Impressum

Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie
Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie
herausgegeben von der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie (SGA/SSA)
mit Unterstützung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW)

Redaktion:
Susi Ulrich-Bochsler, Bern

Korreferentin (textes français):
Isabelle Gemmerich Pfister, Ennetbaden

Layout:
Andreas Cueni, Aesch

Bezugsort:
Redaktion: S. Ulrich-Bochsler, Historische Anthropologie, Medizinhistorisches Institut der Universität Bern, Fabrikstrasse 29d, CH - 3012 Bern
Telefon 031/631 84 92. Fax 031/631 37 82. E-mail susi.ulrich-bochsler@mhi.unibe.ch.

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Beerli (Zürich) pour l'exposition du Musée d'Anthropologie de l'Université de Zürich

Erscheinungsweise: Vom Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie erscheinen in der Regel zwei Hefte pro Jahr (Frühjahr, Herbst), die zusammen einen Band bilden.

ISSN 1420 - 4835

Aktuelle Mumienforschung der Arbeitsgruppe für klinische Paläopathologie, Universität Zürich

Frank J. Rühli und Thomas Böni

Abstract

Preliminary results of multidisciplinary paleopathological studies of three human ancient Egyptian mummies performed by the „Clinical Paleopathology Team, University of Zurich" are presented in this article.

Used methods were mostly of non-invasive nature and included conventional X-rays, computed tomography, endoscopy, radiocarbon dating and specific chemico-physical methods for substance analysis.

Major findings are pathologies like a healed rib facture, arthritic changes of spine, knees and feet, dental pathologies, „Harris lines" and one case of severe arteriosclerosis. Postmortem pseudopathologies include multiple fractures, embalming artefacts like destroyed lamina cribrosa, organ packages, body stuffing with bandages or dense material and artificial eye reconstruction. In one mummy a special high radiological density material with $CaCO_3$ as major component has been detected. This material was used to repair a supracondylar fracture of the femur.

Einleitung

Altägyptische Mumien aus Schweizer Sammlungen waren schon mehrmals Gegenstand von multidisziplinären Untersuchungen, welche die Arbeitsgruppe für klinische Paläopathologie (Leitung: Th. Böni; Sitz: Orthopädische Universitätsklinik Balgrist und Medizinhistorisches Institut der Universität Zürich) durchführte.

Die Fragestellung bestand jeweils darin, mit möglichst nicht- oder minimal-invasiven Methoden ein Maximum an Daten (Mumifizierungsart, historisches Alter, Individualalter, Geschlecht, Pathologien) des entsprechenden Individuums zu gewinnen. Teile dieser Untersuchungsergebnisse wurden anderweitig bereits publiziert (Böni 1996, Müller et al. 1998, Rühli et al. 1995, Rühli 1996, Rühli 1998a/b, Rühli/Böni 1998, Rühli et al. 1998). Hier soll nun der aktuelle Stand der Ergebnisse (Sommer 1999) all dieser Arbeiten im Überblick vorgestellt werden.

Mumien sind erst seit geraumer Zeit Objekte wissenschaftlicher Forschung. In historischer Zeit wurden sie als wichtige Quelle zur Herstellung des Heilmittels „Mumia (vera ägyptica)" welches in der Behandlung unzähliger Leiden und Gebrechen Verwendung fand, verwendet und dabei meistens äusserst sorglos behandelt (Meyer-Hicken 1978). Die Suche nach allfälligen in den Umhüllungen versteckten Schmuckstücken führte zu skrupellosen Fledderungen durch Grabräuber oder zu offiziellen Auswickelungen im Rahmen von gesellschaftlichen Anlässen. Nur wenige Mumien standen im Zentrum seriösen wissenschaftlichen Interesses,

Abb. 1: Die Mumie "Schepenese" (Nr. 2) bei der Untersuchung im Computertomographen (CT) (Foto: F. Rühli).

beispielsweise bei den Untersuchungen von Camerarius um 1620 in Leipzig (Camerarius/Maier 1630). In jüngster Zeit nehmen paläopathologische Forschungen an altägyptischen Mumien weltweit immer mehr zu und dementsprechend finden Berichte darüber Eingang in die Literatur (u.a. Brier 1994, Ceccaldi/Roubet 1987, Cockburn et al. 1998, Germer 1997, Ikram/Dodson 1998, Schultz 1996, Taylor 1996). Einer der Auslöser hierfür war ein „Symposium on Human Paleopathology" (Washington D.C., USA, 1965). Daraus resultierten mehrere internationale multidisziplinäre Mumienprojekte. Beispiele hierfür sind das „Manchester Museum Mummy Project" (David 1979) oder die Projekte „PUM / ROM" in Nordamerika (Cockburn et al. 1998). Die dabei angewandten Methoden orientieren sich jeweils am aktuellen Stand der Naturwissenschaften. Die Zeitspanne zwischen der Erstbeschreibung einer neuen Untersuchungstechnik und deren erstmaliger Anwendung in der Mumienforschung ist bisweilen äusserst kurz. Eine Kindermumie aus der Sammlung des Frankfurter Senckenbergmuseum wurde beispielsweise bereits wenige Monate nach der Entdekkung dieser Strahlenart geröntgt (König 1896). Bei den heutigen paläopathologischen Mumienuntersuchungen dominieren die radiologischen Analysemethoden in der Sparte der nichtinvasiven Techniken (Babin et al. 1990, Germer 1995, Harris/Wente 1980, Harwood-Nash 1979, Lewin 1988, Notman 1983). Nichtinvasivität ist aus verschiedenen Gründen (Ethik, begrenzte „Materialmenge") bei solchen Projekten je länger je mehr gefragt.

Material und Methoden

Eine Dissertationsarbeit an der Medizinischen Fakultät der Universität Zürich bildete den Grundstein aller Mumienuntersuchungen, welche in den Jahren 1995-1999 durch die Arbeitsgruppe für klinische Paläopathologie durchgeführt wurden (Rühli 1998). Nebst der detaillier-

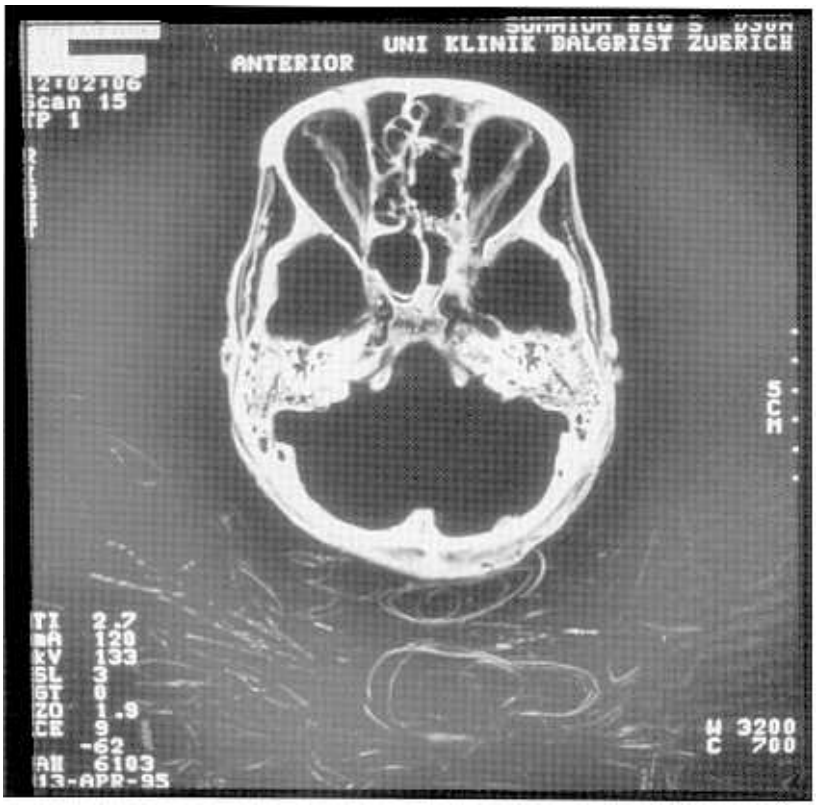

Abb. 2: Mumie Nr. 1: CT-Schnittbild auf Höhe der Schädelbasis (Blick von caudal) mit sichtbarer Läsion im Bereich der Siebbeinzellen und leerem Endocranium.

ten Beschreibung der verwendeten Gerätetypen findet sich dort für den interessierten Leser auch weitere Literaturangaben zum Thema „Paläopathologie und Mumien".

Folgende altägyptische Mumien, welche durch die Arbeitsgruppe untersucht wurden, sollen hier kurz vorgestellt werden:

Nr. / Name:	**Museum:**
1 / -	Naturwissenschaftliche Sammlungen der Stadt Winterthur
2 / Schepenese	Stiftsbibliothek St. Gallen
3 / Nakht	Musée d'ethnographie Neuchâtel

Die verwendeten Methoden waren aufgrund von ethischen und konservatorischen Vorgaben möglichst nicht- oder minimal-invasiver Natur. Sie stellen daher nur einen Teil der möglichen anwendbaren Untersuchungstechniken dar. Die **Mumie Nr. 1** wurde vollständig fotografisch dokumentiert, ausgemessen, konventionell geröntgt, computertomographisch und endoskopisch untersucht, anthropologisch analysiert (Individualalter, Geschlecht, ursprüngliche Grösse), altersbestimmt mittels AMS-C14-Datierung, und Proben unbekannter Substanzen wurden mittels Infrarotspektroskopien, Gaschromatographie-Massenspektometrie und energiedispersiver Röntgen-Mikroanalyse (mittels Elektronenmikroskop) untersucht. Die **Mumie Nr. 2** wurde ebenfalls konventionell geröntgt, computertomografisch untersucht (Abb. 1), endoskopiert, anthropologisch analysiert (Individualalter und Geschlecht) und mittels AMS-C14-Da-

tierung altersbestimmt. Die **Mumie Nr. 3** wurde konventionell geröntgt, computertomographisch analysiert, anthropologisch untersucht (Individualalter und Geschlecht) und gleichfalls AMS-C14-altersbestimmt.

