

Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie

Jahrgang
Volume 20

Heft
Fascicule 1



2014

Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie

Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie

Herausgegeben von der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie (SGA). Publiziert seit 1995.

Unterstützt von der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT).

Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie

Edité par la Société Suisse d'Anthropologie (SSA). Publié depuis 1995.

Supporté par l'académie suisse des sciences naturelles (SCNAT).

Redaktion/Rédaction

Christine Cooper, Bern (Chefredaktorin)

Christina Papageorgopoulou, Komotini

Scientific Board

Kurt W. Alt, Mainz

Jesper Boldsen, Odense

Thomas Böni, Zürich

David Bulbeck, Canberra

Joachim Burger, Mainz

Rethy Chhem, London, Ontario

Georges Descœudres, Zürich

Alexander Fabig, Rostock

Paolo Francalacci, Sassari

Birgit Großkopf, Göttingen

Gisela Grupe, München

Miriam Noël Haidle, Tübingen

Winfried Henke, Mainz

Estelle Herrscher, Marseille

Israel HersHKovitz, Tel Aviv

Ariane Kemkes, Scottsdale

Christiane Kramar, Genève

Sandra Lösch, Bern

Christian Lanz, Zürich

François Mariéthoz, Sion

Wolfgang Müller, London

Geneviève Perréard Lopreno, Genève

Brigitte Röder, Basel

Hartmut Rothe, Göttingen

Bruce M. Rothschild, Youngstown

Carel van Schaik, Zürich

Elisabeth Stephan, Konstanz

Susi Ulrich-Bochsler, Bern

Ursula Wittwer-Backofen, Freiburg i. Br.

Erscheinungsweise/Fréquence de parution:

Das Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie erscheint in der Regel zweimal pro Jahr (Frühjahr, Herbst). Beide Hefte bilden zusammen einen Band.

Le Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie paraît deux fois par an (printemps et automne). Deux cahiers constituent un volume.

Bezugsort/Abonnement:

Kassier SGA/Comptable SSA: Martin Häusler, Zürich. E-mail: mfh@aim.uzh.ch

Für Mitglieder der SGA ist das Bulletin im Jahresbeitrag inbegriffen.

Les membres de la SSA reçoivent gratuitement le bulletin.

Umschlag/Couverture:

Fotografie von/Photographie de: Uniklinik Balgrist, Zürich, Carol Urfer (Ins, Kirchgemeindehaus 1987, Grab 8).

Rechte und linke Tibia und Fibula frontal (positioniert in der *in situ*-Lage).

Herstellung/Impression:

Books4you, Brno, CZ

Jahrgang/Volume 20, Heft/Fascicule 1, 2014

Erscheinungsdatum/Parution: August/Août 2014

ISSN 1420-4835

Inhaltsverzeichnis / Table of contents

THOMAS BÖNI, SUSI ULRICH-BOCHSLER

Unspezifische Osteomyelitis an einem frühmittelalterlichen Kinderskelett aus Ins / BE

[Unspecific osteomyelitis in an early medieval child's skeleton from Ins / BE] 5

SABINE LANDIS, MARTIN HAEUSLER

Implications of the marked osteophytosis of a proximal *Australopithecus africanus* femur

[Markante Osteophytenbildung am proximalen Femur eines *Australopithecus africanus* und ihre Bedeutung] 21

SABRINA MEYER, ADRIANO BOSCHETTI, RUDOLF HAURI, FRANK RÜHLI, THOMAS BÖNI

A trepanned skull from the 19th century AD found in Steinhausen, Switzerland

[Ein trepanierter Schädel aus dem 19. Jahrhundert n. Chr. aus Steinhausen, Schweiz] 27

Unspezifische Osteomyelitis an einem frühmittelalterlichen Kinderskelett aus Ins / BE

[Unspecific osteomyelitis in an early medieval child's skeleton from Ins / BE]

THOMAS BÖNI¹, SUSI ULRICH-BOCHSLER²

¹ Orthopädische Universitätsklinik Balgrist Zürich und Zentrum für Evolutionäre Medizin Universität Zürich, Schweiz

² Institut für Medizingeschichte, Universität Bern, Schweiz

Abstract

An approximately 10 year old child with unusually pronounced pathological alterations of the right tibia was discovered in the early medieval cemetery in Ins, Canton Bern, in 1987. The alterations are indicative of an unspecific and probably hematogenous osteomyelitis that was survived for a fairly long time. In addition to a differential diagnosis possible causes and individual consequences for the child are discussed in the framework of archaeological and modern cases of osteomyelitis in children.

Keywords: Child, Early Middle Ages, osteomyelitis, course of disease

Zusammenfassung

Im frühmittelalterlichen Gräberfeld von Ins, Kanton Bern, wurde 1987 ein etwa 10 Jahre altes Kind mit aussergewöhnlich starken pathologischen Veränderungen am rechten Unterschenkel gefunden. Dabei handelt es sich um eine unspezifische, wahrscheinlich hämatogene Osteomyelitis, welche längere Zeit überlebt wurde. Neben der Differentialdiagnose werden möglichen Ursachen und die individuellen Folgen für das betroffene Kind diskutiert, dies auch im Vergleich mit archäologischen Funden sowie moderneren Fällen kindlicher Osteomyelitis.

Schlüsselwörter: Kind, Frühmittelalter, Osteomyelitis, Krankheitsverlauf

Einleitung / Fragestellung

Die in allen historischen Zeitepochen hohe Kindersterblichkeit steht in keinem Verhältnis zu den an den Skeletten feststellbaren pathologischen Befunden, die in einem direkten oder indirekten Zusammenhang mit einer möglichen Todesursache stehen könnten. Im Gegensatz dazu geben die häufig vorkommenden, unter dem Begriff der Stressmarker zusammengefassten Veränderungen Auskunft zum allgemeinen Gesundheitszustand der Kinder früherer Zeitepochen. Klinisch schwere Krankheitsformen sind weit seltener nachweisbar. Zu Letzteren zählt auch das Krankheitsbild der Osteomyelitis im Kindesalter, das in archäologischem Material selten belegt ist, in der Vergangenheit jedoch zu hoher Mortalität führte (Santos und Suby 2012, Niethard 1997). Am vorliegenden Skelett sind die Knochenveränderungen derart typisch

und markant ausgebildet, dass wir von einem beinahe klassischen Fall sprechen können. Er ergänzt die Liste der wenigen bisher archäobiologisch mitgeteilten Osteomyelitisfälle an Kindern ausserhalb des Säuglingsalters, die sich seit der Beschreibung von Ortner (2003) und Lewis (2007) nicht wesentlich verlängert hat. Darüber hinaus sollen am vorgestellten Fund Rückschlüsse auf die individuellen Auswirkungen der Krankheit auf das Betroffene und seine Umwelt formuliert werden.

Fundumstände, Datierung

Bei den Ausgrabungen im Areal des Kirchgemeindehauses Ins/BE wurden 1987 Teile eines frühmittelalterlichen Gräberfeldes freigelegt. Die 115 Gräber enthielten 87 Erwachsene und 28 Kinder.

Chronologisch teilen sich die Bestattungen in drei zeitlich sich folgende Gruppen auf, deren älteste im 7. Jahrhundert, die jüngste der Zeit um 1000 zugeordnet wird (Gutscher 1992). Zu dieser Gruppe 3 gehört das Kindergrab 8 mit dem auffälligen paläopathologischen Befund am rechten Unterschenkel. Ins liegt in einer ländlichen Region, die aber in römischer und nachfolgend der frühmittelalterlichen Epoche gut besiedelt war.

Material und Methoden

Die Skelettreste Grab 8 sind insgesamt gut erhalten mit Ausnahme des Schädels, von dem bei der Ausgrabung das ganze Gesicht vom Bagger weggerissen und samt der Schädelbasis mehrheitlich zerstört wurde (Abb. 1, Abb. 2). Einzig ein Fragment der rechten Unterkieferseite und fünf Zähne liegen noch vor. Das Körperskelett ist mit Ausnahme des Schultergürtels, der Hände und Füße mehr oder weniger komplett (Abb. 3). Einige Körperregionen, insbesondere die spongiösen Skelettanteile, weisen mässige Abbauerscheinungen auf.

Für die anthropologische Beurteilung von Alter und Geschlecht wurden die klassischen Verfahren angewendet (Zahn- und Skelettentwicklung nach Ferembach *et al.* 1979, Moorrees *et al.* 1963). Für die Schätzung der Körperlänge wurden die in Herrmann *et al.* (1990) vorgeschlagenen Formeln von Telkkä *et al.* (1962) sowie die Tabellen von Schmid und Künle (1957) und Stloukal und Hanáková (1978) beigezogen. Die Beurteilung der Harris Linien und deren Altersklassifizierung erfolgte nach den Empfehlungen der Paleopathology Association (1991), Maat (1984) und Templin (1993). Die paläopathologische Untersuchung stützt sich auf den makroskopischen und radiologischen Befund.

Ergebnisse

Anthropologischer Befund

Nach der Entwicklung der fünf erhaltenen Zähne (erste und zweite Molaren im Unterkiefer, seitlicher linker Schneidezahn im Oberkiefer) erreichte das Kind von Ins ein Alter von 10 ± 1 Jahren; die maximale

Tab. 1: Knochenmasse. Die in eckige Klammern gesetzten Werte sind wegen Unvollständigkeit unsicher.

Skelettteil	Mass	Links (mm)	Rechts (mm)
Clavicula	Grösste Länge	-	90
	Umfang Mitte	-	19
Humerus	Grösste Diaphysenlänge	187	[188]
	Umfang Schaftmitte	40	40
	Sag. Durchmesser Schaftmitte	13,5	13
	Trans. Durchmesser Mitte	11,5	12
Radius	Grösste Diaphysenlänge	131	[132]
	Umfang Schaftmitte	28	27
	Sag. Durchmesser Schaftmitte	7	7,5
	Transversaler Durchmesser Schaftmitte	7	10
Ulna	Grösste Diaphysenlänge	149	[150]
	Kleinster Umfang distal	24	-
Femur	Grösste Diaphysenlänge	268	-
	Umfang Schaftmitte	50	50
	Sag. Durchmesser Mitte	17	14
	Transversaler Durchmesser Schaftmitte	14,5	15
Tibia	Grösste Diaphysenlänge	211	-
	Umfang auf Höhe F. nutricium	59	58
	Sag. Durchmesser auf Höhe F. nutricium	21	22
Fibula	Grösste Diaphysenlänge	203	-
	Durchmesser Schaftmitte	29	47 (Mitte Fragment)



Abb. 1: Ins, Kirchgemeindehaus 1987, Grab 8, *in situ*-Lage. Das Skelett befindet sich in normaler Rückenlage mit den Unterarmen zur Brust angewinkelt im Erdgrab.

Spanne nach Zahndurchbruch und Zahnentwicklung beträgt 8 bis 12 Jahre. Ob es sich um ein Mädchen oder einen Knaben handelt, ist makroskopisch nicht sicher zu entscheiden. Tendenziell deuten die morphognostischen Merkmale am Hüftbein eher auf ein Mädchen hin. Das gesamte Skelett wie auch der Schädel wirken grazil. Die Körperhöhenschätzung nach Telkkä *et al.* (1962) liegt für ein Mädchen bei rund 116 cm, für einen Knaben bei 110 cm. Ähnliche Werte resultieren aus geschlechtsindifferenten Tabellen (Schmid und Künle 1957). Von grösserem Interesse ist die Frage der altersbezogenen Körperentwicklung. Der Vergleich mit Kindern ähnlicher Zeitepochen aus unserem Untersuchungsraum zeigt eine grosse Variationsbreite der Langknochenlängen in dieser Altersklasse. Unser Kind von Ins ist eher dem unteren Wertebereich zuzuteilen, gehörte also

nicht zu den grossgewachsenen Kindern. Grazilitäts- und Längenunterschiede zwischen rechter und linker Körperseite sowie oberen und unteren Extremitäten finden sich keine, was für die Beurteilung des paläopathologischen Befundes am rechten Unterschenkel relevant ist. Die metrischen Daten der Knochen bestätigen, dass keine ausserhalb der Norm liegende Rechts-Links-Asymmetrien bestehen (Tab. 1).

Aus paläopathologischer Sicht ist das postcraniale Skelett abgesehen vom rechten Unterschenkel unauffällig. Am Gebiss finden sich ein tiefer kariöser Defekt und beginnende Fisurenkaries am ersten rechten Molaren sowie beginnende Fisurenkaries am ersten linken Molaren. Zahnschmelzhypoplasien sind keine ausgebildet. Allerdings ist dieser Stressmarker durch die kleine Zahl vorhandener Zähne nur bedingt aus-



Abb. 2: Ins, Kirchgemeindehaus 1987, Grab 8, Detailaufnahme der unteren Extremitäten.

sagekräftig. Weitere Stressindikatoren wie Cribra orbitalia können erhaltungsbedingt nicht beurteilt werden. Hingegen sind im Röntgenbild der „gesunden“ linken Tibia mindestens zwei markante Harris Linien erkennbar, von denen die eine ein Bildungsalter zwischen 15 und 18 Monaten, die andere bei 4 Jahren anzeigt. Eine weitere sehr feine, zum Teil unvollständige Linie entstand im Alter von etwas über 6 Jahren. Zu den anatomischen Besonderheiten gehören ein Trochanter

tertius auf beiden Körperseiten und eine komplizierte Sagittal- und Lambdanaht. Weitere skelettale Veränderungen oder Besonderheiten fallen nicht auf.

