen Skelettfunden der 16.–20. Kampagne*. MDAIK (Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts Kairo) 49: 182–187.
- Schwidetzky I 1965. *Sonderbestattungen und ihre paläodemographische Bedeutung*. Homo 23: 230–247.
- Scott E 1999. *The Archaeology of Infancy and Death*. BAR International Series 1819. Oxford.
- Scheuer L, Black S 2000. *Developmental Juvenile Osteology*. Academic Press. San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo.
- Sjovold T 1988. *Geschlechtsdiagnose am Skelett*. In: Knußmann R (ed.). *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*. Vol 1. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, New York, 444–480.
- Szilvassy J 1980. *Age-Determination on the Sternal Articular Faces of the Clavícula*. Journal of Human Evolution 9: 609–610.
- Szilvassy J 1988. *Altersdiagnose am Skelett*. In: Knußmann R (ed.). *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*. Band I: *Allgemeine Anthropologie*. vol 1. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, 421–435.

- Trotter M, Gleser GC 1952. *Estimation of stature from long of American Whites and Negroes*. American Journal of Physical Anthropology 10: 355–356, 463–514.
- Ubelaker DH 1978. *Human Skeletal Remains. Excavation, Analysis, Interpretation*. Taraxacum. Washington.
- Ulrich-Bochsler S 1997. *Anthropologische Befunde zur Stellung von Frau und Kind in Mittelalter und Neuzeit. Soziobiologische und soziokulturelle Aspekte im Lichte von Archäologie, Geschichte, Volkskunde und Medizingeschichte*. Berner Lehrmittel- und Medienverlag. Bern.
- Ulrich-Bochsler S, Meyer L 1990. *Anthropologische Untersuchungen*. In: Bacher R, Suter P J, Eggenberger P, Ulrich-Bochsler S, Meyer L. Aegerten. *Die spätrömischen Anlagen und der Friedhof der Kirche Bürglen*. Staatlicher Lehrmittelverlag. Bern.
- Vallois HV 1937. *La durée de la vie chez l'homme fossile*. L'Anthropologie 47: 499–532.
- Wurm H 1982. *Über die Schwankungen der durchschnittlichen Körperhöhe im Verlauf der deutschen Geschichte und die Einflüsse des Eiweißgehaltes der Kost*. Homo 33: 21–36.
- Wurm H 1987. *Körpergröße und Ernährung der Deutschen im Mittelalter*. In: Herrmann B (ed.). *Mensch und Umwelt im Mittelalter*. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart. 101–107.
- Zink A (1999). *Kindersterblichkeit im frühen Mittelalter – Morphologische und paläopathologische Ergebnisse an der Skeletserie von Altenerding, Ldkr: Erding, Bayern*. In: Schultz M (ed.). *Beiträge zur Paläopathologie*. Vol 4. Cuvillier Verlag, Göttingen.

Adresse:

Sandra Lösch
Abteilung Anthropologie
Institut für Rechtsmedizin
Universität Bern
Fabrikstrasse 29d
3012 Bern
Schweiz
E-mail: sandra.loesch@irm.unibe.ch
Tel.: +41 31 631 84 92

Abbildungsnachweis

Abbildung 1–2, 7
mit freundlicher Genehmigung von Ina Eichner

Abbildung 3, 4–6, 8–9
Sandra Lösch