Resultate und Diskussionen

Mumie Nr. 1 (Naturwissenschaftliche Sammlungen Winterthur)

Bei diesem unbekannten Individuum handelt es sich um einen Mann, der im Alter von ca. 40 bis 50 Jahren verstorben ist. Er zeigt eine geheilte Rippenfraktur und ein lückenhaftes Gebiss. Die untere Lendenwirbelsäule weist unspezifische arthrotische Veränderungen auf.

Als Artefakte der Einbalsamierung konnten eine durch einen künstlich geschaffenen Zugang via Lamina cribrosa geleerte Schädelhöhle (Abb. 2) mit einem Spiegel von Einbalsamierungssubstanz und sonstigen Verunreinigungen (Abb. 3) sowie intrathorakale Organpakete festgestellt werden. Diese 5 Pakete lassen sich gut von den lockeren zu Füllzwecken applizierten Stopfbandagen unterscheiden und enthalten mit allergrösster Wahrscheinlichkeit die separat einbalsamierten Eingeweide. Diese wurden über einen ca. 12 cm langen Schnitt im Bereich des linken Unterbauches entnommen. Die Altersbestimmung ergab für die Bandagen ein realistisches Alter von ca. 2'300 Jahren; das Mumiengewebe erwies sich als nicht sinnvoll datierbar. Dies dürfte auf die Durchmischung mit fossilen Einbalsamierungssubstanzen (teerähnliche Stoffe) zurückzuführen sein.

Mit allergrösster Wahrscheinlichkeit ebenfalls postmortal entstanden sind eine supracondyläre Spiralfraktur des rechten Femur und eine Fraktur des ersten thorakalen Wirbels. Beide Frakturen zeigen keinerlei ossäre Reaktionen und sind begleitet von massiven scharfkantigen

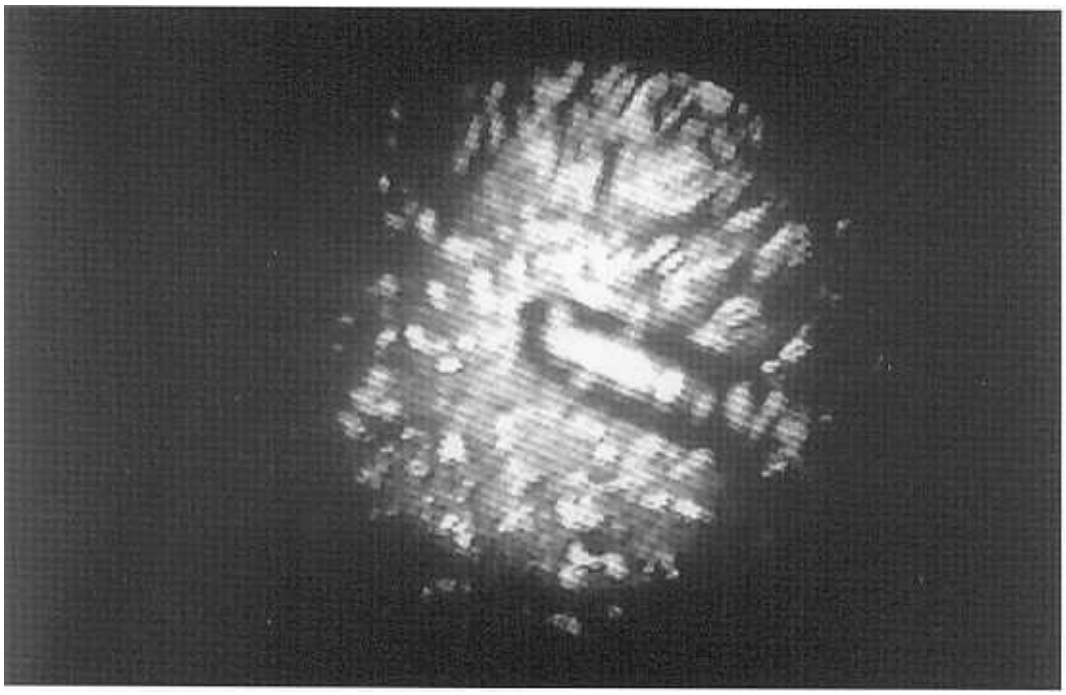

Abb. 3: Mumie Nr. 1: Endoskopieaufnahme von der Innenseite des Schädels mit erkennbaren Resten von Einbalsamierungssubstanz und einem toten schwarzen Käfer.

Hautrissen. In beiden Kniegelenken und im Bereich des rechten oberen Sprunggelenkes wurden diese Läsionen mittels $CaCO_3$ zu einem unbekannten Zeitpunkt repariert (Abb. 4). Die Untersuchung einer Probe von vermuteter Mischung aus Einbalsamierungssubstanz und menschlichem Gewebe zeigte als Hauptkomponenten Terpene, Steroide, Fettsäuren und andere spezifische Stoffe (Verbenon, Valencen). Mehrere Finger und Zehen fehlen oder sind wie auch beide Ohrmuscheln zumindest teilweise beschädigt. Die Mumie dürfte seit ihrer fast vollständigen Ausbandagierung ziemlich unsanft behandelt worden sein.

Mumie Nr. 2 (Stiftsbibliothek St. Gallen)

Die im Alter von 30 bis 40 Jahren verstorbene Frau stammt vermutlich aus einer bekannten Priesterfamilie in Theben (Oberägypten) aus der Zeit der 26. Dynastie, ca. 600 v. Chr. Dies ergaben übereinstimmend die Sargtextanalysen und die AMS-C14-Datierung (Müller et al. 1998). Ihr Name – Schepenese - ist bekannt aufgrund der Erwähnung in den Sargtexten.

Als pathologischer Befund zeigt sie an den unteren Extremitätenknochen sogenannte „Harris lines", ein radiologisch sichtbares unspezifisches Substrat infolge von wachstumshemmenden Stresssituationen. Als Normvariante ist die fehlende Anlage aller 4 sogenannter Weisheitszähne erwähnenswert. Das Gebiss weist zudem parodontotische Veränderungen auf. Degenerative und entzündliche Veränderungen des Kauapparates werden häufig an altägyptischen Mumien beobachtet und sind vermutlich Folge des stark sandhaltigen Brotes und mangelnder Mundhygiene.

Im Bereich des nicht durch Bandagen verdeckten Hinterhauptes fällt eine plattenähnliche Verdickung auf, bei welcher es sich um eine Schicht von extern applizierter Salbmasse handeln dürfte. Das Endocranium ist vollständig leer und zeigt keinerlei Einbalsamierungssubstanz oder Hirnreste. Die Mundhöhle ist mittels Stopfmaterial ausgefüllt und im Bereich der Augenhöhlen finden sich zwei harzgetränkte Stoffbäusche. Die Eingeweide wurden ebenfalls über einen mittels Computertomographie sichtbaren Einschnitt in der linken Leistengegend entfernt, separat einbalsamiert und finden sich wieder in Form von zwei vermuteten intrathorakalen Organpaketen (Abb. 5). Das Abdomen der Mumie ist mit dichter Stopfmasse praktisch vollständig ausgefüllt. Ebenfalls postmortal dürfte auch im Fall dieser Mumie eine Fraktur des rechten Oberschenkels entstanden sein. Zudem wurden offensichtlich bei einer früheren Untersuchung im Jahre 1994 im Bereich des rechten Oberschenkels Proben entnommen, was sich nun als radiologisch sichtbarer, über 1 cm dicker Bohrkanal zeigt.

Mumie Nr. 3 (Musée d'ethnographie Neuchâtel)

Bei dieser Mumie handelt es sich um einen Mann, der im Alter von ca. 50 Jahren verstorben ist. Sein Name - Nakht - ist bekannt aufgrund eines bei der Auswickelung um 1895 vorgefundenen beschrifteten Amuletts. Er wurde mittels AMS-C14-Datierung auf ein Alter von 2'900 Jahren geschätzt. Dies entspricht historisch dem Zeitpunkt der 21./22. Dynastie.

Als Pathologien sind in diesem Fall nebst Gebissveränderungen (parodontotische Veränderung und starker Abkauungsgrad) die Osteochondrose der Halswirbel 6 und 7 sowie die beidseitige Gonarthrose erwähnenswert. Zudem weist die Mumie eine Metatarsophalangealarthrose sowie eine Arthrose im proximalen Interphalangealgelenk I mit Valgusfehlstellung und

Abb. 4: Mumie Nr. 1: CT-Schnittbild auf Höhe Kniegelenke (Blick von caudal) mit deutlich sichtbarer Fraktur des rechten Femurs und röntgendichter Reparatursubstanz.

Hammerzehenstellung II-IV links auf. Am eindrücklichsten ist jedoch die deutlich sichtbare Arteriosklerose im Bereich der unteren Extremitäten (Abb. 6). Sie umfasst insbesondere die Region der Trifurkatur von A. poplitea, A. peronea und A. tibialis anterior/posterior. Die Ursachen für eine solche Gefässverkalkung können vielfältiger Natur sein (Risikofaktoren sind u.a. Alter, männliches Geschlecht, Hypercholesterinämie, Hyperfibrinogenämie, Diabetes mellitus). Die Diskussion dieses Befundes mit all seinen historisch relevanten Aspekten (beispielsweise war insulinpflichtiger Diabetes mellitus damals tödlich und kommt daher als Hauptgrund kaum in Betracht) würde hier zu weit führen.

Postmortale Artefakte sind die bereits von erwähnten Mumien her bekannten Veränderungen wie der Defekt im Bereich der Lamina cribrosa. Endocranial finden sich in diesem Fall Reste von der Falx cerebri und lockeres vermutliches Bandagenmaterial. Nebst einer teilweise ausgestopften Nasenhöhle ist die subcutane Füllung des Halses (mit daraus resultierender Verlagerung der Trachea) erwähnenswert. Diese Füllung kann durchaus mit der für die 21./22. Dynastie typischen Art der postmortalen Behandlung, dem sogenannten „body packing", verglichen werden. Der Sinn dieser Variante der Mumifizierung - bei welcher beispielsweise mit Schlamm oder Einbalsamierungssubstanz die subcutanen Gewebe des Verstorbenen gestopft wurden - lag darin, dem Toten ein lebensechteres Aussehen im Jenseits zu ermöglichen (Smith/Dawson 1924).