Paläopathologischer Befund

Während alle Teile des linken Beines hinsichtlich Form wie auch Oberflächenstruktur unauffällig sind,

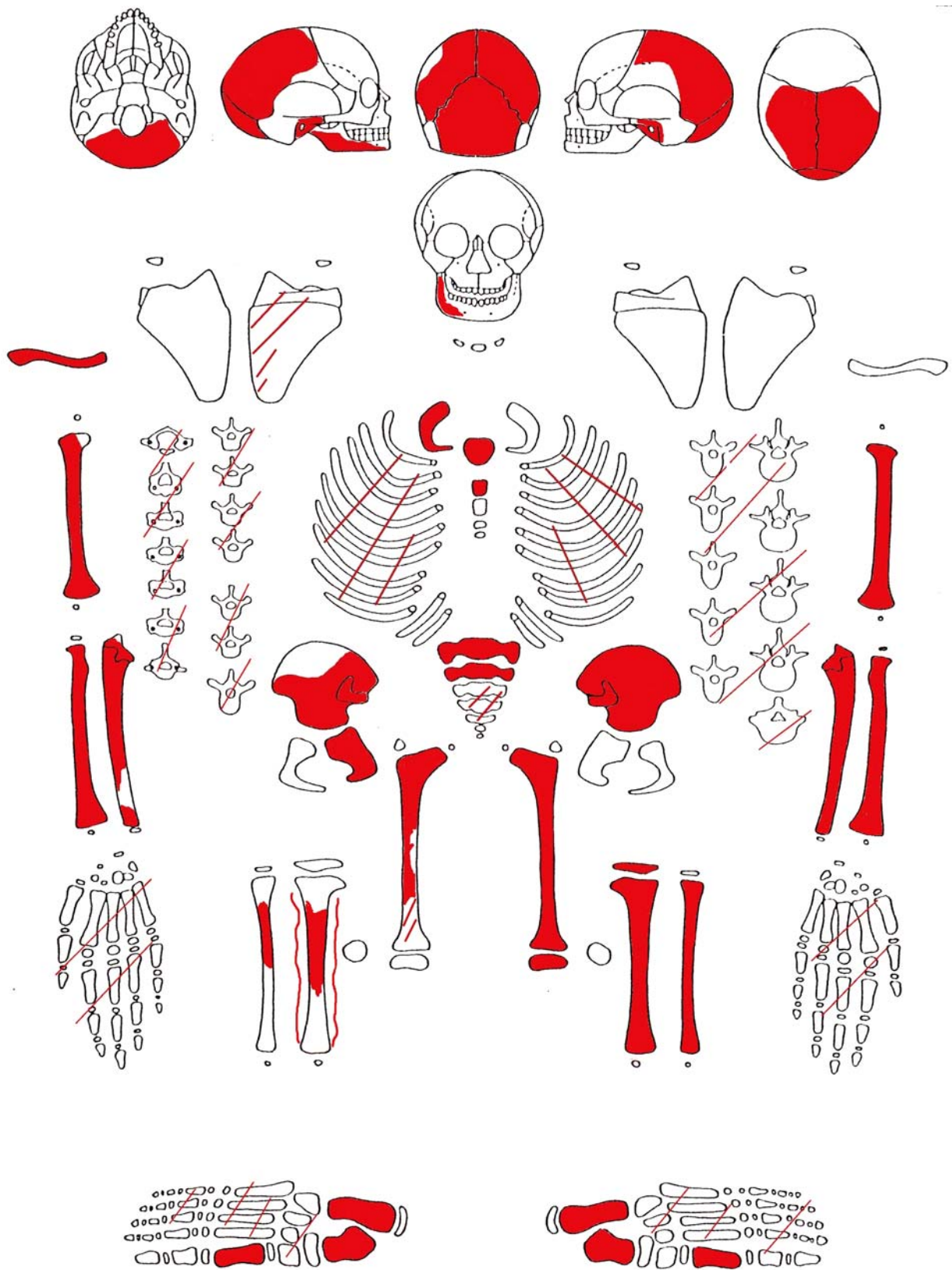


Abb. 3: Skelettschema eines Infans II-Kindes (Schema nach M. Schultz, Göttingen, persönliche Abgabe). Die erhaltenen Teile des Kindes Ins Grab 8 sind rot, unvollständige Skelettpartien schraffiert eingefärbt. Kleine Fragmente wurden weggelassen.



Abb. 4: Rechte und linke Tibia und Fibula frontal (positioniert in der *in situ*-Lage).

bestehen an der rechten Tibia und Fibula ausgedehnte Knochen- und Formveränderungen (Abb. 4).

Fibulae: Von der rechten Fibula ist lediglich ein 115 mm langes Fragment aus dem mittleren bis proximalen Schaftbereich erhalten, welches eine massive Verdickung aufweist. Der grösste Durchmesser übertrifft wesentlich den Wert der unversehrten linken Fibula. Auf der Knochenoberfläche sind sehr feine Längsrillen sowie einige kleine knotige Verdickungen erkennbar.

Tibiae: Das 126 mm lange Fragment der ursprünglichen, *in situ* frei in der Ummantelung gelegenen rechten Tibiadiaphyse weist gegenüber der linken Tibia keine wesentliche Veränderung in Form und Schaftdicke auf. An der Knochenoberfläche bestehen einige abgewitterte Stellen. In den gut erhaltenen Bereichen sind neben glatter Oberfläche einzig sehr feine streifenförmige Längsrillen diskret ausgebildet. Beide Enden des Tibiaschaftes zeigen unregelmässige, jedoch alte Bruchränder, wodurch die originale Verbindung zur Knochenschale nicht mehr sicher beurteilbar ist (Abb. 5). Die Totenlade selber stellt ein wannenartiges, im Mittelteil nach medial (in der *in situ*-Lage nach ventral) offenes Gebilde mit proximal und distal starker Verdickung dar (Abb. 6). Seine Länge ist mit 204 mm

damit etwas kürzer als die Tibiadiaphyse der linken Seite (211 mm ohne Epiphysen). An der medialen Seite derselben Ansicht ist das Involukrum dünner als auf der lateralen Seite. Im ventral offenen Bereich erreicht der Mittelteil der Totenlade unterschiedliche Wandstärken von 10 mm bis 19 mm. Distal und proximal liegen die Werte mit 27 mm bis 30 mm deutlich höher. Die Innenseite des Wannenmittelteils zeigt eine feine netzartige Struktur, die Aussenseite ist zum Teil glatt, zum Teil wulstig und mit meist horizontal verlaufenden Eintiefungen, Querrinnen und auch Kloakenbildungen versehen. Am proximalen Ende ist eine fast kreisrunde Kloake mit einem Durchmesser von 7 mm × 8 mm ausgebildet. Es ist zu vermuten, dass die Tibia in der *in situ*-Position um 90° nach aussen verdreht war, wenn man sich am Sequester orientiert. Eine Rekonstruktion der ursprünglichen Ausrichtung wird im Röntgenbild (vgl. Abb. 8) vorgeschlagen. In dieser postulierten anatomischen Stellung liegt proximal (in a-p-Stellung) ein Valgus von 10°, distal von 12° vor, der Gesamtvalgus beträgt also 22° und ist damit erheblich. Im distalen Drittel besteht eine knickartige Achsenabweichung und eine Antekurvation von 23°. Das distale Tibiaschaftende ist relativ gut erhalten samt der

Epiphysenfläche, in der eine kleine Kloake vorhanden ist. Die proximale Epiphysenfläche fehlt nach Beschädigung des proximalen Schaftendes. Offensichtlich wurde beim Freilegen des Beines ein Teil der Knieregion zerstört. Jedenfalls zeigt die Grabungsaufnahme des Skeletts eine knochenfreie Zone in diesem Bereich (vgl. Abb. 2).

Der pathologisch veränderte rechte Unterschenkel besteht damit aus einem verdickten Fibulafragment, dem Mittelteil der originalen Tibia, der als Sequester anzusprechen ist, und der Totenlade.

Was die Länge von linken und rechten Unterschenkelknochen angeht, sind wir auf Schätzungen angewiesen, da das proximale Ende der pathologischen Tibia wie auch der Fibula fehlen und die Tibia zudem eine starke Achsendeviation aufweist. Dennoch scheint bei Positionierung der Knochen auf vergleichbarem Niveau (Foramen nutricium der linken Tibia und Tibia-sequester) kein markanter Längenunterschied vorzuliegen.

Die Fussknochen sind nur teilweise erhalten. Calcaneus und Talus beider Körperseiten zeigen keine Asymmetrien, Formabweichungen oder Oberflächenveränderungen.

Röntgenbefund

Rechte Tibia in einer Ebene (Abb. 7, Abb. 8): Die Epiphysen fehlen. Die proximale Metaphyse weist Defekte auf. Es besteht eine massive Verdickung mit grossem, teilweise sklerosiertem Sequester im ganzen Diaphysenbereich. Die Kortikalis der Tibia ist spongiosiert und massiv verdickt, und es finden sich proximal und distal des Sequesters ausgedehnte metaphysäre Osteolysen. Distal des Sequesters bestehen auch ausgedehnte Kortikalisdefekte und eine durchgehende Frakturlinie. Proximal des Sequesters zeigen sich ebenfalls, wenn auch weniger ausgeprägt, Kortikalisdefekte und mindestens eine inkomplette Frakturlinie muss angenommen werden.

Linke Tibia: Erkennbar sind eine quere Diaphysenfrakturlinie anfangs des proximalen Schaftdrittels und Harris Linien in der distalen Tibia, zwei in deutlicher und eine in angedeuteter Ausprägung. Sonst bestehen keine Auffälligkeiten.

Rechte Fibula: Es kommt nur ein kurzes Diaphysenfragment zur Darstellung. Die Fibula ist massiv verdickt, die Kortikalis spongiosiert, mit lamellenartiger periostaler Knochenneubildung.

Beurteilung: Der Befund ist vereinbar mit einer ausgedehnten Osteomyelitis der Diaphyse und der Metaphysen der rechten Tibia mit einem grossen



Abb. 5: Totenlade und danebengelegter Sequester der rechten Tibia in der *in situ*-Lage, Ansicht von frontal.

diaphysären Knochen-sequester etwa in Form und Ausdehnung der ursprünglichen mittleren Tibiadiaphyse sowie intraossären proximalen und distalen metaphysären Abszessen. Die Verdickung der Tibia entspricht einer Knochenneubildung um die ursprüngliche, jetzt zum Sequester gewordenen Tibiadiaphyse. Die rechte Fibuladiaphyse weist ebenfalls eine Verdickung und Spongiosierung mit lamellärer periostaler Knochenanlagerung auf als Zeichen einer entzündlichen Mitbeteiligung. Bei den zur Darstellung kommenden Frakturlinien dürfte es sich um Artefakte handeln.



Abb. 6: Ansicht der Totenlade (positioniert nach der *in situ*-Lage) von frontal (linkes Bild) und ventral (rechtes Bild).

Diskussion

Differentialdiagnose

Die Gesamtheit der Befunde stützt die Verdachtsdiagnose Knochenentzündung im Sinne einer Osteomyelitis. Ortner und Putschar (1981) nennen als beste diagnostische Kriterien die Ausbildung von Sequestern, Kloaken und poröser periostaler Knochenneubildung (Involukrum), wie sie in unserem Fall vorhanden sind.

„Osteomyelitis“ gilt als Überbegriff für differente Verlaufs- und Entstehungsformen einer Knochenmarkentzündung. Verschiedene Unterteilungen wurden vorgeschlagen. Hier folgen wir denjenigen von Cotta (1978) und Hefti (1997) (Abb. 9).

Unter den spezifischen Osteomyelitiden stehen Tbc und Lues (konstante Syphilis) im Vordergrund einer

Differentialdiagnose. Beide Infektionskrankheiten sind im vorliegenden Fall wenig wahrscheinlich. Bei Knochentuberkulose ist eine Sequesterbildung atypisch, die destruktiven Prozesse überwiegen und auch Gelenk- und Wirbelbefall kommen weit häufiger vor als bei einer unspezifischen Osteomyelitis. Bei Syphilis sind in der Regel mehrere Knochen betroffen, eine Sequesterbildung ist in der Regel nicht vorhanden (Ortner 2003, Ortner und Putschar 1981, Lewis 2007). Für eine konstante Syphilis wären Hutchinson-Zähne, Gummata u.a. kennzeichnend (z.B. Palfi *et al.* 2000). Eine spezifische Osteomyelitis kann auch nach Pilzinfektion oder Sichelzellanämie und als klassische Komplikation von Windpocken (Varicella), Typhus (in 1%) und Pocken (Variola, Blattern, in 20%) auftreten (Lewis 2007). Bei Letzteren befällt sie mehrere Körperteile (beide Ellbogen, Knie etc.). Die übrigen genannten



Abb. 7: Röntgenbild der Unterschenkelknochen, seitliche Aufnahme. Die Tibia rechts befindet sich in der in situ-Lage (linke Seite anterior, rechte posterior).

Infektionskrankheiten sind am Skelett morphologisch nicht diagnostizierbar.

Bei einer unspezifischen Knocheninfektion wird aufgrund des Verlaufs zwischen akuter und chronischer Osteomyelitis unterschieden. Bei der akuten Osteomyelitis wiederum sind nach dem Schema von Cotta (1978) aetiologisch zwei Formen zu nennen, die hämatogene und die exogene, oft auch posttraumatische Osteomyelitis genannt. Bei der akuten exogenen Form erfolgt die Infektion durch äusseren Kontakt mit den Erregern, was häufig bei Traumen der Fall ist. Schwere offene Verletzungen mit Knochenbeteiligung, Periostverletzungen oder subperiostale Hämatome wie auch reine Weichteilverletzungen, z.B. Stichverletzungen, können zu einer Knocheninfektion führen und

Ausgangspunkt einer exogenen Osteomyelitis sein (Hefti 1997). In solchen Fällen kann es als Spätzustand zu einer chronischen Form kommen. Die exogene Osteomyelitis ist nach Hefti (1997) aufgrund der guten Infektabwehr des Kindes heute selten.

Die akute hämatogene Form der Osteomyelitis nimmt ihren Ausgang dagegen von Infektionsherden ausserhalb des Knochens, zum Beispiel von Otitiden, Anginen oder Kiefer- oder Stirnhöhlenentzündungen. Die indirekte Ausbreitung der Infektion auf dem Blutweg ist bei Kindern die häufigste und ernsteste Form der Krankheit (Lewis 2007).

Die Erreger werden über den Blutweg im Knochenmark angesiedelt, bevorzugt in den Metaphysen der langen Röhrenknochen. Die Infektion greift

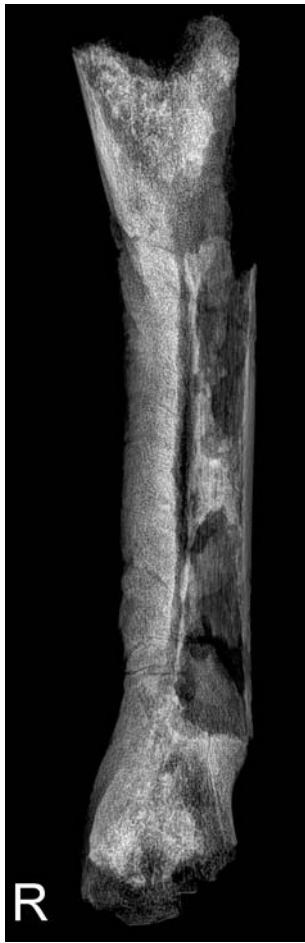


Abb. 8: Röntgenbild der rechten Tibia in anatomischer Position (antero-posteriorer Strahlengang – ap).

durch die Havers'schen Kanäle auf das Periost über. Es kommt zu einer eitrigen Periostitis, die zum subperiostalen Abszess führt. Die Beinhaut hebt sich vom Knochen ab und Teile der Kortikalis verlieren ihren Anschluss an die Ernährung und werden nekrotisch. Am Übergang vom gesunden zum kranken Knochen bildet sich Granulationsgewebe, das die Abgrenzung des nekrotischen Areals als Sequester (abgestorbenes Gewebe) bewirkt. Im Allgemeinen sind Sequester in einem von Granulationsgewebe ausgekleideten und mit Eiter ausgefüllten Hohlraum anzutreffen. Durch Drainageöffnungen oder Kloaken wird der Sequester in der Regel ausgestossen (Lange und Spitzzy 1910, Cotta 1978). Da im Kindes- und Jugendalter (nach dem ersten Lebensjahr bis zum Wachstumsabschluss) – anders als beim Säugling unter 1 Jahr (Uehlinger 1970, Lange und

Spitzzy 1910) – keine direkten Gefäßverbindungen zwischen Meta- und Epiphyse bestehen, kann der Infekt die Epiphysenplatte nicht durchbrechen. Deshalb breitet er sich im Wachstumsalter in der Regel diaphysenwärts aus, wo später osteolytische Herde auftreten. Eine Ausnahme im Ausbreitungsweg macht das Hüftgelenk. Die sich ausbreitende Entzündung kann die Wachstumszone (Epiphysenfuge) schädigen oder gänzlich zerstören. Dadurch kann es zu schweren Wachstumsstörungen kommen. Je früher die Schädigung der Epiphysenfuge auftritt, desto stärker bleibt das Wachstum der Extremität zurück. Da nicht jede Wachstumsfuge gleich viel zum Längenwachstum beiträgt, ist es auch entscheidend, welche Wachstumsfuge geschädigt wird. An den unteren Extremitäten tragen vor allem die kniegelenksnahen Epiphysenfugen zum Längenwachstum bei. Die kniegelenksnahe Epiphysenfuge fehlt in unserem Fall und kann somit nicht beurteilt werden. Ist jedoch die Epiphyse befallen, zeigt dies in der Regel die primäre Infektionsstelle an, denn Sekundärinfektionen der Epiphyse durch Ausbreitung aus der Metaphyse sind selten (Lewis 2007).