Die Körperhöhlen dieser Mumie zeigen ein Durcheinander von zerfallenen Organpaketen, lockerem Stopfmaterial und Einbalsamierungssubstanzen. Die Mumie weist zudem eine - symbolisch das Sehen ermöglichende - religiös erklärbare Augenrekonstruktion in Form von

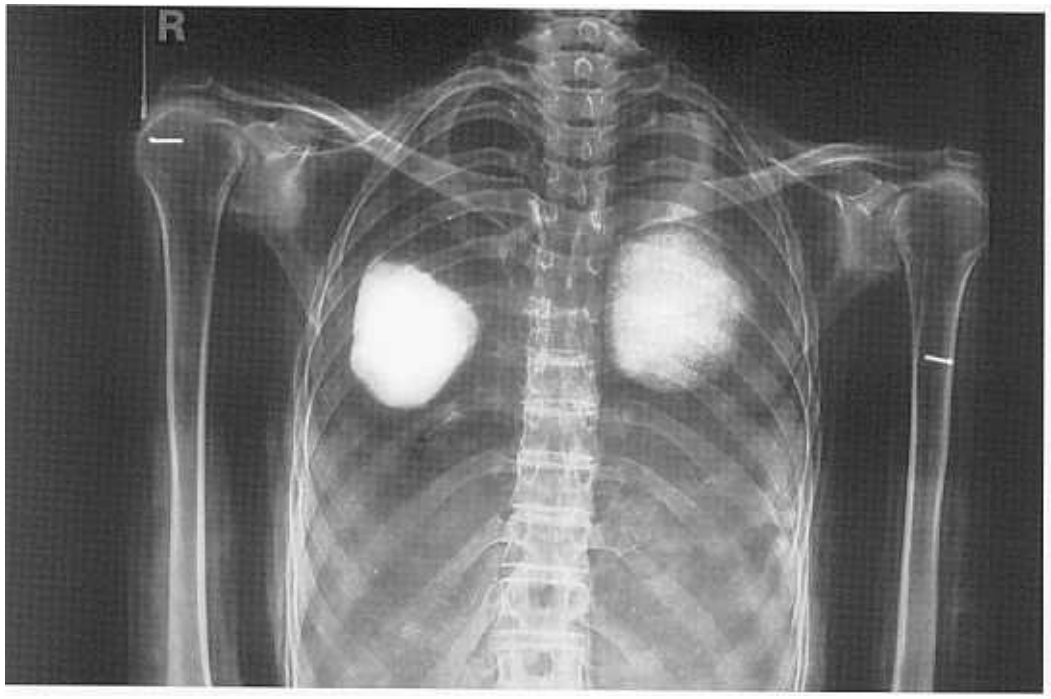

Abb. 5: Mumie Nr. 2: Röntgenbild des Thorax mit 2 sichtbaren paravertebral gelegenen vermutlichen Organpaketen.

stark röntgendichten Plättchen auf. Eine ebenfalls stark röntgendichte Substanz ist an verschiedenen Stellen des Thorax und Abdomen extern appliziert worden, unter anderem auch im Bereich des Leisteneinschnittes links. Bei dieser Mumie scheinen ebenfalls die Eingeweide auf diese Weise entfernt und später zurückgelegt worden zu sein. Der Enddarm scheint jedoch zumindest teilweise im Körper verblieben und mit diversen unbekannten Einbalsamierungssubstanzen gestopft worden zu sein. Diese retrograde Füllung ist eine der Mumifizierungsvarianten, welche Herodot (Historien II, 85-88) im 5. Jh. v. Chr. beschreibt. Ein kleines im Röntgenbild sichtbares Amulett im Bereich des linken Fusses ist wohl bei der Ausbandagierung im letzten Jahrhundert übersehen worden.

Weitere Mumien, welche nur Objekte begrenzter Untersuchung waren (z.B. nur konventionelle Röntgenaufnahmen von zwei Mumienschädeln aus dem Völkerkundemuseum Burgdorf) oder vom einen Autor (F. Rühli) unabhängig von der Arbeitsgruppe im Ausland (Zentrum Anatomie, Universität Göttingen und Museum of South Australia, Adelaide, Australien) mituntersucht wurden, sollen hier nicht weiter berücksichtigt werden. Zudem sind zwei weitere Mumien aus dem Völkerkundemuseum in Burgdorf aktuell Gegenstand von einem zusätzlichen Projekt der Arbeitsgruppe.

Die vorgestellten Resultate von paläopathologischer Forschung an altägyptischen Mumien in der Schweiz zeigen Möglichkeiten und Grenzen solcher Projekte auf. Während oft nebst Individualdaten und Pathologien auch Pseudopathologien (z.B. Einbalsamierungsartefakte) untersucht werden können, bleiben anderseits oft auch viele Fragen ungelöst (z.B. Todesursache). Dies soll Ansporn sein für zusätzliche Anstrengungen auf diesem noch ausbaufähigen Forschungsgebiet.

Abb. 6: Mumie „Nakht" (Nr. 3): Röntgenbild der Unterschenkel mit erkennbarer Verkalkung (Arteriosklerose) der Arterien beidseits sowie Nadeln und Amulett als Artefakte.

Literatur

Babin R.W., Kahane J.C., Freed R.E. 1990
Exercise in Paleo-oto-laryngology. Head and Neck Examination of two Egyptian mummies. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 99(9), S. 742-748.

Böni Th. 1996
Historische Vignette. Bulletin Schweizerische Gesellschaft für Orthopädie 63, S. 43-44.

Brier B. 1994
Egyptian mummies. William Morrow. New York.

Camerarius P., Maier G. (Übers./Hg.) 1630
Dritter Theil des Historischen Lustgartens (Operare horarum succisivarum). Wachsmanns. Leipzig.

Ceccaldi P.F., Roubet C. 1987
Recherches sur les momies Ramsès II. Bull. Acad. Natle. Méd. 171(1), S. 119-127.

Cockburn A., Cockburn E., Reyman T.A. (eds.) 1998
Mummies, Disease and Ancient Cultures. Cambridge University Press, Cambridge. (2nd ed.).

David A.R. 1979
The Manchester Museum Mummy Project. Manchester University Press. Manchester.

Germer R. 1995
Altägyptische Mumien und neue Röntgentechnologien. Schriftenreihe Deutsches Röntgen-Museum Nr. 13. Remscheid.

Germer R. 1997
Das Geheimnis der Mumien. Prestel. München, New York.

Haarwood-Nash D.C.F. 1979
Computed Tomography of Ancient Egyptian Mummies. J. Comput. Assisted Tomogr. 3(6), S. 768-773.

Harris J.E., Wente E.F. (eds.) 1980
An X-ray atlas of the royal mummies. University of Chicago. Chicago.

Ikram S., Dodson A. 1998
The mummy in Ancient Egypt. Thames and Hudson. London.

König W. 1896
14 Photographien mit Röntgen-Strahlen, aufgenommen im Physikalischen Verein Frankfurt. J.A. Barth. Leipzig.

Lewin P.K. 1988
First stereoscopic images from CT reconstructions of mummies. Am. J. Roentgenol. 151(6), S. 1249.

Meyer-Hicken B.R. 1978
Ueber die Herkunft der Mumia genannten Substanzen und ihre Anwendung als Heilmittel. Inaugural-Dissertation, Christian-Albrechts Universität. Kiel.

Müller P., Siegmann R., Dora C. (Hrsg.) 1998
Schepenese - Die ägyptische Mumie der Stiftsbibliothek St. Gallen. Verlag am Klosterhof. St. Gallen.

Notman D.N.H. 1983
Nuclear magnetic resonance imaging of an Egyptian mummy. Paleopathology Newsletter 43, S. 9.

Rühli F., Böni Th., Rüttimann B. 1995
Case report of non-invasive medical examinations (CT, endoscopy) in a 2'300 year old Egyptian mummy (abstract). Journal of Paleopathology 7(2), S. 131.

Rühli F. 1996
Winterthurer Mumie im Computertomograph. In: Winterthurer Jahrbuch 1997. Verlagsgemeinschaft. Winterthur. S. 158-163.

Rühli F. 1998a
Paläopathologische Untersuchungen an einer altägyptischen Mumie aus den Naturwissenschaftlichen Sammlungen der Stadt Winterthur. Inaugural-Dissertation, Universität Zürich. Juris Druck und Verlag. Dietikon.

Rühli F. 1998b
Paläopathologische Untersuchungen an einer altägyptischen Mumie aus den Naturwissenschaftlichen Sammlungen der Stadt Winterthur. Annoted Bibliography, Doctoral Dissertations, (review edited by Steinbock T.R.), Paleopathology Newsletter 103, S. 16.

Rühli F., Böni Th. 1998
Radiological Aspects and Interpretation of Postmortem Applied Substances and Other Embalming Artefacts of Ancient Egyptian Mummies from Different Swiss Collections (abstract). In: Cockburn E. (ed.), Papers on Paleopathology (Paleopathology Newsletter Suppl.), S. 18.

Rühli F., Bonani G., Hodler J., Iten P.X., Spycher M., Böni Th. 1998
Unknown High Radiological Density Substance in an Ancient Egyptian Mummy: an Update of Physical and Chemical Analysis and Interpretation (abstract). In: Cockburn E. (ed.), Papers on Paleopathology (Paleopathology Newsletter Suppl.), S. 17-18.

Schultz M. 1996
Paläopathologische Untersuchungen der Mumie des Herrn Idu. In: Schmitz B. (Hg.), Untersuchungen zu Idu II, Giza. Hildesheimer Ägyptologische Beiträge 38. Gerstenberg. Hildesheim, S. 59-85 (Tafel 16-30).

Smith G.E., Dawson W.R. 1924
Egyptian mummies. Dial Press. New York.

Taylor J.H. 1996
Unwrapping a mummy. University of Texas Press. Austin.

Anschrift

Dr. Frank J. Rühli, Dr. Thomas Böni
Arbeitsgruppe für klinische Paläopathologie
Orthopädische Universitätsklinik Balgrist
Forchstrasse 340
CH - 8008 Zürich
E-mail: ruehli@hotmail.com

Eingang: 11.8.99

Impressum

Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie
Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie
herausgegeben von der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie (SGA/SSA)
mit Unterstützung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW)

Redaktion:
Susi Ulrich-Bochsler, Bern

Korreferentin (textes français):
Isabelle Gemmerich Pfister, Ennetbaden

Layout:
Andreas Cueni, Aesch

Bezugsort:
Redaktion: S. Ulrich-Bochsler, Historische Anthropologie, Medizinhistorisches Institut der Universität Bern, Fabrikstrasse 29d, CH - 3012 Bern
Telefon 031/631 84 92. Fax 031/631 37 82. E-mail susi.ulrich-bochsler@mhi.unibe.ch.

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Beerli (Zürich) pour l'exposition du Musée d'Anthropologie de l'Université de Zürich

Erscheinungsweise: Vom Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie erscheinen in der Regel zwei Hefte pro Jahr (Frühjahr, Herbst), die zusammen einen Band bilden.

ISSN 1420 - 4835

Contribution à l'anthropologie brésilienne. Premiers résultats de l'étude du cimetière préhistorique de Justino, Xingó, Sergipe, Brésil[1]

Olivia Alexandre de Carvalho, Christian Simon et Cleonice Vergne

Le site archéologique Justino est situé sur une terrasse fluviatile au bord du fleuve São Francisco. Les sédiments sont formés de couches sableuses, argile, limon et galets déposés durant le Quaternaire sur la plaine Précambrienne. C'est un site en plein air d'une superficie de 20 sur 55 mètres et subdivisée en carrés de 5 sur 5 mètres. Il fut découvert en 1990 dans la ferme „Cabeça de Nêgo", commune de Canindé de São Francisco (fig. 1), entre les états d'Alagoas et du Sergipe (Vergne 1996, Martin 1996) au Nord Est du Brésil. Il a été excavé par Cleonice Vergne et l'équipe du Projet Archéologique Xingó (PAX) sous la direction du professeur José Alexandre F. Diniz, entre 1991 et 1994.

Cette recherche fait partie du projet de sauvetage archéologique de Xingó, lors de la construction de l'usine hydroélectrique de Xingó. Une collaboration s'est installée entre l'Université Fédérale de Sergipe et la Compagnie Hydroélectrique de São Francisco (CHESF). Plus tard, le projet reposera aussi sur la participation de la Compagnie de Pétrole Brésilien (PETROBRAS).

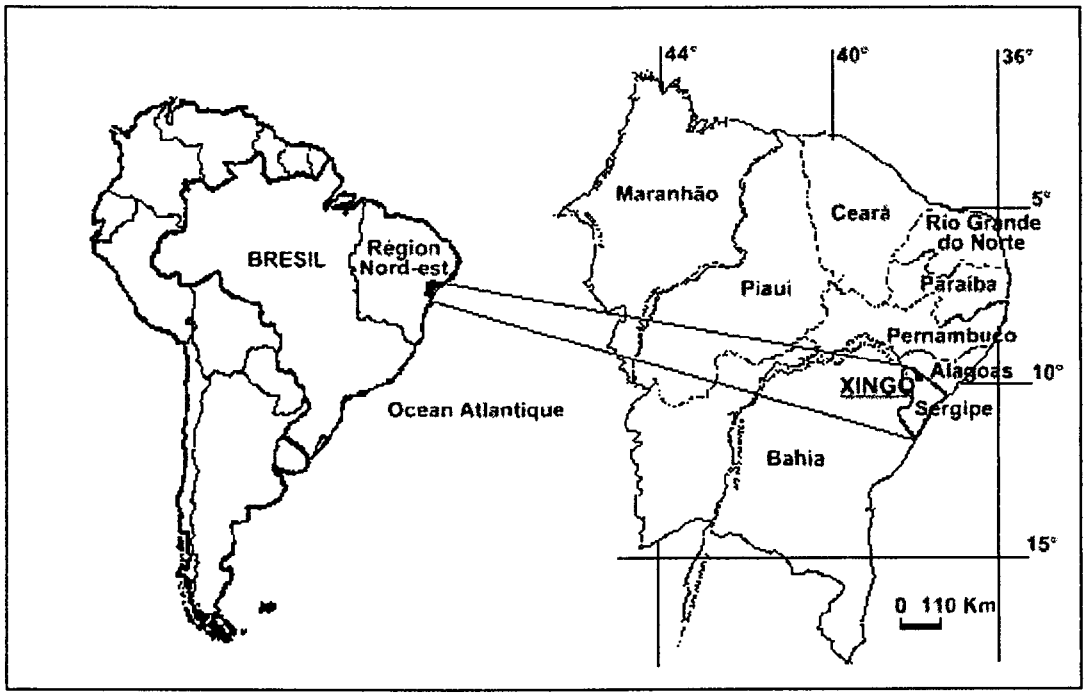

Fig. 1: Situation géographique de Xingó.

[1] Nach einem Vortrag, gehalten an der Jahrestagung der AGHAS am 24. April 1999 in Bern.

L'ensemble archéologique est constitué des 49 foyers, du matériel lithique (7'802 pièces), de la céramique (21'790 pièces), des vestiges fauniques (plus de 20'000 pièces), et plus de 163 squelettes humains (Vergne/Amâncio 1992).

Les squelettes humains ont été trouvés dans les premiers niveaux stratigraphiques du site. On observe plusieurs couches de sépultures. Les inhumations ont perduré entre 1'280 et 8'950 ans BP. Entre 1'200 à 5'000 ans BP., nous avons 139 inhumations (72%). Entre 5'000 et 8'000 BP, il n'y a pas de tombes. Au-delà de 8'000 ans BP 24 squelettes (28%). Cet ensemble est l'un des plus importants témoins du peuplement ancien de l'Amérique du sud au début de l'Holocène.

L'étude anthropologique de ce cimetière est le sujet de la thèse de Madame Carvalho. Les premiers résultats de son travail sont présentés ici. L'échantillon de squelettes déjà étudié est formé de 58 individus, dont 26 ont été récoltés avant notre intervention et 32 tombes que nous avons fouillées (prélevées sous forme de coffrages de plâtres). Ce groupe correspond à environ 40% de l'ensemble des sépultures.

Rituel funéraire

Le type de sépulture du cimetière de Justino est très varié. On observe cinq types d'inhumations différents. Nous avons tenté de rechercher s'il y avait un lien entre le type de sépulture et la chronologie (tab. 1).

Tab. 1: Type d'inhumation et chronologie à Xingó.

	Chronologie 1		Chronologie 2		Chronologie 3		Chronologie 4	
	1'280-1'780 BP		2'500-4'380 BP		4'380-5'570 BP		9'000 BP	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Décubitus latéral gauche	3	23.1	5	14.3	3	33.3	1	50.0
Décubitus latéral droit	5	38.5	11	31.4	1	11.1	1	50.0
Décubitus dorsal	3	23.1	13	37.1	2	22.2	0	0.0
Procubitus ventral	2	15.4	2	5.7	0	0.0	0	0.0
Sépulture secondaire	0	0.0	4	11.4	3	33.3	0	0.0
Total	13	100.0	35	100.0	9	100.0	2	100.0

Il n'y a pas de type de sépulture spécifique à une période chronologique. On observe cependant une préférence pour le décubitus latéral et dorsal dans toutes les périodes.

Dans quelques sépultures secondaires, nous observons un rituel varié:
Trois tombes avec un sujet, une urne contenant un enfant, une sépulture avec trois sujets, deux sépultures avec des os travaillés (aux extrémités coupées et polies).

Nous avons pu analyser en détail (en laboratoire) les 32 tombes fouillées. Les observations sur la position des ossements nous ont permis de mettre en évidence que la décomposition du corps s'est plutôt faite en espace colmaté. Les inhumés auraient donc été déposés en pleine terre, avec la présence de structure (céramique, natte).

Nous présentons ici la description taphonomique de quelques sépultures caractéristiques du cimetière de Justino.

Tombe 111

Le squelette est moyennement conservé, le crâne est fragmentaire, sa face est brisée avec cependant la mandibule complète. Pour le squelette post-crânien, les os sont fragmentés. Il s'agit d'un individu masculin inhumé en décubitus latéral droit (fig. 2).