Bei Erwachsenen kommt die akute hämatogene Osteomyelitis selten vor. Wegen der festen Verbindung des Periosts am Knochen entstehen seltener subperiostale Abszesse mit nachfolgender Sequesterbildung. In diesem Alter entwickelt sich häufiger eine chronische Form. Nach dem Epiphysenverschluss besteht wieder eine unmittelbare Gefäßverbindung und damit wird ein Übergreifen der Infektion auf die Epiphyse möglich. Die akute hämatogene Osteomyelitis tritt also vorwiegend im Wachstumsalter auf. Als Erreger werden bei Kindern nach dem 3. bis 4. Lebensjahr in über 90% der Fälle *Staphylococcus aureus* neben Streptokokken und *Staphylococcus epidermis* gefunden (Hefti 1997).

Eine spezielle Situation bezüglich des Ausbreitungsweges ist im Säuglingsalter gegeben, wo sich die Infektion ungehindert auf benachbarte Gelenke ausbreiten kann.

Zu chronischen Formen kommt es bei der hämatogenen Osteomyelitis seltener als nach Traumen mit anschliessenden Infekten.

Bei günstiger immunbiologischer Abwehrlage des Körpers kann eine Ausbreitung der Infektion verhindert werden, so dass abgekapselte Entzündungsareale entstehen. Eine dieser Sonderformen der Knochenentzündung ist der Brodie-Abszess.

Im Fall des Kindes aus Ins wird auf eine akute hämatogene Osteomyelitis geschlossen.

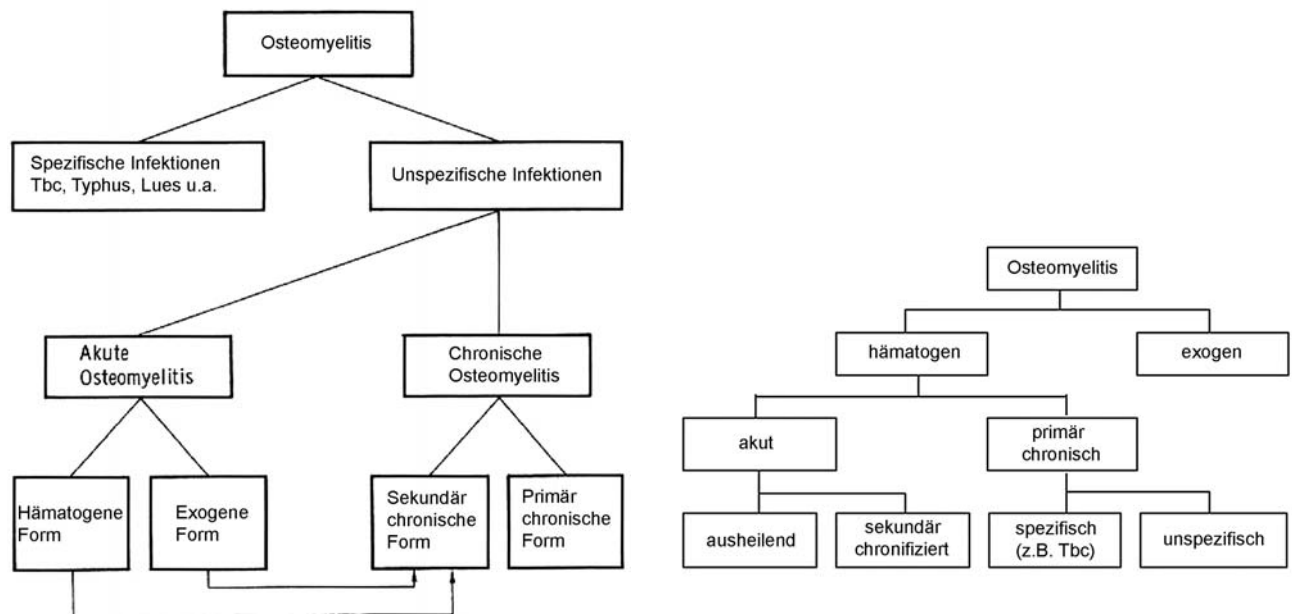


Abb. 9: Einteilung der Osteomyelitis nach Cotta (1978) links im Bild, welche die verschiedenen Verlaufsformen je nach Infektionsweg und Alter der Betroffenen berücksichtigt. Rechts im Bild: Schema der Einteilung der Osteomyelitiden modifiziert nach Hefti (1997).

Lokalisation der akuten Osteomyelitis

Eine Studie an 202 Betroffenen vor und während der Antibiotika-Therapie ab 1944 (Trueta 1959) zeigt die damalige Verteilung der akuten hämatogenen Osteomyelitis nach Altersklassen. 7% der Fälle betrafen Säuglinge bis zu 1 Jahr, 80% Kinder im Alter zwischen 1 und 14,6 Jahren und 13% die über 16-jährigen. In den meisten Fällen breitete sich die Infektion in einem einzigen Knochen aus. In 20% bestand multipler Befall. Auch die Studie von Santos und Suby (2012) an Patienten des Coimbra University Hospitals (Portugal) der Zeit von 1923–1929 nennt den Befall eines einzigen Knochens als häufigste Lokalisation (97,7%), darunter die Tibia an erster Stelle, gefolgt vom Femur. Nach Ortner (2003) ist das Knie die häufigste Lokalisation bei Kindern. Auch unter 21 zwischen 1990 und 1998 untersuchten Kindern mit primärer subakuter hämatogener Osteomyelitis betrafen 20 der 24 festgestellten Lokalisationen die Tibia, 17 (71%) deren Diaphyse (Rasool 2001, 93). In den von Canci *et al.* (1991) untersuchten 10 Serien waren Tibia und Femur mit rund 60% der Fälle mit hämatogener Osteomyelitis die am häufigsten befallenen Skeletteile. Als Erklärungsmöglichkeit für das Phänomen der bevorzugten Lokalisation der unteren Extremität wird erwogen, ob hier mit einer verzögert einsetzenden Abwehrreaktion gerechnet werden muss, da die aus der

Diaphyse stammenden phagozytierenden Zellen der Infektabwehr in Tibia und Femur den weitesten Weg bis zum metaphysären Abschnitt haben (Niethard 1997).

Geschlechts- und Altersverteilung, Prävalenz und Mortalität der Osteomyelitis bei Kindern

Heute sind mit Ausnahme der Säuglingsosteomyelitis Knaben etwas häufiger betroffen als Mädchen, was mit einer erhöhten Gefährdung durch Traumen erklärt werden könnte (Hefti 1997, Niethard 1997). Auch bezüglich der Säuglingsosteomyelitis sind Knaben jedoch häufiger betroffen als Mädchen. In der Altersverteilung zeigt sich ein Gipfel während des 1. Lebensjahres und um das 10. Lebensjahr herum (Niethard 1997). Insgesamt betrifft die akute hämatogene Osteomyelitis in über 80% der Fälle Kinder unter 16 Jahren (Niethard 1997).

Die heutige Prävalenz der hämatogenen Osteomyelitis ist weitgehend unbekannt. Die Inzidenz der akuten Osteomyelitis bei Kindern wird gegenwärtig mit 8 auf 100'000 Kinder pro Jahr angegeben, wobei eine höhere Rate für unterentwickelte oder ärmere Länder vermutet wird (Peltola und Pääkkönen 2014). Blyth *et al.* (2001) stellten für Grossbritannien für Kinder unter 13 Jahren eine Inzidenz von 2,9 neue Fälle von akuter oder subakuter hämatogener Osteomyelitis auf 100'000

Kinder und in der Zeitspanne von 1990 einen Rückgang von 44% fest.

Eine Vorstellung über die Häufigkeit der Infektionskrankheit in der Vor-Antibiotika-Ära vermitteln Santos und Suby (2012). Allein zwischen 1923 und 1929 wurden im Coimbra University Hospital 122 Nichtadulte, 35,2% mit akuter, 64,8% mit chronischer Osteomyelitis operiert. Die Mortalität in diesem Material beziffert sich auf rund 23% bei den akuten, 4% bei den chronischen Formen. Nach Hefti (1997) sank die Mortalität in den letzten 20 Jahren dann von 20% auf praktisch Null.

Für archäologisches Material kann keine Prävalenz angegeben werden. Wir müssen uns mit dem Hinweis auf die Seltenheit der Belege begnügen. Mit Sicherheit machen die bisher vorgelegten Fälle nur einen Bruchteil des einstigen Vorkommens von Osteomyelitiserkrankungen aus. Besser bekannt als die Nachweise an älteren Kindern sind jedoch solche von Säuglingen (z.B. Leveuf 1937, Schultz 1986, 1990, 1993, 2001, Schultz und Teschler-Nicola 1987).

Ortner (2003) beschreibt drei Funde von Kindern im Alter zwischen 6 und 9 Jahren aus Nord- und Zentralamerika. Aus Italien ist das bronzezeitliche Kind von Toppo Daguzzo (Italien) mit einer Osteomyelitis möglicherweise hämatogenen Ursprungs publiziert (Canci *et al.* 1991). Durch Waters-Rist (2012) wurde ein 7'000 Jahre altes Kinderskelett aus Sibirien bekannt.

Santos und Suby (2012) vermuten aufgrund ihrer Beobachtungen eine Unterschätzung kindlicher Osteomyelitisfälle. Sie untersuchten die Skelettreste von fünf Patienten mit akuter Osteomyelitis aus der Zeit des beginnenden 20. Jahrhunderts, die am Coimbra University Hospital vor oder nach der Behandlung verschieden waren. Die Knochenbefunde veranschaulichen, wie diskret und unspezifisch die morphologisch erkennbaren Veränderungen sein können und in Fällen, in denen es zum Tode kam, bevor eine Kloakenbildung erfolgte, wenig bis gar nicht auffallen. Die Autoren vermuten daher, dass Knochenveränderungen mit solch unspezifischer Ausbildung im archäologischen Material kaum als osteomyelitisch angesprochen würden. Dies dürfte eine massive Unterschätzung der realen Verhältnisse in historischer Zeit zur Folge haben.

Zum Ausgangspunkt der Infektion

Canci *et al.* (1991) halten es bei ihrem bronzezeitlichen Kinderfund mit multiplem Befall für möglich, dass der am stärksten betroffene Knochen, in diesem Fall die linke Fibula, das Zentrum der Infektion war. Ein sehr wahrscheinlicher Ausgangspunkt einer Unterkieferosteomyelitis wird beim Kinderskelett aus Sibirien in

einer Wurzelinfektion gesehen (Waters-Rist (2012)). Im Falle des Kindes von Ins ist der am stärksten betroffene Knochen die rechte Tibia, aber auch die rechte Fibula ist betroffen. Da sich die Keime jedoch bei der hämatogenen Osteomyelitis via Bakteriämie von verschiedensten Herden wie Haut, Atemwegen, Gefässen, Gastrointestinaltrakt, Urogenitaltrakt (Hefti 1997) ausbreiten können, und sich dann meist in den Metaphysen der grossen Langknochen ansiedeln, kann die Tibia nicht a priori als Ausgangspunkt des Infekts gelten. Eine exogene Osteomyelitis ausgelöst durch eine Infektion der benachbarten Weichteile, beispielsweise nach einer Verletzung, ist ebenfalls in Betracht zu ziehen. Allerdings fehlen Hinweise auf eine Fraktur oder sonstige Knochenverletzung. Somit kann der Ausgangspunkt der Infektion im vorliegenden Fall nicht mit Sicherheit bestimmt werden. Da exogene Osteomyelitiden jedoch aufgrund der in der Regel guten Infektabwehr bei Kindern selten sind, ist eine hämatogene Osteomyelitis ausgehend von einem unbekannten Infektherd wahrscheinlicher.

Zeitpunkt der Erkrankung und Dauer der Krankheit

Ortner (2003) nutzte die Präsenz der zuletzt gebildeten Harris Line im nichtbetroffenen Knochen seines untersuchten 9-jährigen Kindes aus Peru, um die Zeitdauer des Krankheitsprozesses abzuschätzen und kam auf einen Wert von mindestens 4 Jahren. Canci *et al.* (1991) schlossen bei ihrer Fallbeschreibung des rund 5-jährigen Kindes aus Toppo Daguzzo (Süditalien) mit Befall aller erhaltenen Skeletteile auf eine Überlebenszeit von mindestens bis zu sechs Monaten nach Ausbreitung der Infektion, dies aufgrund der Art der Knochenveränderungen und der Grösse der Knochenneubildung. Da jedoch die letzte und auch die stärkste Harris Linie ungefähr ein Jahr vor dem Tod angelegt worden war, diskutieren sie diesen Befund als möglichen Zeitpunkt des Krankheitsausbruchs. Beim Kind von Ins liegt das Bildungsalter der letzten Harris Linie bei sechseinhalb Jahren relativ weit entfernt vom Sterbealter von rund 10 Jahren. So fragt sich, ob ein Zusammenhang zwischen der letzten Harris Linie und dem Ausbruch der Knochenmarkentzündung überhaupt möglich ist.

Fälle, wie sie in alten Lehrbüchern dokumentiert sind, belegen jedoch noch sehr viel grössere Überlebenszeiträume (Kaufmann 1972, Lange und Spitzky 1910, Ziegler 1886). Der Schweizer Mediziner Ernst Ziegler (1849–1905), in Bern promoviert und später als Pathologe in Zürich als Direktor des pathologischen Instituts (1881) und schliesslich in

Tübingen und Freiburg i. Br. wirkend (Boschung 2013), zeigt in seinem Lehrbuch für spezielle pathologische Anatomie (Ziegler 1886) ein Femur mit nicht ganz verschlossenen Epiphysen (infolge Ablösung), an dem die Nekrose seit 15 Jahren bestand. An gleicher Stelle findet sich das Beispiel einer Tibia mit Totenlade und Sequester, die morphologisch mit dem Ins Kind vergleichbar ist (Abb. 10). Leider werden keine weiteren Angaben zu diesem Fall angegeben.

Überlegungen zu Zustand, Betreuung und Behandlung des Kindes von Ins

Da das Kind abgesehen vom Befund am Bein skelettal unauffällig ist und auch keine eindeutigen Spuren von Mangelerkrankungen zeigt, gibt es keine morphologischen Hinweise auf Ernährungsmängel oder andere Stresssituationen im Kleinkindalter. Es machte aufgrund der Harris-Linien aber wohl mindestens zweimal einen Wachstumsstillstand durch. Ob diese Wachstumsstopps im Zuge normaler Wachstumsschübe und Wachstumsstagnation (Papageorgopoulou *et al.* 2011) oder aber zusätzlich durch eine Kinderkrankheit ausgelöst wurden, und wenn ja, durch welche, lässt sich nicht präzisieren. Stünde die zuletzt gebildete Harris Linie in einem Zusammenhang mit dem Krankheitsausbruch der Osteomyelitis, wäre das Kind über mindestens zwei Jahren lang krank gewesen.