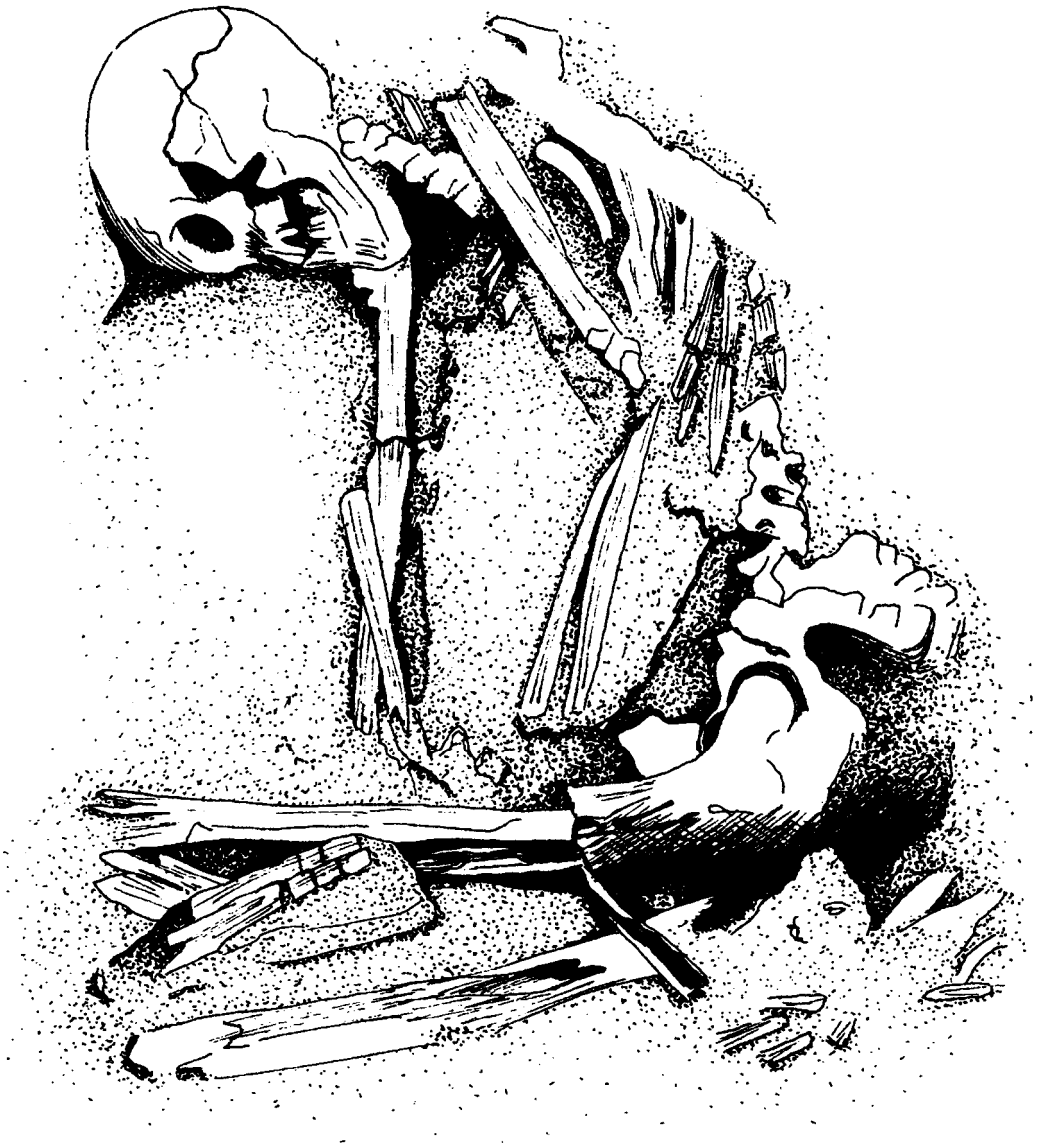

Fig. 2: Tombe 111. Sujet en décubitus latéral droit (dessin E. Santiago - PAX).

Le crâne est déposé sur la face latérale droite avec la mandibule en connexion. La colonne vertébrale montre une forte courbure, indiquant probablement une contrainte au niveau du crâne pour faire entrer le corps dans une fosse de petite dimension. Les vertèbres cervicales sont en connexion étroite avec le crâne, par contre, on observe une disjonction (environ 10 cm de déplacement) entre ces dernières et les thoraciques. Le rachis thoraco-lombaire est en connexion anatomique. L'humérus, le radius et l'ulna droite sont légèrement éloignés du corps, avec des connexions lâches entre le bras et l'avant-bras. Le bras gauche est le long du corps

avec l'avant bras partiellement fléchi, le radius et l'ulna en supination et les os de la main en connexion. La cage thoracique est en volume et les ailes iliaques sont bien fermées. L'os iliaque gauche est presque en position verticale, on remarque cependant, une différence de niveau entre les deux ilions, le gauche est un peu plus haut que le droit. Ce dernier est disposé en avant du gauche. Les jambes sont fléchies avec les fémurs touchant presque les tibias. La jambe droite est en bonne connexion anatomique. La gauche montre le fémur en connexion étroite avec le tibia, par contre la fibula a subi un important déplacement et est perpendiculaire au fémur droit. On peut supposer qu'un vide a pu exister sur les jambes permettant aux os de bouger. Cette disposition particulière du squelette indique un milieu colmaté mais avec la possibilité que l'on ait pu déposer une natte sur le mort. Cette dernière aurait été détruite bien après la disparition des tissus mous des jambes. On peut remarquer que l'individu a été enterré dans une très petite fosse. L'inclinaison de la tête et la position de la colonne vertébrale indiquent la limite de la fosse.

Tombe 119

Le squelette est relativement bien conservé. Le crâne est entier. Le squelette post-crânien est en bon état. Il s'agit d'un individu adulte inhumé en décubitus dorsal (fig. 3).
Cette sépulture présentait deux pièces en céramique l'une déposée sur le crâne et l'autre sur l'abdomen. Le crâne repose en position légèrement latéro-postérieure droite avec la mandibule en connexion lâche qui repose sur les vertèbres cervicales. Les ceintures scapulaires sont en connexion avec les humérus, les omoplates sont redressées et les clavicules verticalisées. Le bras gauche est parallèle à la colonne vertébrale, les avant-bras sont repliés contre l'humérus. L'humérus du bras droit est en bonne connexion avec le radius et l'ulna qui sont légèrement redressés. La main est partiellement en connexion. La cage thoracique est en volume, le sternum est en place. Le bassin est ouvert. Les membres inférieurs sont fléchis et dirigés vers la gauche avec les genoux légèrement surélevés. On observe un croisement des pieds. Le tibia gauche passe sous le fémur et le tibia droits. Les pieds sont en connexion anatomiques. La patelle gauche est en place entre le fémur et le tibia dans une position instable. Cette tombe est particulièrement intéressante car elle combine deux types de structure. La première est une structure vide et la seconde une structure colmatée. L'ensemble vide est observable par les mouvements de certains os (mandibule, clavicule, bassin). La seconde par les bonnes connexions du membre inférieur. On peut également noter que la fosse sépulcrale est étroite, car on observe un effet de contrainte au niveau des épaules (verticalisation des clavicules et redressement des omoplates). Sur l'abdomen du sujet nous avons trouvé un squelette, apparemment complet, d'un animal appartenant à une espèce de furet sud-américain, *Galictis cf. Cuja* (Carnivora, Mustelidae), identifié par les archéozoologues professeur Louis Chaix Directeur du département d'Archéozoologie du Muséum d'Histoire Naturelle de Genève et Albérico Nogueira de Queiroz (Universidade Católica de Pernambuco, boursier du Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, doctorant du Département d'Archéozoologie du Muséum d'Histoire Naturelle de Genève). L'animal, un jeune, selon le degré de synostose des os longs, a été posé sur la région abdominale de l'individu et présentait certains os en connexion, certes, nous avons remarqué l'absence des extrémités des pattes. Nous avons aussi trouvé dans cette tombe la présence de deux os longs d'un autre animal, déposés sur les vertèbres, à la hauteur du thorax.

Tombe 147

Le squelette est relativement bien conservé. Le crâne et la face sont fragmentés. La mandibule est complète. Le squelette post-crânien est également complet. Il s'agit d'un enfant, entre 7 et 8 ans, de sexe indéterminé. Il est disposé en décubitus dorsal (fig. 4).

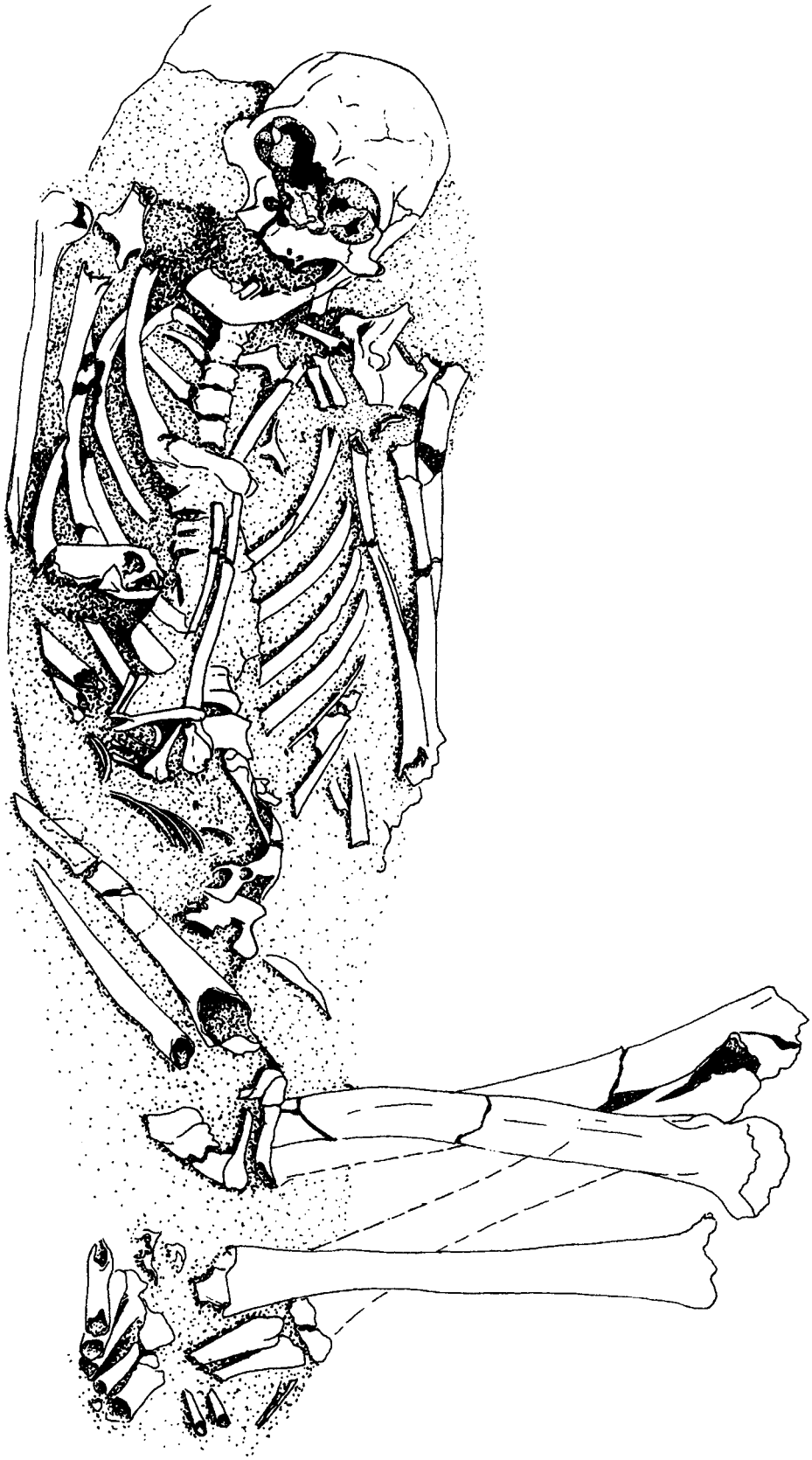

Fig. 3: Tombe 119. Sujet en décubitus dorsal (dessin E. Santiago - PAX).