Die klassischen klinischen Manifestationen einer akuten Osteomyelitis bei Kindern äussern sich zu Anfang mit Hinken oder der Unmöglichkeit zu gehen, hohem Fieber, Druckempfindlichkeit, Rötung und Anschwellungen um einen Langknochen (Hefti 1997, Peltola und Pääkkönen 2014). In der akuten Phase treten hohe septische Temperatur und Schüttelfrost auf, der Allgemeinzustand ist stark reduziert. Durch die geschwellenen Weichteile hindurch ist der aufgetriebene Knochen deutlich zu tasten, die Haut fühlt sich heiss an, die Lymphdrüsen sind geschwollen und schmerzhaft. Die Sequesterbildung kann schon nach wenigen Tagen bis Wochen eintreten (Lange und Spitzzy 1910). Geht die akute Osteomyelitis in die chronische Form über, kann dies einen jahrelangen, ja lebenslangen Verlauf mit Schwellung, Schmerzen und Fieber bedeuten, auch wenn zwischen akuten Schüben schmerzfreie Intervalle liegen können. Noch in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts war eine Osteomyelitis gleichbedeutend mit Siechtum, einer hohen Letalität, günstigenfalls Verkrüppelung und lebenslanger Behinderung (Niethard 1997). Kurz nach den Ausgrabungen in Ins von 1987 wurde eine pädiatrische Beurteilung der Kinderknochen von Ins durch Dr. med. H. Tschäppeler, Radiologische Universitäts-Kinderklinik Bern vorgenommen. Für

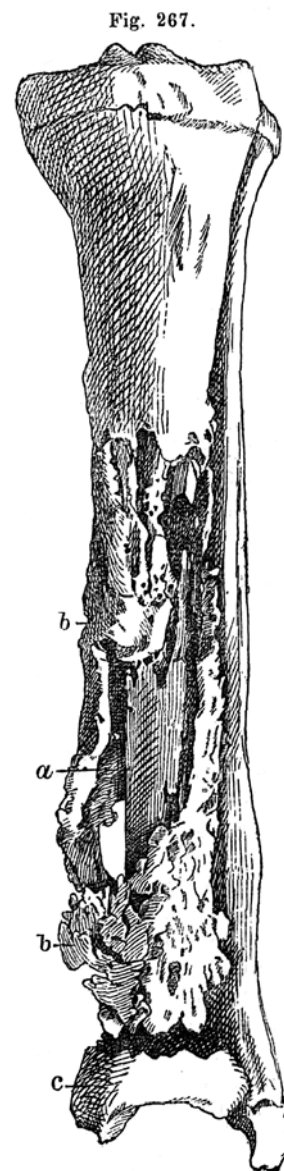


Abb. 10: „Nekrose des unteren Theils der linken Tibia und periostale Knochenwucherungen nach acuter Osteomyelitis“. a Sequester. b Periostale Knochenlade. c Abgelöste Epiphyse.“ Aus und zitiert nach Ziegler (1886).

Tschäppeler wird das Erreichen des weit fortgeschrittenen Krankheitsstadiums nur dadurch erklärbar, dass dem Kind intensive Fürsorge und Pflege entgegengebracht wurde. Wir dürfen vermuten, dass die Angehörigen das schwerkranke und bei Krankheitsbeginn kaum noch gehfähige Kind intensiv betreuten und pflegten, indem sie beispielsweise für eine ausreichende

Ernährung sorgten und das geschwollene, und entzündete Bein behelfsmässig verbanden und ruhigstellten. Wie das konkret in einem frühmittelalterlichen Dorf in ländlicher Gegend bewerkstelligt wurde, können wir nicht angeben.

Heute erfordert eine unspezifische Osteomyelitis in der Regel eine intensive Behandlung. Chirurgische Eingriffe mit Entfernung von Sequestern, infiziertem und schlecht durchblutetem Gewebe sowie Reinigung der Markhöhle gehören ebenso zum Massnahmenkatalog wie eine resistenzgerechte konsequente antibiotische Therapie. Noch anfangs des 20. Jahrhunderts vor Einführung der Antibiotika war die chirurgische Behandlung risikoreich. Das belegt u.a. die Studie von Santos und Suby (2012). Dabei war die Mortalität bei Resektionen höher als bei Trepanationen. Chirurgische Eingriffe wurden jedoch schon früher gewagt. Besonders Resektionen sind für das 18. Jahrhundert mehrfach bekannt, darunter die vielgenannte *Resectio humeri* von Barthélemy Vigarous in Montpellier, die jedoch „kaum mehr als die Extraction eines nekrotischen Gelenkkopfes“ war, den er 1767 bei einem 17-jährigen Mann durchgeführt hatte (Lossen 1894). Eine bahnbrechende Operation führte Charles White in Manchester aus. Es handelte sich um einen 14-jährigen Knaben, bei dem sich im Verlauf von 14 Tagen ein bis zur Mitte des Oberarms reichender Abszess gebildet hatte. Drei Wochen später legte White mittels eines vom Akromion bis zur Mitte des Oberarms ziehenden Längsschnitts den Knochen bloss und „drängte mit mässiger Gewalt den Kopf des Humerus aus der Wunde heraus und sägte ihn mit einer gewöhnlichen Amputationssäge ab“ (Lossen 1894). Die Humerusepiphysenfuge blieb wahrscheinlich unversehrt in der Pfanne. Nach vier Monaten soll der Arm wieder gebrauchsfähig gewesen sein. Für das Mittelalter sind vergleichbar wirksame Behandlungsmassnahmen nicht belegt. Grosse Sequester, wie der beim Kind von Ins vorliegende, können einen Entzündungszustand über Monate und Jahre aufrechterhalten (Ziegler 1886). Bei einem infizierten toten Knochen wie dem grossen Sequester von Ins ist eine Selbstheilung kaum möglich, gelegentlich gelingt eine Spontanheilung durch Abstossung von kleineren Sequestern aus dem Körper über Abszesse und Fisteln. Bei einem Überleben der Erkrankung und einer Ausheilung kann sich die Knochenneubildung remodellieren, bei entsprechender Therapie im Laufe der Zeit sogar weitgehend verschwinden.

Bei Kindern kann eine hämatogene Osteomyelitis jedoch zu einer Sepsis, einer Blutvergiftung und zum Tode führen, bevor überhaupt ein chronisches

Stadium erreicht ist. Diese Komplikation könnte nach Lewis (2007) die kleine Fundzahl archäologischer Kinderskelette mit hämatogener Osteomyelitis erklären verglichen mit der hohen Prävalenz, die aus der klinischen Literatur der Vor-Antibiotika-Ära hervorgeht.

Synthese

Zusammenfassend gehen wir für das Kind aus Ins von einer Osteomyelitis aus, deren Ursprung letztlich nicht sicher geklärt ist. Da keine Hinweise auf ein Trauma gegeben sind, wird eine hämatogene Osteomyelitis wahrscheinlich, ohne dass ein exogener Ursprung völlig ausgeschlossen werden kann. Denkbar ist eine Ausbreitung von Lunge, Rachenraum oder Hörorganen u.ä. aus. Mikrobiologische Untersuchungen würden möglicherweise diese Frage klären helfen. Die Lokalisation der Veränderung (Tibia, Fibula) und das Alter des Kindes (um zehn Jahre) sind konsistent mit den Befunden heutiger klinischer Untersuchungen.

Die Abknickung des Knochens im distalen Teil könnte belastungsbedingt entstanden sein, da diese Region infolge der Osteomyelitis und Abszedierung am stärksten geschwächt war. Typischerweise erfolgte die Fehlstellung distal und medial, wo die Wand der Totenlade schwächer ausgebildet ist, während an der lateralen zusätzlich eine Art Schienung durch die Fibula bestand. Es ist davon auszugehen, dass das Bein je nach Entzündungsaktivität und damit Schmerzausmass noch belastet wurde. Im Gegensatz zur akuten Entzündung bei Krankheitsbeginn verursacht eine chronische fistulierende Osteomyelitis häufig nur noch verhältnismässig geringe Schmerzen. Das Involukrum ist im Rahmen von fortgeschrittenen Reparationsvorgängen zu sehen und es könnte sein, dass der Sequester bald ausgestossen worden wäre, hätte das Kind länger überlebt. Die Überlebenszeit ab dem Ausbruch der Infektion kann längere Zeit, möglicherweise über zwei Jahre betragen haben. Bei einer so langen Zeitspanne erscheint es fast unabdingbar, dass dem schwerkranken Kind lange Zeit eine grosse Fürsorge entgegengebracht wurde.

Dank

Für die Englischübersetzung der Zusammenfassung danken wir Dr. Christine Cooper.

Literatur

- Blyth MJ, Kincaid R, Craigen MA, Bennet GC 2001. *The changing epidemiology of acute and subacute osteomyelitis in children*. Journal of Bone Joint Surgery Br. 83: 99–102.
- Boschung U 2013. Ziegler, Ernst. *Historisches Lexikon der Schweiz*. <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D14705.php>
- Canci A, Borgognini Tarli SM, Repetto E 1991. *Osteomyelitis of Probable Haematogenous Origin in a Bronze Age Child from Toppo Daguzzo (Basilicata, Southern Italy)*. International Journal of Osteoarchaeology 1: 135–139.
- Cotta H 1978. *Orthopädie. Ein kurzgefasstes Lehrbuch*. Thieme Verlag, Stuttgart.
- Ferembach D, Schwidetzky I, Stloukal M 1979. *Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett*. Homo 30: 1–32 (Anhang).
- Gutscher D 1992. *Ins, Kirchgemeindehaus. Rettungsgrabung im frühmittelalterlichen Gräberfeld 1987*. Archäologie im Kanton Bern 2: 75–79.
- Hefti F unter Mitarbeit von Brunner R, Fliegel C, Freuler F, Jundt G und von Laer L 1997. *Kinderorthopädie in der Praxis*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Herrmann B, Grupe G, Hummel S, Piepenbrink H und Schutkowski H 1990. *Prähistorische Anthropologie. Leitfaden der Feld- und Labormethoden*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona.
- Kaufmann E 1972. *Lehrbuch der speziellen pathologischen Anatomie. Bd. 2, 4. Teil: Pathologie der Bewegungsorgane*. Walter de Gruyter, Berlin, New York, 2736–2740.
- Lange F, Spitz H 1910. *Chirurgie und Orthopädie im Kindesalter. Handbuch der Kinderheilkunde Band V*. Verlag von F.C.W. Vogel, Leipzig.
- Leveuf J 1937. *Ostéomyélite des nourrissons*. In: Ombrédanne L, Mathieu P (eds.). *Chirurgie orthopédique. Tome premier*. Libraires de l'Académie de Médecine, Paris, 218–221.
- Lewis ME 2007. *The Bioarchaeology of Children. Perspectives from Biological and Forensic Anthropology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lossen H 1894. *Die Resektionen der Knochen und Gelenke*. Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart.
- Maat GJR 1984. *Dating and Rating of Harris's Lines*. American Journal of Physical Anthropology 63 (3): 291–300.
- Moorrees CFA, Fanning EA, Hunt EE Jr 1963. *Age Variation of Formation Stages for Ten Permanent Teeth*. Journal of Dental Research 42 (6): 1490–1502.
- Niethard FU unter Mitarbeit von Carstens C, Döderlein L, Peschgens T 1997. *Kinderorthopädie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York.
- Ortner DJ (ed.) 2003. *Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*. Academic Press, Amsterdam, Boston, New York.
- Ortner DJ, Putschar WGJ 1981. *Identification of pathological conditions in human skeletal remains*. Smithsonian Institution Press, Washington DC.
- Paleopathology Association 1991. *Skeletal Database Committee Recommendations*. Pp. 1–12.
- Palfi G, Dutour O, Bérato J, Brun JP 2000. *La Syphilis en Europe dans l'Antiquité: le fœtus de Costebelle et les autres nouvelles données ostéoarchéologiques*. Vesalius VI, 1: 55–63.
- Papageorgopoulou C, Suter SK, Rühli FJ, Siegmund F 2011. *Harris lines revisited: Prevalence, comorbidities, and possible etiologies*. American Journal of Human Biology 23 (3): 381–391.
- Peltola H, Pääkkönen M 2014. *Acute Osteomyelitis in Children*. The New England Journal of Medicine 370: 352–360.
- Rasool MN 2001. *Primary subacute haematogenous osteomyelitis in children*. The Journal of Bone and Joint Surgery 83B: 93–98.
- Santos AL, Suby JA 2012. *Skeletal and Surgical Evidence for Acute Osteomyelitis in Non-Adult Individuals*. International Journal of Osteoarchaeology. DOI: 10.1002/oa.2276.
- Schmid F, Künle A 1958. *Das Längenwachstum der langen Röhrenknochen in bezug auf Körperlänge und Lebensalter*. Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin 89: 350–356.
- Schultz M 1986. *Die mikroskopische Untersuchung prähistorischer Skelettfunde. Anwendung und Aussagemöglichkeiten der differentialdiagnostischen Untersuchung in der Paläopathologie*. Archäologie und Museum. Berichte aus der Arbeit des Amtes für Museen und Archäologie des Kantons Baselland, Heft 6. Liestal.
- Schultz M 1990. *Erkrankungen des Kindesalters bei der frühbronzezeitlichen Population vom İkiztepe (Türkei)*. In: Andraschko FM, Teegen W-R (Hg.). *Gedenkschrift für Jürgen Driehaus*. Zabern Verlag, Mainz, 83–90.
- Schultz M 1993. *Spuren unspezifischer Entzündungen an prähistorischen und historischen Schädeln. Ein Beitrag zur Paläopathologie*. In: Kaufmann B (Hg.). *Anthropologische Beiträge 4 A und 4 B*. Aesch/Basel.
- Schultz M 2001. *Krankheit und Tod im Kindesalter bei bronzezeitlichen Populationen*. In: Lippert A, Schultz M, Shennan S, Teschler-Nicola M (Hg.). *Mensch und Umwelt während des Spätneolithikums und der Frühbronzezeit in Mitteleuropa*. Marie Leidorf Verlag, Rahden/Westfalen, 287–305.
- Schultz M, Teschler-Nicola M 1987. *Krankhafte Veränderungen an den Skeletten aus dem Karner der St. Martins-Kirche in Klosterneuburg, Niederösterreich*. Annalen des Naturhistorischen Museums Wien 89: 225–311.

- Stloukal M, Hanáková H 1978. *Die Länge der Längsknochen altslawischer Bevölkerungen unter besonderer Berücksichtigung von Wachstumsfragen*. Homo 29: 53–69.
- Telkkä A, Palkama A, Vertama P 1962. *Prediction of stature from radiographs of long bones in children*. Journal of Forensic Sciences 7: 474–476.
- Templin O 1993. *Die Kinderskelette von Bettingen im Kanton Basel-Stadt (Schweiz). Eine paläopathologische Untersuchung*. Dissertation. Göttingen.
- Trueta J 1959. *The three types of acute haematogenous osteomyelitis. A clinical and vascular study*. The Journal of Bone and Joint Surgery 41 B (4): 671–680.
- Uehlinger E 1970. *Entzündliche Knochen- und Gelenkerkrankungen (ausschliesslich Tuberkulose). Die pathologische Anatomie der hämatogenen Osteomyelitis*. Der Chirurg 41, Heft 5: 193–198.
- Waters-Rist AL 2012. *A unique case of mandibular osteomyelitis arising from tooth germ infection in a 7'000-year-old infant from Siberia*. Dental Anthropology Journal 25: 15–25.
- Ziegler E 1886. *Lehrbuch der speziellen pathologischen Anatomie. Bd. 2*. G Fischer Verlag. Jena.