Le crâne est posé sur sa face antéro-latérale gauche. La cage thoracique est en décubitus dorsal alors que le reste du squelette était en décubitus latéral gauche. Le membre supérieur droit a l'avant-bras légèrement fléchi, avec de bonnes connexions entre le bras et la ceinture scapulaire. L'observation de l'autre bras n'a pu être faite car un groupe d'os animaux est déposé sur lui (ces os ne sont pas encore prélevés). La cage thoracique est en volume, les côtes et le bassin sont légèrement mis à plat. Les pubis se trouvaient disjoints des os iliaques. On observe une bonne connexion entre les ailes iliaques et les fémurs. Les jambes sont légèrement fléchies du côté gauche, mais avec les genoux légèrement surélevés. Les os du pied droit sont en connexion mais en position verticale. Nous n'avons pas trouvé le tibia gauche ni les os du pied gauche. Tout les éléments anatomiques nous indiquent une sépulture de structure colmatée dans laquelle le squelette a été préalablement déposé. Dans cette tombe nous avons encore trouvé des os longs d'oiseaux, quatre au total, il s'agit d'ulnas et de tibio-tarses. D'après les dimensions des os ils semblent appartenir à la famille des Ciconidae, selon les observations entreprises par les archéozoologues mentionnés antérieurement.

Sexe

La détermination du sexe a été effectuée sur le crâne, la mandibule et l'os iliaque selon la méthode d'Acsádi/Nemeskéri (1970) et sur l'aile iliaque par la méthode de Bruzek (1991). Pour les tombes des non adultes le sexe n'a pas pu être déterminé. Nous avons observé 13 hommes, 4 femmes et 15 sujets de sexe indéterminé (4 enfants, 2 adolescents et 9 adultes).

Age

La détermination de l'âge (tab. 2) a été estimée selon la méthode d'Acsádi/Nemeskéri (1970) et Masset (1982) en utilisant l'observation des sutures endocrâniennes. Pour la détermination de l'âge au décès des non-adultes, nous avons utilisé les éruptions et calcifications dentaires ainsi que la synostose des os longs (Ubelaker 1978).

Tab. 2: Répartition des non adultes et des adultes dans les différentes classes d'âge.

Classes d'âge							
0	1-4	5-9	10-14	15-19	20-35	40-49	50-59
1	0	3	2	1	4	2	1

On observe des non adultes dans presque toutes les classes d'âge. Le nombre d'adultes est faible par rapport aux enfants. Il faut cependant dire qu'il s'agit d'une étude préliminaire et que les tombes étudiées forment qu'une petite partie de l'ensemble des sépultures du cimetière.

Biométrie

L'estimation de la stature a été effectuée selon la méthode d'Olivier et Tissier (1975) uniquement sur les squelettes masculins. Les ossements féminins étaient très mal conservés et n'ont pas permis de définir la stature féminine. La taille est moyenne avec environ 164 cm (minimum 153 cm et maximum à 171 cm).

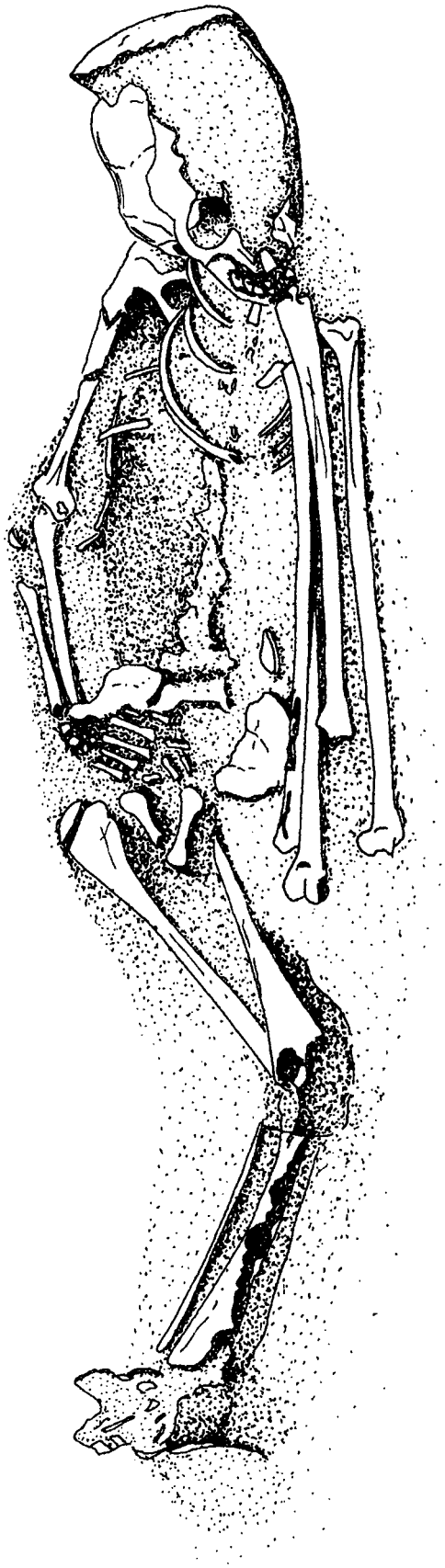

Fig. 4: Tombe 17. Sépulture d'enfants en décubitus dorsal (dessin E. Santiago - PAX).

Nous avons comparé la stature moyenne de Justino avec celle d'autres populations amérindiennes.

Tab. 3: Comparaison des statures moyennes de quelques populations masculines amérindiennes.

Sites	Stature	Auteur
Furna do Estrago, (Pernambuco - Nord-est)	160 cm	Mendonça de Souza 1995
Justino (Sergipe - Nord-est)	164 cm	Présente étude
Forte Marechal Luz (Santa Catarina - Sud)	167 cm	Prous 1992
Cabeçuda (Santa Catarina - Sud)	161 cm	Prous 1992
Piaçagüera (São Paulo - Sud-est)	158 cm	Prous 1992
Água Vermelha (São Paulo - Sud-est)	178 cm à 185 cm	Eggers/Fazzio/Lahr 1996
Sumidouro (Minas Gerais - Sud-est)	170 cm	Soto-Heim 1992

Les hommes de Justino sont parmi les plus petits. La comparaison avec d'autres sites archéologiques brésiliens, montre que les hommes du Justino sont plus grands que ceux de la Furna do Estrago, Piaçaguera et Cabeçuda et plus petit que ceux de Forte Marechal Luz, Água Vermelha et Sumidouro.

Morphologie crânienne

Ils ont un crâne peu allongé (brachycrâne à mésocrâne), la voûte crânienne est moyenne à haute. Les quelques mensurations crâniennes possibles indiquent une robustesse assez importante. Le front est étroit à large, la face est large à longue, le nez est étroit et les orbites sont de hautes à basses.

Nous avons ensuite dans une analyse préliminaire tenté de situer les trois crânes de Justino, dont nous disposons quelques mensurations, dans le contexte anthropologique brésiliens. Nous avons eu beaucoup de peine à réunir des populations préhistoriques amérindiennes. Nous avons cependant trouvé des sites très dispersés géographiquement et chronologiquement. Ils forment un ensemble de 70 crânes. Nous avons retenu trois populations (tab. 4):

Tab. 4: Chronologie, situation géographique des populations de comparaison.

Groupe	Nombre	Population	Situation	Auteur	Année	Datation approx.
1	35	Indiens Botocudos	Est	Mello et Alvim	1963	XIXème siècle
2	17	Abri de Riacho	Sud-Est	Alvim	1992/1993	8500-9000 BP
		Grotte de Sumidouro	Sud-Est	Soto-Heim	1992	11000-15000 BP
3	18	Sambaqui Santo Amaro	Sud-Est	Aguiar et coll.	1987	2000-3000 BP
		Sambaqui Zé Espinho	Sud-Est	Corrêa	1941-1946	3000-4000 BP
		Sítio Justino	Nord-Est	Présente étude		1800-3200 BP

On observe une différence chronologique importante entre les trois ensembles. Cela devrait permettre de définir l'évolution de la morphologie au cours du temps. L'analyse se base sur 12 variables crâniennes et faciales. Dans un premier temps nous avons reconstitué quelques données manquantes puis normalisés séparément les groupes féminins et masculins pour pouvoir ensuite les réunir. Nous avons appliqué à ce corpus une analyse discriminante. Pour ce faire nous avons associé les trois sujets de Justino au Sambaquis. L'analyse indique que deux fonctions sont suffisantes pour exprimer toute la variabilité de l'ensemble.

Le tableau 5 montre l'importance des variables dans la discrimination des groupes. Pour la première fonction, on observe de gauche à droite une diminution des dimensions crâniennes (M20, M7, M16, M48) et une augmentation des valeur faciales et orbitaires. La seconde fonction montre de haut en bas une augmentation de certaines dimensions crâniennes (M1, M8, M52).

La figure 5 montre la situation morphologique de chaque crâne selon les valeurs des deux fonctions discriminantes. On observe une bonne séparation des groupes. L'ensemble le plus ancien est à gauche alors que les deux autres populations se situent plus à droite. Le groupe le plus récent étant légèrement plus bas que l'autre.

Tab. 5: Corrélation entre les fonctions discriminantes et les mensurations. Les plus grandes corrélations absolues entre chaque mensuration et les fonctions discriminantes sont en gras.

Mensurations		Fonction 1	Fonction 2
M20	Hauteur auriculaire	**-.476**	.184
M7	Dap trou occipital	**.436**	.001
M16	Dt. Trou occipital	**-.238**	-.104
M48	Hauteur faciale supérieure	**-.152**	.063
M51	Largeur orbitaire	**.141**	-.091
M29	Corde frontale	**.131**	-.039
M10	Diamètre frontal maximum	**.061**	.001
M1	Diamètre antéro-postérieur	-.064	**-.544**
M52	Hauteur orbite	-.198	**.296**
M8	Diamètre transverse	.211	**.294**
M45	Diamètre bizygomatique	-.076	**-.139**
M9	Diamètre frontal minimum		**-.122**
Valeur propre		4.314	1.483
% de la Variance		74.4	25.6

Le premier élément qui saute aux yeux est la gracilisation des crânes de la période ancienne à la récente. Ce phénomène a été observé dans d'autres régions du monde. Le groupe le plus ancien montre de fortes dimensions crâniennes. Les crânes sont très allongés avec un front étroit et une voûte crânienne haute. Les deux autres groupes possèdent des dimensions plus petites avec les valeurs les plus faibles pour la population moderne. Les crânes sont moins allongés, le front plus large, la voûte crânienne plus basse. Une différence assez importante s'observe entre le groupe 1 et 3. Le groupe 3 montre un crâne moins allongé (proche de la brachycrânie) avec une voûte crânienne et des orbites plus hautes.