Adressen:

Thomas Böni
Orthopädische Universitätsklinik Balgrist
Forchstrasse 340
8008 Zürich
Schweiz
E-mail: thomas.boeni@balgrist.ch

Susi Ulrich-Bochsler
Institut für Medizingeschichte
Universität Bern
Bühlstrasse 26
3012 Bern
Schweiz
E-mail: susi.ulrich-bochsler@bluewin.ch

Abbildungsnachweis

Abbildungen 1–2

Archäologischer Dienst des Kantons Bern.

Abbildung 3

Susi Ulrich, Bern.

Abbildungen 4–6

Uniklinik Balgrist, Zürich (Carol Urfer).

Abbildungen 7–8

Uniklinik Balgrist, Zürich, Radiologie.

Abbildung 9

Schemata modifiziert nach Cotta (1978: 112) und Hefti (1997: 567).

Abbildung 10

Aus Ziegler 1886, Fig. 267.

Implications of the marked osteophytosis of a proximal *Australopithecus africanus* femur

[Markante Osteophytenbildung am proximalen Femur eines *Australopithecus africanus* und ihre Bedeutung]

SABINE LANDIS^{1,2}, MARTIN HAEUSLER^{1,2,*}

¹Centre for Evolutionary Medicine, Institute of Anatomy, University of Zürich, Switzerland

²Anthropological Institute and Museum, University of Zürich, Switzerland

* Corresponding author

Abstract

The proximal femur MLD 46 (*Australopithecus africanus*) from Makapansgat, South Africa, shows extensive osteophyte formation at the head-neck junction. These pathological alterations are responsible for neglecting MLD 46 in most studies on the postcranium of *A. africanus*. Here, we compare its morphology to a modern sample from the Galler collection with known pathologies to establish a differential diagnosis. We found that primary osteoarthritis is most similar to the morphology of MLD 46. The differential diagnosis includes pathologies like a protrusion of the acetabulum, congenital or acquired coxa vara and femoroacetabular impingement syndrome, which leads to secondary osteoarthritis. *Australopithecus* may have had some predisposition for coxa vara and impingement syndrome due to the slightly different morphology of the proximal femur compared to modern humans. Possible but less likely differential diagnoses include rheumatoid arthritis and Paget's disease. As primary osteoarthritis is age-related, this disorder may be an indication of an advanced individual age of MLD 46. If true, this would suggest that MLD 46 is one of the oldest australopithecine individuals discovered so far because most early hominids did not live longer than into their early to middle adulthood.

Keywords: Palaeopathology, degenerative joint disease, hip joint, early hominids, evolutionary medicine

Zusammenfassung

In Makapansgat (Südafrika) wurde 1969 ein ca. 2,6 Millionen Jahre altes proximales Femur eines *Australopithecus africanus*, MLD 46, gefunden. Obwohl MLD 46 eines der besterhaltenen Fossilien dieser Körperregion ist, wurde es in den meisten Studien über das postkraniale Skelett von *A. africanus* wegen eines ausgeprägten Osteophytenkranzes an der Femurkopf-Hals-Grenze übergangen. Hier vergleichen wir die Morphologie von MLD 46 mit bekannten und gut dokumentierten pathologischen proximalen Femora aus der Galler-Sammlung und versuchen eine Differentialdiagnose aufzustellen. Es zeigt sich, dass die primäre Arthrose die grösste Ähnlichkeit zur Morphologie von MLD 46 aufweist. Nicht ausschliessen kann man aber auch Pathologien wie eine Protrusion acetabuli, eine erworbene oder angeborene Coxa vara oder ein Hüftgelenks-Impingement-Syndrom. All diese Pathologien können zu einer sekundären Arthrose führen. *Australopithecus* könnte eine Prädisposition für die Coxa vara und das Impingement-Syndrom aufgewiesen haben aufgrund der leicht unterschiedlichen Morphologie des proximalen Femurs im Vergleich zum modernen Menschen. Auch die rheumatische Arthritis und der Morbus Paget zeigen ein ähnliches Erscheinungsbild wie MLD 46; aufgrund ihrer Klinik sind diese Krankheiten allerdings weniger wahrscheinlich. Falls die Diagnose einer primären Arthrose stimmt, wäre dies ein Hinweis auf ein höheres Alter des Individuums. Damit könnte MLD 46 eines der ältesten Individuen eines Australopithecinen darstellen, welches bisher entdeckt wurde.

Schlüsselwörter: Paläopathologie, Arthrose, Coxarthrose, frühe Hominiden, evolutionäre Medizin

Introduction

The proximal left femur MLD 46 was discovered in 1969 at Makapansgat, South Africa, in a large block of

breccia (Fig. 1; Reed *et al.* 1993). The block was assigned to Member 4, which is dated to 2.58 Ma (Herries *et al.* 2013). Due to its fragmentarity and extensive pathologic alterations, the attribution of the



Fig. 1: The proximal femur MLD 46 (*Australopithecus africanus*) from posterior (left) and anterior (right).

femur was initially unclear. Reed *et al.* (1993) demonstrated, however, that its morphology best matches that of other australopithecine femora rather than that of felines. Because Makapansgat only yielded early hominid fossils of *Australopithecus africanus* (Dart 1959, 1965), Reed *et al.* (1993) also attributed MLD 46 to that species. MLD 46 is one of the largest *A. africanus* fossils (Harmon 2009). Moreover, it still is one of the most complete proximal femora of *A. africanus* discovered so far. However, the greater trochanter, a large flake of the anterior side of the head and the shaft distal of the lesser trochanter are lacking, and the posterior side of the head suffered from abrasion.

Most importantly, MLD 46 displays massive osteophytes at the upper and lower edge of the head-neck junction. Reed *et al.* (1993) interpreted them as resulting from degenerative joint disease. There are, however, several characteristics that are unusual for primary osteoarthritis in modern humans including an elongated oval shape of the femoral head and an absent flattening of the weight-bearing section of the head. Moreover, degenerative joint disease is very rare in non-human primates including great apes (Jurmain 2000). The present study therefore aims to provide a differential diagnosis for the pathology of the proximal femur MLD 46.

It is undisputed that australopithecines were walking on two legs and showed several adaptations to upright walking. A rearrangement of the skeleton that brought the centre of gravity over the contact points of its hind

feet helped the bipeds to stay balanced (Alexander 2004). These adaptations particularly affect the lower limb. Thus, the femur of australopithecines shows a greater bicondylar angle and the femoral neck-shaft angle is smaller than in quadrupedal primates. In fact, it is even smaller than that of modern humans (Heiple and Lovejoy 1971; Lovejoy *et al.* 1973). In addition, the australopithecine femoral head is relatively small compared to their body size and the femoral neck is longer than in modern humans (Lovejoy *et al.* 1973; McHenry and Corruccini 1978). Nevertheless, some researchers concluded that the gait of *Australopithecus* and the morphology of the hip joint were not so different from that of modern humans (Lovejoy *et al.* 1973; but see e.g. Stern 2000; Ward 2013). This suggests that *Australopithecus* might have suffered from similar hip joint pathologies as modern humans. Conversely, hip joint disorders could give us an important insight into the life and biology of australopithecines.

Material and Methods

MLD 46 is an isolated left proximal femur from Makapansgat without associated skeletal elements (Reed *et al.* 1993). It is housed at the University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa.

Its morphology was compared macroscopically to proximal femora from the Galler collection. This is a modern autopsy-based bone pathology series housed in part at the Natural History Museum in Basel and the

Centre for Evolutionary Medicine, Anatomical Institute, University of Zürich (Rühli *et al.* 2003). Ernst Galler (1895–1957) was dissector at the Department of Pathology, University Hospital Zürich, Switzerland. He enlarged an older pathology series which had existed since the early days of the hospital at the beginning of the 19th century. The specimens in the collection derive from the larger Zürich area and represent a mixture of rural and urban populations of the 19th and early 20th century. The Galler collection contains a total of 2167 patients. The part of the collection at the University of Zürich contains 1746 patients; 756 males, 911 females and 89 of unknown sex. This study included all individuals of the Zürich sub-collection with hip joint pathologies or diseases that could lead to a hip joint problem.

Results

The MLD 46 proximal femur was compared to a total of 1161 proximal femora of the Galler collection. Of these specimens, 689 proximal femora showed macroscopically visible bony alterations. Some were affected by more than one disorder. Thus, a number of 1005 pathologies located on 689 individuals were further analysed in the present study.

The main pathological characteristics of the MLD 46 femur include the formation of osteophytes at the head-neck junction. In the superior region, the osteophytes are most pronounced and reach a mediolateral expansion of approximately 18 mm. In the inferior region, the osteophytes are about 20 mm wide. It is likely that the osteophytes originally encircled the entire head-neck junction of the femur, although large flakes of bone are missing from the posterior and anterior aspects of the specimen. The head is well-shaped, slightly oval and transversely elongated. Superoinferiorly, it measures 38.8 mm. Transversely, the distance from the medial extremity to the beginning of the osteophytic ring is 28.5 mm, and 44.0 mm to the distal extremity of the osteophytic ring. Thanks to the missing bone flake on the anterior side, the internal structure of the femoral head is visible. There are four small cavities filled with calcite crystals which are located close to the surface of the superomedial and inferomedial sectors of the head and measure 2 mm to 9 mm in length and up to 3 mm in width. These cavities likely represent subchondral cysts. The combination of subchondral cysts and osteophyte formations with a well-shaped femoral head variously occurs in the studied hip joint disorders of the Galler collection. Table 1 summarizes the main morphological characteristics of the different hip joint pathologies.

The morphological characteristics of primary osteoarthritis were found to be most similar to MLD 46. Nearly 40% of the affected proximal femora retained a well-shaped head, whereas the remaining specimens showed a more or less mushroom-shaped deformation of the head with flattening of the cranial sector. In accordance with the age-related aetiology of primary osteoarthritis, the patients of the Galler collection with a similar degree of osteophytosis as MLD 46 all had an advanced age at death of between 70 and 95 years.

A slightly elongated, oval femoral head with osteophytosis of the head-neck junction was also typical for a protrusion of the acetabulum. Yet, a number of disorders leading to secondary osteoarthritis were also found to show similar bony alterations as in MLD 46. Thus, a conspicuous feature of MLD 46 is its marked varus deformation of the femoral neck. Its neck-shaft angle is about 110 ± 3 . This deformation of the femoral neck constitutes an important predisposition for osteoarthritis because congenital or acquired coxa vara leads to an unphysiological loading of the hip joint (Behan 1906). A further congenital malformation is femoroacetabular impingement syndrome that may lead to a bony reaction with osteophytes at the head-neck junction of the femur. In addition, our analysis of the Galler collection also demonstrated that rheumatoid arthritis and Paget's disease may show characteristics similar to MLD 46.

Other hip joint disorders showed less resemblance to the morphology of MLD 46. Osteoporosis normally does not lead to osteophytic growth. Also femora affected by osteomalacia or rickets retained a well-shaped head. On the other hand, hip joint dysplasia and hip joint luxation generally lead to a mushroom-shaped femoral head or a similar destruction. Infections normally destruct the hip joint or lead to diffuse osteophytic overgrowth of the femur and the acetabulum if they were survived until the bone started to react. Also developmental defects like Perthes' disease or slipped capital femoral epiphysis result in markedly deformed femoral heads that are different from the morphology of MLD 46.

Discussion

Reed *et al.* (1993) suggested that the deformity of MLD 46 is due to degenerative joint disease without distinguishing between primary or secondary osteoarthritis. However, osteoarthritis of the hip joint typically leads to a flattening in the most loaded cranial section of the femoral head (Ortner 2003). This flattening is absent in MLD 46, but our analysis of the

Galler collection also shows a great morphological variation of primary hip joint osteoarthritis. Some cases from the Galler collection have therefore a high resemblance to MLD 46. On the other hand, the femoral neck of *Australopithecus* was relatively longer than in modern humans, which could have reduced the load on the femoral head (Lovejoy *et al.* 1973; McHenry and Corruccini 1978). This could also explain that the femoral head of MLD 46 remained well-shaped and does not show a flattening deformation. As primary osteoarthritis only occurs at an advanced age, this would imply that also MLD 46 represents an older individual that may have suffered from restricted hip joint mobility during walking and climbing.

The differential diagnosis includes protrusion of the acetabulum, femoroacetabular impingement syndrome, coxa vara, Paget's disease, and rheumatoid arthritis. A protrusion of the acetabulum can occur as a special case of primary osteoarthritis. In age-related osteoarthritis, the femoral head is normally moving cranially, i.e., the narrowing of the articular space starts at the cranial, weight-bearing part of the femoral head towards the acetabular roof (Golding 1934; McBride *et al.* 2001). This often leads to deformation of the femoral head with flattening of the cranial sector. However, the femoral head can also move inwards in direction of the lesser pelvis, thus leading to a protrusion of the

acetabulum (Golding 1934; McBride *et al.* 2001). In this case, the head remains well-shaped round and slightly elongated. The acetabulum thus becomes deeper and impinges at the head-neck junction of the femur, where osteophytes begin to form. Apart from age-related conditions, other causes of a protrusion of the acetabulum include osteomalacia, infections and accidents (Darcy *et al.* 1978; Macdonald 1971). Osteomalacia results from defective bone mineralisation, most often secondary to Vitamin D deficiency (Albany and Servetnyk 2009). However, the associated clinical symptoms of chronic fatigue and muscle weakness might have seriously affected survival in the Plio-Pleistocene. On the other hand, we found no indications of an infection of the hip joint, and acetabular fractures are high energy traumata that are unlikely to have been survived without modern medical support (Jaffe 1972). There is no pelvis associated with the MLD 46 femur. Therefore, a possible protrusion of the acetabulum cannot be substantiated. The surprisingly similar morphology of affected femora, however, suggests that protrusion of the acetabulum is a major differential diagnosis.

Australopithecines generally had smaller femoral heads relative to their body size than modern humans (Lovejoy *et al.* 1973; McHenry and Corruccini 1978). This implies a smaller femoral head to neck relationship

Tab. 1: Main morphological characteristics of the bony manifestations of common hip joint disorders. The different disorders are arranged from likely differential diagnoses (left) to unlikely ones (right).

CHARACTERISTICS	MLD 46	Primary osteoarthritis	Protrusion acetabuli	Coxa vara	Impingement syndrome	Paget's disease	Rheumatoid arthritis	Osteoporosis	Osteomalacia / rickets	Femoral head necrosis	Trauma	Tumor	Unspecific bacterial infection	Specific bacterial infection	Hip dysplasia / hip joint luxation	Perthes disease	Slipped capital femoral epiphysis
Femoral head round	+	+/-	++	+/-	+	+	+/-	+	+	-	+/-	+/-	-	-	-	+/-	+/-
Fungiform deformation of the femoral head	-	+/-	-	-	-	-	+/-	-	-	-	-	-	+/-	-	+/-	+	+
Other deformation of the femoral head	-	+/-	-	-	-	-	+/-	-	-	++	+	+	++	++	+	++	++
Destruction of the femoral head	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	+	+	+	+	+/-	+	+
Osteolytic reaction	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	++	+	++	+/-	++	+
Osteophyte formation at head-neck junction	+	++	+	+	++	+	++	-	-	+/-	-	-	+/-	-	+	+/-	+/-
Subchondral cyst	+	+	+	-	-	+/-	+/-	+	-	-	-	+/-	-	-	-	-	+
Deformation of the femoral shaft	n/a	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+/-	+/-	-	-	+/-	-	-
High morphological variation	n/a	+	-	-	-	++	++	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+

than in modern humans. This is particularly pronounced in MLD 46 (Harmon 2009), and could have been a predisposition for femoroacetabular impingement syndrome. Unfortunately, however, the anterior side of the femoral head of MLD 46 is broken off. The exact morphology at the transition from the femoral head to the neck is therefore unknown. Because impingement normally affects the anterior superior portion of the femoral head (Fraitzl *et al.* 2010; Ganz *et al.* 2003), it is not possible to corroborate this differential diagnosis.

Coxa vara represents an alternative diagnosis. This disorder may occur as a congenital malformation, through age-related deformation or secondary to osteomalacia, Paget's disease and other pathologies (Behan 1906). It results in an impingement syndrome with consecutive formation of osteophytes at the head-neck transition, while the femoral head remains well-shaped. Compared to modern humans, MLD 46 shows a marked coxa vara with a neck-shaft angle of approximately 110° (range of estimation: 106°–112°). The normal range in modern humans is 120°–135°, with angles below 120° representing coxa vara. However, early hominids generally had smaller neck-shaft angles than modern humans of between 114° and 125° (Ruff and Higgins 2013). Thus, the angle of MLD 46 is the lowest value observed so far in *Australopithecus*. As a slight coxa vara is physiological with progressing age (Behan 1906), the small femoral neck-shaft angle of MLD 46 may simply reflect the advanced age at death of this individual.

Paget's disease is characterized by excessive, disorganized bone remodelling. This can lead to coxa vara or to another incongruence of the hip joint and finally to osteoarthritis (Roberts and Manchester 2005; Rothschild and Martin 1993). It is a relatively rare disease with a prevalence of 1,5% to 8,0%, and it mostly affects older people (Ralston 2013). Unfortunately, the heavy mineralization of the MLD 46 fossil precludes analysis of its microarchitecture and thus of the presence of typical signs of Paget's disease.

Rheumatoid arthritis is an autoimmune disease against the synovial membrane leading to a chronic inflammation of the joints (Boissier *et al.* 2012). It primarily affects the smaller joints of the hand and foot, leading to restricted mobility and pain. At later stages, it can also affect the larger joints of the knee and hip (Roberts and Manchester 2005; Rothschild and Martin 1993). However, difficulties during grasping and climbing would have probably seriously limited the ability of *A. africanus* to survive before the larger joints got involved. This differential diagnosis is therefore rather unlikely for MLD 46.

Conclusions

Our comparison of MLD 46 to the modern sample of the Galler collection demonstrated that primary or age-related osteoarthritis (especially with protrusion of the acetabulum) shows the greatest similarity with the morphology of the fossil. A further factor may have been the characteristic coxa vara of australopithecines that could have represented a predisposition for developing an impingement syndrome. Although Paget's disease can show similar osteophyte formations, it is not possible to further substantiate this diagnosis. Rheumatoid arthritis can also lead to similar bony manifestation, though it is unlikely for an australopithecine to survive this pathology until manifestations in the hip joint occurred. Except for femoroacetabular impingement syndrome and some rare aetiologies of protrusion of the acetabulum, these disorders affect individuals of an advanced age. Moreover, MLD 46 had to live with the pathology for several years until this pronounced osteophytosis was established. Therefore, it is likely that the proximal femur MLD 46 represents one of the oldest individuals discovered so far.

Acknowledgements

Thanks for access to the MLD 46 fossil is due to B. Zipfel, L.R. Berger and B. Kramer (University of the Witwatersrand). We also thank F. Rühli (Centre for Evolutionary Medicine, University of Zürich) for allowing us to examine the Galler collection and C. van Schaik (Anthropological Institute, University of Zürich) for making this Master's study possible, as well as two reviewers for their constructive comments. MH is supported by the Mäxi foundation.

Literature

- Albany C, Servetnyk Z 2009. *Disabling osteomalacia and myopathy as the only presenting features of celiac disease: a case report*. Cases Journal 2 (1): 20.
- Alexander RM 2004. *Bipedal animals, and their differences from humans*. Journal of Anatomy 204 (5): 321–330.
- Behan RJ 1906. *XI. Coxa vara*. Annals of surgery 44 (6): 926–44.
- Boissier M-C, Semerano L, Challal S, Saidenberg-Kermanac'h N, Falgarone G 2012. *Rheumatoid arthritis: From autoimmunity to synovitis and joint destruction*. Journal of Autoimmunity 39 (3): 222–228.

- Darcy K, Ansell BM, Bywaters EGL 1978. *Family with primary protrusio acetabuli*. Annals of the Rheumatic Diseases 37 (1): 53–57.
- Dart AR 1959. *The first Australopithecus cranium from the Pink Breccia at Makapansgat*. American Journal of Physical Anthropology 17: 77–82.
- Dart AR 1965. *Recent discoveries during excavation preparations at Makapansgat*. South African Archaeological Bulletin 20: 148–158.
- Fraitzl CR, Kappe T, Reichel H 2010. *Das femoroacetabuläre Impingement – eine häufige Ursache des Leistenschmerzes beim Sportler*. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 61 (12): 292–298.
- Ganz R, Parvizi J, Beck M, Leunig M, Nötzli H, Siebenrock KA 2003. *Femoroacetabular impingement: a cause for osteoarthritis of the hip*. Clinical orthopaedics and related research 417: 112–20.
- Golding FC 1934. *Protrusio acetabuli (central luxation)*. British Journal of Surgery 22 (85): 56–62.
- Harmon E. 2009. *Size and shape variation in the proximal femur of Australopithecus africanus*. Journal of Human Evolution 56: 551–559.
- Heiple KG, Lovejoy CO 1971. *The distal femoral anatomy of Australopithecus*. American Journal of Physical Anthropology 35 (1): 75–84.
- Herries AIR, Pickering R, Adams JW, Curnoe D, Warr G, Latham AG, Shaw J 2013. *A multi-disciplinary perspective on the age of Australopithecus in Southern Africa*. In: Reed KE, Fleagle JG, Leakey RE (eds.). *The Paleobiology of Australopithecus – Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology*. Springer. Dordrecht, 21–40.
- Jaffe H 1972. *Metabolic, degenerative, and inflammatory diseases of bones and joints*. Lea and Febiger. Philadelphia.
- Jurmain RD 2000. *Degenerative joint disease in African great apes: an evolutionary perspective*. Journal of Human Evolution 39: 185–203.
- Lovejoy CO, Heiple KG, Burstein AH 1973. *Gait of Australopithecus*. American Journal of Physical Anthropology 38: 757–779.
- Macdonald D 1971. *Primary protrusio acetabuli. Report of an affected family*. Journal of Bone & Joint Surgery – British Volume 53 (1): 30–6.
- McBride MT, Muldoon MP, Santore RF, Trousdale RT, Wenger DR 2001. *Protrusio acetabuli: diagnosis and treatment*. Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons 9 (2): 79–88.
- McHenry HM, Corruccini RS 1978. *The femur in early human evolution*. American Journal of Physical Anthropology 49 (4): 473–87.
- Ortner DJ 2003. *Identification of pathological conditions in human skeletal remains*. Academic Press. Amsterdam.
- Ralston SH 2013. *Paget's Disease of Bone*. New England Journal of Medicine 368 (7): 644–650.
- Reed KE, Kitching JW, Grine FE, Jungers WL, Sokoloff L 1993. *Proximal femur of Australopithecus africanus from Member 4, Makapansgat, South Africa*. American Journal of Physical Anthropology 92: 1–15.
- Roberts CA, Manchester K 2005. *The archaeology of disease*. Cornell University Press. Ithaca, N.Y.
- Rothschild BM, Martin LD 1993. *Paleopathology: disease in the fossil record*. CRC Press. Boca Raton.
- Ruff CB, Higgins R 2013. *Femoral neck structure and function in early hominins*. American Journal of Physical Anthropology 150 (4): 512–525.
- Rühli FJ, Hotz G, Böni T 2003. *Brief communication: the Galler Collection: a little-known historic Swiss bone pathology reference series*. American Journal of Physical Anthropology 121 (1): 15–18.
- Stern JT Jr. 2000. *Climbing to the top: a personal memoir of Australopithecus afarensis*. Evolutionary Anthropology 9: 113–133.
- Ward CV 2013. *Postural and locomotor adaptations of Australopithecus species*. In: Reed KE, Fleagle JG, Leakey RE (eds.). *The Paleobiology of Australopithecus*. Springer. Netherlands, 235–245.

Figure Proof

Figure 1

Martin Häusler

Address:

Martin Häusler
Centre for Evolutionary Medicine, Institute of Anatomy
University of Zürich
Winterthurerstrasse 190
8057 Zürich
Switzerland
E-mail: MartinFelix.Haeusler@uzh.ch

received: 24. 1. 2014

accepted: 20. 3. 2014

A trepanned skull from the 19th century AD found in Steinhausen, Switzerland

[Ein trepanierter Schädel aus dem 19. Jahrhundert n. Chr. aus Steinhausen, Schweiz]

SABRINA MEYER^{1,4,*}, ADRIANO BOSCHETTI^{1,2}, RUDOLF HAURI³,
FRANK RÜHLI⁴, THOMAS BÖNI⁴

¹ *Department of Cultural Heritage Conservation and Archaeology, Canton Zug, Switzerland*

² *Institute of Art History, University of Zurich, Switzerland*

³ *Department of Public Health, Canton Zug, Switzerland*

⁴ *Centre for Evolutionary Medicine, Institute of Anatomy, University of Zurich, Switzerland*

* *Corresponding author: sabrina.meyer@uzh.ch*

Abstract

Cranial trepanation is one of the oldest documented surgical procedures and was practiced in Switzerland since the Neolithic. Here we describe the first trepanned specimen from a pre-modern archaeological graveyard in Steinhausen, Canton of Zug, Switzerland, dated from 1810–1890 AD. Considering the history of trepanation in Switzerland, this calvaria represents a very late example. An anthropological examination showed that the calvaria belonged to a female more than 35 years of age. Paleopathological examinations were supported by conventional radiography and CT scans. Before the surgical intervention, an inflammatory reaction had pathologically altered the skull. In total, six trepanations measuring between 20 and 48 millimetres in diameter could be distinguished. Five of them show evidence of osseous regeneration, which implies survival after the trepanation surgery. The different stages of regeneration allowed us to arrange the trepanations chronologically. From the orientation of one of the trepanations, we could reconstruct the positioning of the patient during the surgery. In conclusion, it ultimately remains unclear whether medical reasons, a ritual or both was the motivation for the cranial trepanations. In any case, the extent and recent age of the trepanations are remarkable for Switzerland.

Keywords: paleopathology, trauma, calvaria, trepanation, pre-modern, Canton Zug

Zusammenfassung

Die Schädeltrepanation ist einer der ältesten dokumentierten chirurgischen Eingriffe und wurde in der Schweiz seit dem Neolithikum durchgeführt. In diesem Artikel beschreiben wir den ersten bekannten Fall eines Schädels mit multiplen Trepanationen aus der Neuzeit. Der Schädel stammt aus dem aufgelassenen Friedhof von Steinhausen, Kanton Zug, Schweiz und wird ins 19. Jahrhundert n. Chr. datiert. Angesichts der Aufzeichnungen von Trepanationen in der Schweiz stellt dieser Schädel ein sehr junges Exemplar dar. Eine anthropologische Untersuchung zeigte, dass es sich um die Calvaria eines weiblichen Individuums mit einem Alter von mindestens 35 Jahren handelt. Die paläopathologische Untersuchungen wurden unter Verwendung von Röntgen- und CT-Aufnahmen durchgeführt. Der Schädel war durch eine Entzündung bereits pathologisch verändert, als die chirurgischen Eingriffe stattfanden. Es konnten sechs Trepanationen mit Durchmessern zwischen 20 und 48 mm unterschieden werden. Fünf davon zeigen deutliche Spuren von Knochenregeneration, was auf ein Überleben nach der Operation hindeutet. Die verschiedenen Stadien der Knochenregeneration erlaubten uns, die Trepanationen in einen chronologischen Ablauf einzureihen. Ob medizinische Ursachen, ein Ritual oder beides zu den Eingriffen führten, kann nicht mehr geklärt werden. Ebenso unklar bleibt, ob es einen Zusammenhang zwischen den Trepanationen und dem bereits entzündlich veränderten Schädel gab. Bemerkenswert sind aber auf jeden Fall die Grösse des Eingriffs und seine Zeitstellung.

Schlüsselwörter: Paläopathologie, Trauma, Calvaria, Trepanation, Neuzeit, Kanton Zug

Introduction

Trepanation, the removal of a piece of bone from the skull, is the oldest documented surgical procedure. It was practiced from the Neolithic in most parts of the world, with a high concentration in the Andes Mountains in Peru, Bolivia, Chile and Columbia (Gross 2003, Stone *et al.* 2003, Ullrich 1997, Verano 2003). It is still used in both non-western and western medicine today.

In Europe, trepanning is well known and documented during the Neolithic (Ullrich 1997, Ramseier *et al.* 2005), the Bronze Age and the Latène period (Filip 1969, Hein 1959), for the ensuing periods however, fewer cases have been reported which might be a result of the new burial custom (Regnault 1936).

The reasons to perform a trepanation were diverse and could have been medical – such as a head injury – but also ritual. The real motivation for trepanations in earlier time periods remains unclear (Siegerist 1987, Schiller 1992). From the Renaissance up to the early 19th century, open head wounds were the main cause for trepanning (Lisowsky 1967, Bakay 1985, Dagi 1997). However, the high death rate after skull surgeries led to a debate on when and if to trepan among physicians (Dagi 1997). When in the early 19th century medical procedures were moved from private homes to hospitals, an increase in mortality after skull surgeries could be observed (Bakay 1985).

It was not until the late 19th century when modern antiseptics and infection prophylaxis were introduced and the importance of intracerebral pressure in head injury was understood that physicians considered trepanning as a procedure in head trauma again (Dagi 1997).

Not only traumata were motives for trepanations but so were certain neurological disorders.

Whether a surgery was initially performed because of an injury or a neurological disorder (e.g. epilepsy) remains unclear. It also has to be taken into consideration that a close relationship between trepanations and a therapeutic approach for neurological disorders might exist. A demon or a bad piece of tissue could also be considered as a source for a headache, their existence thus justifying a surgery. Therefore, a medical intervention in a disease with headache seemed reasonable (Martin 2003).

Many cases of trepanned skulls show no evidence of fractures or other pathologies and belong to the ritual-therapeutic category (Aufderheide and Rodríguez-Martín 1998, Pioreschi 1991).

Even today, in modern neurosurgical practice trepanning is still an important procedure but it is no longer viewed as therapeutic in itself. It may be used for

an explanatory diagnosis, to lower the intracerebral pressure – e.g. from an epidural or subdural hematoma and to gain access to the dura and hence to the brain itself (Gross 2003).