Les trois crânes de Justino que nous avons attribués au groupe 3 (association d'ordre chronologique) sont pour deux d'entre eux (T 118 et T 116) un peu en marge de l'ensemble alors que le sujet T 33 semble mieux s'intégrer à son groupe.

En conclusion il n'est pas possible d'aller beaucoup plus loin dans l'analyse étant donné le peu de données que nous possédons sur Justino car nous sommes au début de l'étude et seulement trois crânes ont pu être mesurés.

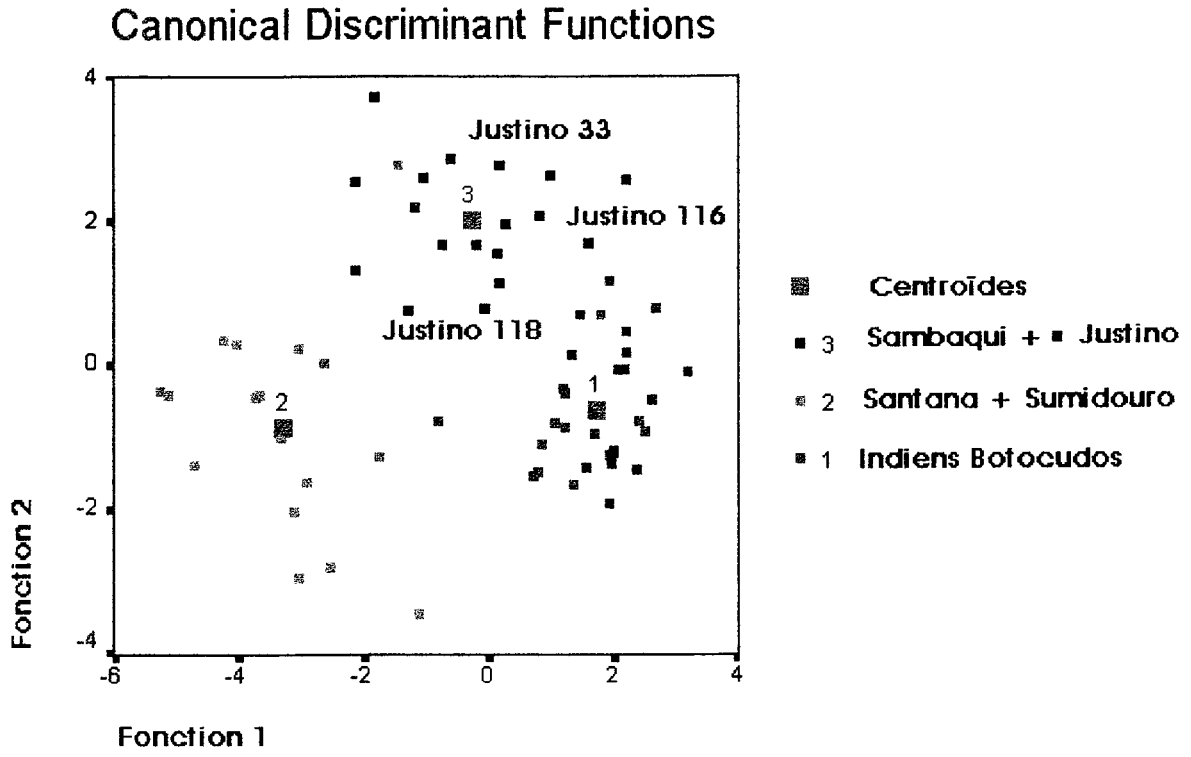

Fig. 5: Situation morphologique de trois crânes de Justino parmi des populations Brésiliennes. Analyse discriminante multiple basée sur 12 variables crâniennes et faciales. Chaque crâne est situé en fonction des valeurs des deux premières fonctions discriminantes.

Paléopathologie

Les analyses à ce sujet sont encore préliminaires pour la nécropole du site Justino. Les premiers éléments d'une meilleure connaissance de l'état de santé des individus de Justino découlent de l'étude de la pathologie dentaire et des traumatismes. Les méthodes d'investigations appliquées dans cette étude sont basées sur Buikstra/Ubelaker (1994). Nous avons pu observer les hypoplasies de l'émail dues à des perturbations lors de sa formation. Ces hypoplasies sont liées à des troubles nutritionnels ou infectieux. Les individus portent aussi des caries, du tartre, ainsi que l'usure des couronnes. Nous avons effectué le dénombrement des dents tombées de l'individu *ante mortem*. Une femme de Justino présente une usure des couronnes très marquée et une arthrose déformante de l'articulation temporo-mandibulaire.
Nous pouvons remarquer sur un autre sujet un cas de nanisme des troisièmes molaires supérieures.
Nous avons encore vérifié un cas de fracture cicatrisée de la clavicule sur un sujet adulte. Nous observons également un cas de fracture crânienne avec le signe d'une cicatrisation sur

un autre sujet adulte, de sexe masculin. Il présente un trou localisé sur l'os pariétal droit, il a été peut-être provoqué par le coup d'un instrument tranchant.

Quelques sujets ont montré des signes d'infections. Nous avons aussi observé un cas d'os Inca et deux cas de facettes d'accroupissements du tibia et du talus sur deux individus masculins adultes, l'un d'entre eux, provient d'une tombe secondaire (celle de numéro 107) qui présentait cette facette sur le tibia gauche, pendant que le deuxième, qui provient de la sépulture de numéro 131, avait les facettes sur le tibia et le talus droit. Ces modifications osseuses présentes sur les squelettes sont causées par des sollicitations mécaniques. Elles peuvent identifier certaines activités quotidiennes ou même une division sexuelle du travail.

Conclusions

L'étude paléoanthropologique préliminaire de la population de Justino, par les données démographiques, morphologiques et paléopathologiques nous permet de tirer quelques éléments de conclusions.

Nous sommes en présence d'un ensemble de sépultures au rituel funéraire très varié. L'inhumation en pleine terre représente le mode de sépulture le plus largement utilisé. La position des inhumés est variable, nous trouvons surtout des corps fléchis, fortement fléchis et des corps allongés ou semi-allongés dans les sépultures en pleine terre.

La détermination du sexe et de l'âge montre une majorité de squelettes masculins avec une forte proportion de non adultes.

La morphologie des quelques crânes sur lesquels nous disposons de données métriques ont été comparés à d'autres populations brésiliennes. Ils présentent quelques similitudes avec les populations Sambaqui.

La paléopathologie de la population Justino est assez pauvre: nous trouvons quelques pathologies dentaires, un seul exemple d'arthrose déformante de l'articulation temporo-mandibulaire, la traumatologie y est quasi nulle et quelques cas de maladies infectieuses. Nous avons remarqué aussi quelques exemples de caractères discrets crâniens et post-crâniens.

L'étude de ces quelques sépultures de la nécropole Justino nous apporte des renseignements sur la préhistoire du Nord Est Brésilien. Nous ne pouvons pas pousser plus loin l'interprétation car nous manquons encore de bon nombre d'informations indispensables sur les autres nécropoles de la région.

Bibliographie

Acsádi G., Nemeskéri J. 1970
History of human life span and mortality. Akadémiai Kiadó. Budapest.

Aguiar N.V.O., Oliveira D.V., Samis A. 1987
Estudos Antropológico das populações Pré-históricas do Sambaqui Zé Espinho Morfologia e Padrão de subsistência. In: Kneip et al., Coletores e Pescadores pré-históricos de Guaratiba, Niterói: UFF, Rio de Janeiro, p. 257.

Alvim M.C. 1992/1993
Os Antigos Habitantes da Serra do Cipó, MG. Brasil. Estudo Morfológico Preliminar. Arquivo do Museu de História Natural da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte. Vol. XIII, p. 107-127.

Bruzek J. 1991
Fiabilité des procédés de détermination du sexe à partir de l'os coxal. Implication à l'étude du dimorphisme sexuel de l'homme fossile**.** Institut de Paléontologie humaine et Muséum National d'Histoire Naturelle (Thèse). Paris.

Buikstra J., Ubelaker D.H. 1994
Standards for data collection from human skeletal remains. Fayetteville. Arkansas Archaeological Survey. Research Series 44, p. 206.

Corrêa A.A.M. 1941-1946
Crânes des „Sambaquis" du Brésil. L'Anthropologie. T. 50, p. 332-364.

Eggers S., Fazzio I., Lahr M.M. 1996
Antropologia Biológica do Sítio Arqueológico Água Vermelha: Resultados e Discussões Preliminares. Revista de Arqueologia 9, p. 89-114.

Kramar C. 1980
Méthode de la paléopathologie. Archives suisses d'anthropologie générale 44 (1), p. 45-49.

Masset C. 1982
Estimation de l'âge au décès par les sutures crâniennes. Univ. Paris VII (Thèse). Paris.

Mello E., Alvim M.C. 1963
Diversidade Morfológica entre os índios „Botocudos", do Leste Brasileiro (Século XIX e o „Homem de Lagoa Santa"). Boletim do Museu Nacional do Rio de Janeiro. Nova Série. Antropologia 23, p. 1-70.

Martin G. 1996
Pré-história do Nordeste do Brasil. Recife: Ed. Universitária da Universidade Federal de Pernambuco. 396 p. Il.

Mendonça de Souza S.M.F. 1995
Estresse, doenças e adaptabilidade: estudo comparativo de dois grupos pré-históricos em perspectiva biocultural. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.

Soto-Heim P. 1992
Le peuplement paléo-indien et archaique d'Amérique du Sud. Étude anthropologique et analyse comparative avec le peuplement sub-actuel. Thèse de Doctorat du Muséum National d'Histoire Naturelle.

Olivier G., Tissier H. 1975
Estimation de la stature féminine d'après les os longs des membres. Bull. Mém. Soc. Anthrop. Paris, 2/XIII, p. 297-306.

Ubelaker D.H. 1978
Human skeletal remains. Excavation, analysis, interpretation. Chicago.

Prous A. 1992
Arqueologia Brasileira. Brasília: Editora da Universidade de Brasilia. 605 p. Il.