In the past, the methods used for trepanations varied. The most widely used method was scraping through the bone carefully. This method is found in all geographical areas where trepanations occur and undoubtedly involved the lowest risk of damaging the brain. Other methods included cutting or sawing directly into the bone or drilling a circle of small holes and breaking or cutting the intervening bone. The risk to harm the brain with both these methods was considerably higher (Lisowski 1967, Saul and Saul 1997).

Across time and space various trepanation tools were used. The first tools were made with flint, obsidian, or other hard stone knives and later metal ones. Afterwards a circular trepan or crown-saw was used (Gross 2003). Over the years the trepanation kits got more precise and were similar to both ancient Roman and modern ones (Wilkins 1997).

Furthermore, trepanations not only vary in the method used but also in terms of the extent of bone removed and the depth to which bone is removed. The surgeon can either remove both tables of bone, exposing the dura, or remove the outer table of bone and diploë (Ortner 2003).

Material and Methods

The ecclesiastical beginnings of Steinhausen go back to the Middle Ages. In 1173 the St. Matthias church (Fig. 1) was mentioned in historical records for the first time. The church, ossuary and graveyard have been in use since 1611 (Bart *et al.* 2011).

During the years 2011 to 2012, the apse built in 1955/56 on the south side of the sacristy was replaced by a new building. Plans from the time before the sacristy was constructed show grave rows in this location. Moreover, in 2011/12 a new multi-purpose building was erected in the area south of the ossuary, which in the second half of the 20th century was still used as a graveyard. Therefore, the planned construction activities led to ground interventions in the perimeter where historical burials were to be expected. For this reason the Department of Cultural Heritage Conservation and Archaeology, Canton Zug (Ereignisnummer 1830), carried out an excavation in summer 2010 and monitored all following interventions in close proximity to the former graveyard (Department of Cultural Heritage Conservation and Archaeology, Canton Zug, 2011).

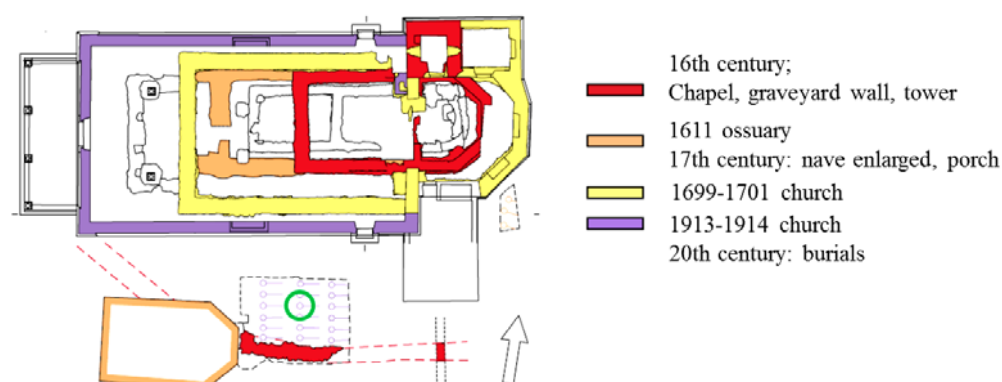


Fig. 1: St. Matthias church (scale 1:400), Steinhausen. Reconstructed floor plans of the chapels, churches and the cemetery wall. The ossuary and the two excavation areas from the year 2010 are also plotted. The location of the skull is circled in green.

The remains of approximately 150 individuals were excavated at Steinhausen, of which the 16 skeletons discovered *in situ* were anthropologically analyzed (Meyer 2012). In a next step it was decided to also analyze the important paleopathological stray findings one of which is a skull with six exceptional openings close to the sutura sagittalis. The skull (see Fig. 2), a secondary burial, was discovered without any other associated skeletal elements and was anthropologically examined at the Department of Cultural Heritage Conservation and Archaeology, Canton Zug (Acsádi *et al.* 1970, Ferembach *et al.* 1979). In a second step it was examined by using conventional radiography and a clinical CT scanner (GE Medical Systems, Light Speed VCT) at the Zuger Kantonsspital, Baar, Switzerland, in April 2011. Imaging parameters were as follows: 512x512 matrix; 1.5 mm slice thickness, 80 mA tube current, 80 kV tube voltage and 0.35x0.35 inches pixel size.

The selected skull is now stored in the collection of the Department of Cultural Heritage Conservation and Archaeology, Canton Zug.

Radiocarbon dating of the skull was carried out at the ETH Laboratory of Ion Beam Physics in Zürich and shows that the individual died between 1810 and 1890 AD (ETH-43243: 95±35BP; OxCal v3.10).

Four different categories of healing and survival after trepanation were distinguished (modified from Weber *et al.* 2001):

- Grade 0: No sign of bone reaction, suggesting that death occurred almost immediately.
- Grade 1: First superficial bone reactions around the wound appear, diploë is still visible, postsurgical survival 1 to 4 weeks.

Grade 2: New bone formation with calcium depositions, the edges eventually consolidates. The trepanation took place a couple of months before death.

Grade 3: Complete fusion of the trepanned opening, individual survived procedure.

Results and Discussion

Anthropological analysis showed that the skull belonged to a female over 35 years of age. The partially preserved skull was already pathologically altered by an inflammatory reaction when the medical procedures took place. Nevertheless, the six openings in the skull are clearly recognizable as trepanation holes.

The skull shows no evidence that the surgeries were performed due to recent fractures. In the case of hole Nr. 4, a bullet wound or a lethal blow as the cause for trepanation can be excluded since typical signs of depressed skull fracture are missing.

Five of the six trepanations show clear evidence of bony regrowth (grade 1–3) and give reason to assume that the individual survived the surgical intervention. An examination of the openings revealed that only hole Nr. 4 shows tool marks.

So far trepanations are known to be mostly located at either the left frontal bone or the left parietal. This could be associated with easy access to this area of the skull but also as a result of a possible right-handedness of surgeons.

In this case however, the trepanations can mostly be found along the midline of the skull which is unusual



Fig. 2: Trepanned skull CT scan superior view (left) and radiography, cross section (right). Numbers 1–4: complete trepanations in chronological order; letters a and b: partial trepanations. For more details see Tab.1.

because of the dangerous proximity to the sinus sagittalis superior which is the largest dural venous sinus and allows blood to drain from the lateral aspects of the anterior cerebral hemispheres to the confluence of sinuses. A laceration of the sinus venosus is usually followed by extensive bleeding to the brain.

Based on the healing and survival after surgery the trepanations were put in chronological order (see Fig. 2):

- Nr. 1 represents the oldest trepanation with a size of 49×35 mm and is located at the superior region of the left frontal bone. The wound edges are completely closed (grade 2), so it can be assumed that the surgery was survived for a longer time.
- The second intervention is 25×20 mm in diameter and located on the left side of the lambdoid suture. An accurate measurement of

Tab. 1: Detailed descriptions of the trepanations (see Fig. 3). The tool mark in trepanation b comes from a postmortem pickaxe accident during a previous excavation.

Hole Nr.	Size, Form and Location of Trepanation	Method	Grade 0-3
1	49 x 35 mm, rectangular, superior region of left os frontale	borehole	2
2	25 x 20 mm, circular, above the sutura lambdoidea, left side	borehole	2
3	22 x 33 mm, circular, left os parietale, above the sutura lambdoidea	borehole	1
4	50 x 48 mm, circular, ossa parietalia, above the sutura sagittalis	borehole, visible tool marks	0
a	23 x 20 mm, circular, left os frontale	borehole	3
b	20 x 24 mm, circular, right os occipitale	borehole	3

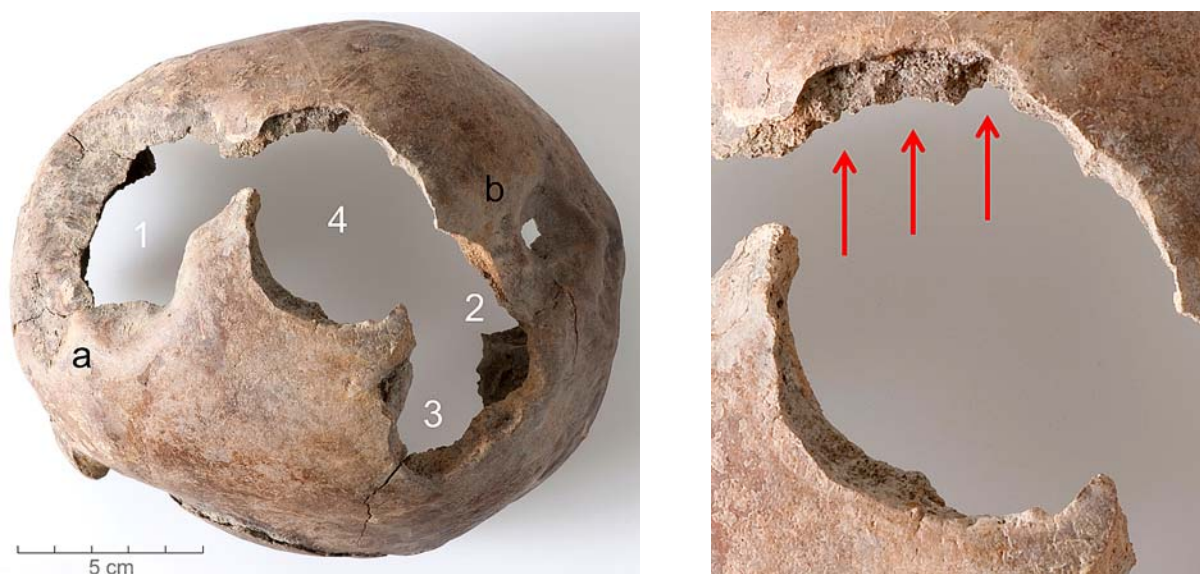


Fig. 3: Trepanned skull, superior view (left) and close-up displaying the tool marks (right).

the trepanation is difficult because holes Nr. 2 and Nr. 3 are fused. Trepanation Nr. 2 shows grade 2 healing.

- Trepanation Nr. 3 has a size of 22×33 mm and is located on the left parietal, situated above the lambdoid suture. The surgery was survived but for a shorter amount of time. The first bone reaction within the tabula externa appeared but the diploë in general is still open (grade 1).
- The only procedure that was not survived (grade 0) is trepanation Nr. 4. The diploë is completely open and tool marks are visible.

The letters *a* and *b* (see Fig. 2) stand for partial trepanations. The skull bone has not been opened as excessively as in the previously described trepanations. Both partial trepanations were survived, the wound holes were completely fused and the healing process completed. Trepanation *a* had a diameter of 23×20 mm and was located in the left frontal bone whilst trepanation *b* was 20×24 mm in size and located in the right occipital bone.

The square opening in trepanation *b* originates from a pickax accident from a previous excavation and was not part of the medical procedures in the past as fracture lines in the inside of the skull show.

In the end it remains unclear what medical cause – if at all – was the determining factor for the first trepanation.

The results are summarized in Tab. 1.

Trepanation Nr. 4 (see Fig. 3)

Six clear, regular marks with a width of approximately 11 mm are visible at the right edge of trepanation Nr. 4. These marks come from a trepanning tool and are the only recognizable tool marks in all six trepanations. An exact reconstruction of the tool and the method used is not possible since the traces on the skull are not detailed and recent enough.

However, the tool marks and the shape of the trepanation and diploë gave us the possibility to reconstruct the surgical intervention. The diploë on the left edge extends further than the tabula externa and vice versa on the right side. It can therefore be concluded that the patient was lying on her left side and the “surgeon” operated from the back.

The trepanation showed no signs of healing (grade 0) which might be explained by the location of the trepanation. The massive hole was situated directly above the sinus sagittalis superior, the major vein of the human skull. This means that the patient could have bled to death as an effect of the surgery if the “surgeon” lacerated the sinus.

Unfortunately, no detailed record of the burials exists for this time period in the church’s archive. For that reason it cannot be resolved where the several surgical interventions took place. It could be either at home or in one of the hospitals in closer proximity (e.g. Zug) or both places could have been used.

Importance of this case

This trepanned skull is important for the field of paleopathology due to the fact that four trepanations with different osteological healing progresses can be studied in one individual. One small bone fragment even displays two different healing states. For this piece further analysis, namely micro-CTs and histology, are planned. The distinguishable osteological healing progresses clearly show that the individual survived five of the medical procedures. The trepanations can mostly be found along the midline of the skull which is unusual because of the dangerous proximity to the sinus sagittalis superior and the possibility of the individual bleeding to death. Ultimately, the exceptionally recent date of the skull is also remarkable and together with the dimensions of the trepanations unique so far.

Acknowledgment

We would like to thank the Department of Cultural Heritage Conservation and Archaeology, Canton Zug, particularly Marzell Camenzind, Peter Holzer and Silvia Pfister for their help with the archaeological analysis. We also would like to thank the excavation team (Anette Bieri, Armin Thürig, Franziska Schärer, Isa Gasi, Jürg Gerig †, Kathrin Rüedi, Lorenz Schober, Peter Holzer, Sabine Freiermuth, Silvan Maurer and Sascha Noser) for their hard manual labor.

Special thanks are due to the Zuger Kantonsspital, Baar for CTs and X-rays.

The Department of Cultural Heritage Conservation and Archaeology Zug and the Mäxi Foundation funded this research.

Literature

- Acsádi G, Nemeskéri J 1970. *History of human life span and mortality*. Budapest.
- Amt für Denkmalpflege und Archäologie, Kanton Zug 2010. *Wissenschaftlicher Tätigkeitsbericht*. Tugium 27: 31.
- Aufderheide AC, Rodríguez-Martín C 2008. *The Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology*. Cambridge. New York.
- Bakay L 1985. *An Early History of Craniotomy*. Springfield.
- Bart P, Brentini F, Odermatt A 2011. *Unterwegs im Glauben. Pfarrei St. Matthias Steinhausen 1611–2011*. Steinhausen.
- Buikstra JE, Ubelaker D 1994. *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*. In: *Proceedings of a Seminar at the Field Museum of Natural History*. Arkansas Archaeological Survey Press. Fayetteville.
- Dagi TF 1997. *The management of head trauma*. In: Greenblatt SH (eds.). *A History of Neurosurgery*. American Association of Neurological Surgeons, Park Ridge, 289–344.
- Ferembach D, Schwidetzky I, Stloukal M 1979. *Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett*. Homo 30: 1–32 (Anhang).
- Filip J 1969. „Trepanation“. In: *Enzyklopädisches Handbuch zur Ur- und Frühgeschichte*. Stuttgart, 1484–1485.
- Gross CG 2003. *Trepanation from the Palaeolithic to the Internet*. In: Arnott R, Finger S, Smith CUM (eds.). *Trepanation – History, Discovery, Theory*. Swets & Zeitlinger. Lisse, Abingdon, Exton, 307–322.
- Hein P 1959. *Häufigkeit, Verbreitung und Lokalisation der Schädeltrepanation in der europäischen Vor- und Frühgeschichte*. Dissertation. Humboldt Universität Berlin.
- Lisowski FP 1967. *Prehistoric and early historic Trepanation*. In: Brothwell D, Sanders AT (eds.). *Diseases in Antiquity*. Springfield, 651–672.
- Martin G 2003. *Why Trepan? Contributions from Medical History and the South Pacific*. In: Arnott R, Finger S, Smith CUM (eds.). *Trepanation – History, Discovery, Theory*. Swets & Zeitlinger. Lisse, Abingdon, Exton, 323–345.
- Meyer S 2012. *Ehemaliger Friedhof bei der Pfarrkirche St. Matthias in Steinhausen. Ausgewählte Resultate der anthropologischen Auswertung*. Tugium 28: 139–147.
- Ortner DJ 2003. *Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains*. Academic Press. Amsterdam, Boston, London, New York.
- Prioreschi P 1991. *Possible reasons for Neolithic skull trephining*. Perspectives in Biology and Medicine 34: 296–303.
- Ramseier F, Hotz G, Meyer L, Eades S, Kramar C, Mariéthoz F 2005. *Ur- und frühgeschichtliche Schädeltrepanationen der Schweiz. Vom Neolithikum bis ins Mittelalter*. Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie 11 (1–2): 1–58.
- Regnault F 1936. *La paléopathologie et la médecine dans la préhistoire*. In: Leignel-Lavastine M (ed.). *Histoire générale de la médecine, de la pharmacie, de l'art dentaire et de l'art vétérinaire, Vol. 1*. Paris.
- Saul FP, Saul JM 1997. *Trepanation: old world and new world*. In: Greenblatt SH (eds.). *A History of Neurosurgery*. American Association of Neurological Surgeons, Park Ridge, 29–36.
- Schiller F 1992. *Paul Broca: Founder of French Anthropology, Explorer of the Brain*. Oxford University Press. Oxford.
- Sigerist HE 1987. *A History of Medicine. Primitive and archaic medicine, Vol. 1*. Oxford University Press. Oxford.
- Stone JL, Urcid J 2003. *Pre-Columbian Skull Trepanation in North America*. In: Arnott R, Finger S, Smith CUM (eds.). *Trepanation – History, Discovery, Theory*. Swets & Zeitlinger. Lisse, Abingdon, Exton, 237–249.

- Ullrich H 1997. *Schädeltrepanationen in der Steinzeit*. Mitteilungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte 18: 17–32.
- Verano JW 2003. *Trepanation in Prehistoric South America: Geographic and Temporal Trends over 2000 Years*. In: Arnott R, Finger S, Smith CUM (eds.). *Trepanation – History, Discovery, Theory*. Swets & Zeitlinger. Lisse, Abingdon, Exton, 223–236.
- Weber J, Czarnetzki A 2001. *Trepanations from the early medieval period of southwestern Germany – Indications, complications and outcome*. Zentralblatt für Neurochirurgie 62: 10–14.
- Wilkins RH 1997. *Neurosurgical techniques: an overview*. In: Greenblatt SH (eds.). *A History of Neurosurgery*. American Association of Neurological Surgeons, Park Ridge, 83–96.

Address:

Sabrina Meyer
Centre for Evolutionary Medicine
Institute of Anatomy
University of Zürich
Winterthurerstr. 190
8057 Zürich
Switzerland
Phone: + 41 (0) 44 635 4035
E-Mail: sabrina.meyer@uzh.ch

Received: 27. 2. 2014
Accepted: 18. 4. 2014

Figure proof

Figure 1

Department of Cultural Heritage Conservation and Archaeology, Canton Zug (Silvia Pfister, according to Toni Hofmann).

Figure 2

Zuger Kantonsspital, Baar (edited by Sabrina Meyer).

Figure 3

Museum für Urgeschichte(n) Zug (Res Eichenberger).

RICHTLINIEN FÜR AUTOREN

Die vorliegenden Autoren-Richtlinien sind als spezifische Ergänzung / Anpassung an die gängigen „Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals“ (siehe <http://www.icmje.org/>) gedacht, welche als Grundlage für eine Manuskripteinreichung beim *Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie* gelten.

Allgemeines

Artikel-Kategorien

Folgende Artikel-Kategorien können publiziert werden:

- **Originalarbeiten:** In der Regel max. 30 A4-Seiten (einschliesslich Tabellen, Abbildungen und Literaturverzeichnis).
- **Zusammenfassungen von Abschlussarbeiten / Vorträgen:** In der Regel max. 30 A4-Seiten (einschliesslich Tabellen, Abbildungen und Literaturverzeichnis).
- **Technical Notes:** In der Regel max. 15 A4-Seiten, methodisch ausgerichtet.
- **Buchbesprechungen:** Max. 2 A4-Seiten, nur Text, bibliographische Details.
- **Berichte:** Max. 5 A4-Seiten, nur Text.
- **Mitteilungen:** Max. 1 A4-Seite, Hinweise auf Veranstaltungen usw.
- **Reviews / Diskussionsforum:** Generell nur auf Einladung des Redaktionskomitees, ungefragte Einsendungen können jedoch evtl. berücksichtigt werden.

Sprache

Die Manuskripte können in deutscher, französischer, italienischer oder englischer Sprache abgefasst sein.

Manuskriptabfassung (Originalarbeiten)

Gestaltung

- Keine Worttrennungen. Keine Formatierungen (wie z.B. Tabulator, Textboxen, Blocksatz etc.), ausser lateinische Wörter resp. Speziesnamen *kursiv*.
- Keine Fussnoten, kein Inhaltsverzeichnis.

Aufbau

- **Titelseite:** Titel der Arbeit in Textsprache und in Englisch. Zusätzlich Kurztitel (max. 40 Zeichen) für Kopfzeile. Name und vollständige Anschrift des korrespondierenden Autors sowie Name, Institution und Ort weiterer Autoren. Angabe von allfälligen finanziellen Abhängigkeiten.
- **Zusammenfassung:** In der Textsprache und in Englisch mit jeweils max. 5 Schlüsselwörtern. Vollständige Sätze, Darstellung der wesentlichen Aspekte der Arbeit, max. 250 Wörter.
- **Text:** Überschrift 1: Fett markiert und zentriert.
Überschrift 2: Fett markiert und links ausgerichtet.
Überschrift 3: Normal markiert und links ausgerichtet.
- **Literaturverzeichnis.**
- **Abbildungsnachweis.**
- **Anschrift:** Name, Institution, Adresse, Land, Telefon, Fax, E-Mail. Korrespondierender Autor an erster Stelle, dann Autorenliste in alphabetischer Reihenfolge.
- **Liste der Tabellen- / Abbildungslegenden:** als Liste in untenstehender Art hinten anfügen:
Abbildungslegenden: Abb. X: iii.
Tabellenlegenden: Tab. X: iii.

Abbildungen und Tabellen

- Eingescannte Abbildungen: Scannen in Originalgrösse bei einer Minimalauflösung von 800 dpi im TIFF-Format (Schwarzweiss-Datei).
- Eingescannte Dias oder Negative müssen in einer Auflösung von 2400 dpi im TIFF-Format vorliegen.
- Digitalfotos müssen in höchstmöglicher Auflösung vorliegen.
- Abbildungen und Tabellen sind mit den fortlaufenden Abbildungs- bzw. Tabellennummern zu kennzeichnen und mit einer kurzen Legende zu versehen. Alle Abbildungen und Tabellen erscheinen als fortlaufend nummerierte Hinweise im Text, z.B. (Abb. 1) bzw. (Tab. 1).
- Die Redaktion geht davon aus, dass der Autor / die Autoren im Besitz der Abdruckrechte der Abbildungen für die vorgesehenen Zwecke sind.

Bibliographie

Persönliche Mitteilungen (Meier *persönl. Mitteilung*) oder eingereichte und nicht akzeptierte Arbeiten (Meier *submitted*) sollten im Text nicht zitiert werden. Der Autor / die Autoren sind für die Richtigkeit der Bibliographiezitate verantwortlich.

- **Zitierweise im Text:**

Ein Autor: (Schultz 1992), (Schultz 1992; Maier 1978a, 1978b).

Falls Seitenzahlen angegeben werden sollen:

Eine Seite: (Schultz 1992, p 13; Maier 1978; p 245).

Zwei Seiten: (Schultz 1992, p 13f.).

Mehr als zwei Seiten: (Schultz 1992, p13ff.).

Zwei Autoren: (Acsádi und Nemeskéri 1970).

Drei und mehr Autoren: (Herrmann *et al.* 1990).

- **Zitierweise im zusammenhängenden Text:**

Ein Autor: Schultz (1992, p 4), Schultz (1992, p 13f.) oder Schultz (1992, p 13ff.) weist auf...

Zwei Autoren: Müller und Maier (1979) weisen...

Drei und mehr Autoren: Herrmann *et al.* (1990, p 35) weisen...

- **Zitierweise im Literaturverzeichnis:**

Das Literaturverzeichnis am Ende des Textes soll alphabetisch (und innerhalb des Autors chronologisch absteigend) geordnet sein. Arbeiten in press (Meier *in press*) sind mit vollständigen Angaben (inkl. Journal) im Literaturverzeichnis aufzuführen.

Artikel in Zeitschriften:

Die Namen der Zeitschriften sind auszuschreiben.

Ein Autor: Bach H 1965. Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmassenknochen weiblicher Skelette. Anthropologischer Anzeiger 29: 12-21.

Mehr als drei Autoren: Maier A, Müller HP, Schmidt C *et al.* 2000....

Falls mehrere Artikel vom gleichen Autor im selben Jahr erscheinen sind: mit a, b usw. bezeichnen (z.B. Meier 1999a, Meier 1999b).

Falls Jahrgang und Druckjahr unterschiedlich sind: Müller H 1906 (1907). Xyz...

Arbeiten in Büchern:

Arnold K 1986. Die Einstellung zum Kind im Mittelalter. In: Herrmann B (ed.). Mensch und Umwelt im Mittelalter. Springer. Stuttgart, 53-64.

Bücher:

Herrmann B, Grupe G, Hummel S, Piepenbrink H, Schutkowski H 1990. Prähistorische Anthropologie. Leitfaden der Feld- und Labormethoden. Springer. Berlin, Heidelberg, New York.

Hinweise auf Internetseiten:

Sind mit dem letzten Zugriffsdatum zu versehen: www.beispiel.de (14. 3. 2005).

Weitere Hinweise

- Kommende Veranstaltungen, auf welche im Bulletin hingewiesen werden sollen, bitte frühzeitig der Redaktion melden.
- Der korrespondierende Autor erhält ein elektronisches „Gut zum Druck“.
- Die Autoren erhalten eine pdf-Version.

Manuskripteinreichung

Form der Abgabe

Als MS Word-Datei via E-Mail oder als CD-ROM auf dem Postweg an Redaktionsadresse. Text sowie die einzelnen Abbildungen als jeweils separate Dateien (Abbildungen nicht im Text einfügen).

Redaktion

Dr. Christine Cooper
E-mail: bulletinsga@gmail.com

Dr. Christina Papageorgopoulou

AUTHOR GUIDELINES

These guidelines are intended as specific supplement / adaptation to the “Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals” (see <http://www.icmje.org/>) which apply to manuscripts submitted to the *Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie*.

General information

Article categories

Articles of the following categories can be published:

- **Original articles:** Generally no more than 30 A4-pages (including tables, illustrations and reference list).
- **Summaries of theses / presentations:** Generally no more than 30 A4-pages (including tables, illustrations and reference list).
- **Technical notes:** Max. 15 A4-pages, focused on methodological aspects.
- **Book reviews:** Max. 2 A4-pages, only text, bibliographical details.
- **Reports:** Max. 5 A4-pages, only text.
- **Communications:** Max. 1 A4-page, information on events etc.
- **Reviews / Discussion forum:** Generally only at the invitation of the editors; unasked contributions may be accepted under certain circumstances.

Language

The manuscripts can be written in German, French, Italian or English.

Composition of manuscripts (original articles)

Design

- No word divisions. No formatting (like tabulators, text boxes etc.) except Latin words respectively species names *italic*.
- No footnotes, no table of contents.

Structure

- **Title page:** Title in text language and in English. Give an additional short title (max. 40 characters). Complete name and address of corresponding author. Names, institutions, and places of further authors. Declaration of any financial dependencies.
- **Abstract:** In the language of the text and in English with max. 5 key words each. Complete sentences, summary of the work's essential aspects, max. 250 words.
- **Text:** Title 1: Bold, centered.
Title 2: Bold, aligned left.
Title 3: Normal, aligned left.
- **Reference list.**
- **Proof of illustrations.**
- **Address:** Name, institution, address, country, telephone, fax, e-mail. Corresponding author first, followed by other authors in alphabetical order.
- **List of table and illustration legends:** List of consecutively numbered legends at the end of the document in the following style:
Illustration legends: Fig. X: iii.
Table legends: Tab. X: iii.

Illustrations and tables

- Scanned images: Scan in original size with a minimal resolution of 800 dpi in TIFF-format (black-and-white file).
- Scanned slides or negatives must have a resolution of 2400 dpi in TIFF-format.
- Digital photos in the highest resolution possible (at least „fine“ or „high“).
- Figures and tables are to be marked with the consecutive figure / table number and a short legend. All figures and tables appear as consecutively numbered notes in the text, e.g. (Fig. 1) or (Tab. 1).
- The editors assume that the authors are in possession of the printing rights for all illustrations for the designated purpose.

Reference style

Personal communications (Meier *pers. comm.*) or submitted and not accepted work (Meier *submitted*) should not be quoted in the text. The authors are responsible for the accuracy of all references.

- **In the text:**

One author: (Schultz 1992), (Schultz 1992; Meier 1978a, 1978b).

When pages are mentioned:

One page: (Schultz 1992, p 13; Meier 1978, p 245).

Two pages: (Schultz 1992, p 13f.).

More than two pages: (Schultz 1992, p 13ff.).

Two authors: (Acsádi and Nemeskéri 1970).

Three or more authors: (Herrmann *et al.* 1990).

- **In the running text:**

One author: Schultz (1992, p 4) mentions...

Two authors: Müller and Meier (1979) mention...

Three or more authors: Herrmann *et al.* (1990, p 35ff.) mention...

- **In the reference list:**

The reference list should be in alphabetical order (and within one author in descending chronological order). Work in press (Meier *in press*) is to be listed with complete specifications (including journal).

Articles in journals:

The journals' names must be spelled out.

One author: Bach H 1965. Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmassenknöchel weiblicher Skelette. *Anthropologischer Anzeiger* 29: 12-21.

More than three authors: Meier A, Müller HP, Schmidt C *et al.* 2000....

In case several articles by the same author were published in one year, indicate this with a, b etc.: (Meier 1999a, Meier 1999b).

When year and year of printing are different: Müller H 1906 (1907). Xyz....

Contributions in books:

Arnold K 1986. Die Einstellung zum Kind im Mittelalter. In: Herrmann B (ed.). *Mensch und Umwelt im Mittelalter*. Springer. Stuttgart, 53-64.

Books:

Herrmann B, Grupe G, Hummel S, Piepenbrink H, Schutkowski H 1990. *Prähistorische Anthropologie. Leitfaden der Feld- und Labormethoden*. Springer. Berlin, Heidelberg, New York.

Internet sites:

Must be listed with the date of last access: www.example.de (14. 3. 2005).

Further information

- Future events that should be mentioned in the bulletin need to be communicated to the editors as early as possible.
- The corresponding author will receive an electronic proof for checking.
- The authors will receive a pdf-version.

Submission of manuscript

Form of submission

As MS Word file by e-mail or text document on CD-ROM by mail to the editorial address. Text and illustrations as separate files (figures should not be pasted into the text file).

Editors

Dr. Christine Cooper
E-mail: bulletinsga@gmail.com

Dr. Christina Papageorgopoulou