Vergne C. 1996
O Projeto Arqueológico de Xingó, em Sergipe e Alagoas. CLIO Revista do Programa de Pós Graduação da Universidade Federal de Pernambuco-Série Arqueológica 1(11), p. 211-216.

Vergne C., Amâncio S. 1992
A necrópole pré-histórica do Justino, Xingó, Sergipe. CLIO Revista do Programa de Pós Graduação da Universidade Federal de Pernambuco-Série Arqueológica, 1(8), p. 171-182.

Adresses

Olivia Alexandre de Carvalho
Département d'Anthropologie et d'Ecologie
Université de Genève
12, rue Gustave-Revillod
CH - 1227 Carouge-Genève

Christian Simon
Département d'Anthropologie et d'Ecologie
Université de Genève
12, rue Gustave-Revillod
CH - 1227 Carouge-Genève

Cleonice Vergne
Projet Archéologique Xingó (PAX)
Université Fédérale de Sergipe
Brésil

Eingang: 28.7.1999

Impressum

Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie
Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie
herausgegeben von der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie (SGA/SSA)
mit Unterstützung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW)

Redaktion:
Susi Ulrich-Bochsler, Bern

Korreferentin (textes français):
Isabelle Gemmerich Pfister, Ennetbaden

Layout:
Andreas Cueni, Aesch

Bezugsort:
Redaktion: S. Ulrich-Bochsler, Historische Anthropologie, Medizinhistorisches Institut der Universität Bern, Fabrikstrasse 29d, CH - 3012 Bern
Telefon 031/631 84 92. Fax 031/631 37 82. E-mail susi.ulrich-bochsler@mhi.unibe.ch.

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Beerli (Zürich) pour l'exposition du Musée d'Anthropologie de l'Université de Zürich

Erscheinungsweise: Vom Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie erscheinen in der Regel zwei Hefte pro Jahr (Frühjahr, Herbst), die zusammen einen Band bilden.

ISSN 1420 - 4835

Bull. Soc. Suisse d'Anthrop. 5(1), 1999, 25-26.

Die hallstattzeitliche Grabhügelgruppe von Kloten-Homberg. Eine anthropologische Neubeurteilung und ihre Ergebnisse[1]

Sandra Martelli

Bei der anthropologischen Neubeurteilung der Grabhügel von Kloten-Homberg konnten neue Erkenntnisse zur Zahl der bestatteten Individuen und der Grabriten gewonnen werden.

Bearbeitet wurde das anthropologische Fundgut aus vier Grabhügeln, die 1962 im Zuge einer anthropologischen Notgrabung untersucht wurden. Die archäologischen Funde datieren die Grabhügel und ihren Inhalt in die Hallstattzeit, ca. 800-550 v. Chr. Die Neubeurteilung war als Materialarbeit unter der Leitung von Frau Prof. Dr. Primas an der Abteilung für Ur- und Frühgeschichte der Universität Zürich ausgeführt worden.

Das untersuchte anthropologische Fundgut ist umfangmässig klein und schlecht erhalten, biologische Angaben zu den einzelnen Individuen waren nur selten zu machen. Hingegen konnte mit der Zahnzementanalyse für die Altersbestimmung auch für die bestatteten Individuen eine Aussage zum Sterbealter gemacht werden. Die Individuen zeigten keine nennenswerten Pathologien oder aussergewöhnlichen Befunde.

Aufgrund der erneuten anthropologischen Untersuchung des Knochenmaterials sowie der Untersuchung von Knochenmaterial, welches bisher am Landesmuseum Schweiz, Sektion Zürich, eingelagert war und noch nie einer Untersuchung unterzogen wurde sowie einer genauen Plananalyse der Originalpläne der Ausgrabung, die in der Kantonsarchäologie Zürich eingesehen werden konnten, wird folgende Belegung der Grabhügel postuliert, die in wesentlichen Punkten von der Interpretation von Dr. Walter Drack, im Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur-und Frühgeschichte 1979/80 (S. 93-129) publiziert, abweicht.

Unterschiedliche Individuenzahl und Anzahl Gräber konnten für Hügel I, II und III plausibel erklärt werden.

Hügel I: Von den ursprünglich 5 Gräbern werden aufgrund der Plananalyse und der anthropologischen Untersuchung Grab 1 und 2 sowie 3 und 5 zusammengelegt. Neu kommt ein Grab dazu, dessen Inhalt am Landesmuseum eingelagert war. Allerdings war keine genaue Zuordnung zu einer Fundstelle mehr möglich. Die Anzahl Gräber sinkt somit von 5 auf 4. Die Anzahl Individuen sinkt von 6 auf 4, da Grab 3 keine Doppelbestattung enthält.

Hügel II: Die drei Brandgräber werden aufgrund der archäologischen Funde und der Plananalyse zu einem einzigen zusammengefasst. Leider haben sich aus diesem Hügel gar keine menschlichen Reste erhalten.

[1] Zusammenfassung eines Vortrages, gehalten an der Jahrestagung der AGHAS am 26.4.1999 in Bern.

Hügel III: Es wurden 5 Gräber postuliert, dabei waren drei als birituell und von 2 bis 3 Individuen belegt angesprochen worden. Neu wäre Grab 1 als ein durch eine spätere Brandbestattung gestörtes Körpergrab anzusprechen. Dasselbe gilt für das Zentralgrab 2. Grab 3 wird gleich interpretiert. Grab 4 ist eine Doppel- aber keine Dreifachbestattung, beides Körperbestattungen. Grab 5 mit seinem für die Hallstattepoche ungewöhnlichen Steinplattenbau bleibt weiterhin schwer interpretierbar. Eine Bestattung aus früherer oder späterer Epoche, die durch eine hallstattzeitliche Brandbestattung gestört wurde, ist nicht ganz unwahrscheinlich. Die Anzahl Gräber erhöht sich durch die neue Interpretation von 5 auf 7, die Zahl der Individuen sinkt auf 8.

Hügel IV, der neuzeitlich beraubt wurde, ist so stark zerstört, dass die Möglichkeit, die Anzahl Gräber und Individuen zu eruieren, praktisch unmöglich wird. Auch hier fand sich kein anthropologisches Material.

Diese neue Interpretation beruht auf einer grösseren Menge von anthropologisch untersuchbarem Material und der Plananalyse. Zu ähnlichen oder gleichen Resultaten gelangten S. Kurz, der für seine Publikation „Bestattungsbrauch in der westlichen Hallstattkultur" die Publikation von W. Drack auswertete sowie P. Nagy, der die Neuzuteilung aufgrund der Keramikfunde und Plananalyse erstellte. Diese drei Untersuchungen erfolgten unabhängig voneinander und stärken somit die neue Interpretation beträchtlich.

Anschrift

Sandra Martelli
Anthropologisches Institut und Museum
Universität Zürich
Winterthurerstrasse 190
CH - 8057 Zürich

Eingang: 9.7.1999

Impressum

Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie
Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie
herausgegeben von der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie (SGA/SSA)
mit Unterstützung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW)

Redaktion:
Susi Ulrich-Bochsler, Bern

Korreferentin (textes français):
Isabelle Gemmerich Pfister, Ennetbaden

Layout:
Andreas Cueni, Aesch

Bezugsort:
Redaktion: S. Ulrich-Bochsler, Historische Anthropologie, Medizinhistorisches Institut der Universität Bern, Fabrikstrasse 29d, CH - 3012 Bern
Telefon 031/631 84 92. Fax 031/631 37 82. E-mail susi.ulrich-bochsler@mhi.unibe.ch.

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Beerli (Zürich) pour l'exposition du Musée d'Anthropologie de l'Université de Zürich

Erscheinungsweise: Vom Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie erscheinen in der Regel zwei Hefte pro Jahr (Frühjahr, Herbst), die zusammen einen Band bilden.

ISSN 1420 - 4835

Bull. Soc. Suisse d'Anthrop. 5(1), 1999, 27-40.

Bleiakkumulation in Knochen und Zähnen mittelalterlicher Bestattungen aus einer Bergbauregion bei Sulzburg, Kr. Breisgau-Hochschwarzwald[1]

Kurt W. Alt

Einführung

Historische Umweltforschung findet in verschiedenen Disziplinen statt, darunter auch in den Biowissenschaften. Die Vielzahl der naturwissenschaftlichen Methoden zur Analyse historischer Sachüberreste, zu denen auch menschliche Überreste als biohistorisches Quellenmaterial gehören, sind dabei unter dem Begriff Archäometrie systematisiert (Herrmann 1994). Den modernsten Bereich innerhalb der biologischen Anthropologie repräsentiert hier die molekulare Anthropologie. Studienobjekte sind biogene Hartsubstanzen wie Knochen oder Zähne. Neben Untersuchungen anhand von aDNA gehören Studien zur Biomineralisation des Knochens, insbesondere spurenelementanalytische Verfahren und die Analyse stabiler Isotope zum Methodenspektrum (Grupe 1986, Grupe/Herrmann 1988, Schutkowski 1994). Der Anwendungsbereich reicht hier von Aussagen über Subsistenzstrategien, sozialen Differenzierungen anhand des Nahrungsverhaltens, der Feststellung ontogenetischer Trends und paläopathologischer Zustandsbilder bis zur Umweltanalytik, also Untersuchungen zur Bestimmung anthropogener Schadstoffeinträge in die Umwelt (Schutkowski 1994). Im folgenden Vortrag geht es im Rahmen von historischen Umweltbetrachtungen um Untersuchungen zur Schwermetallbelastung mit Blei (Pb) in einer mittelalterlichen Bevölkerung (vgl. Grupe 1991).

Wie historische Mensch-Umwelt-Untersuchungen aufzeigen ist die Umweltproblematik nicht auf die Gegenwart oder jüngere Vergangenheit beschränkt (vgl. Jockenhövel 1996). Bereits in historischen Zeiten fanden Umweltdiskussionen statt, die beispielsweise in Texten von Strabo (1. Jh. BC; s. Strabo 1831) oder Plinius (1. Jh. AD; s. Plinius 1989) um die Zeitenwende ihren Niederschlag gefunden haben. Einen interessanten Einblick in die Umweltprobleme des Mittelalters liefert Agricola in seinem Buch DE RE METALLICA von 1556, indem er dort schreibt: „Durch das Schürfen nach Erz werden die Felder verwüstet... Wälder und Haine werden umgehauen; denn man bedarf zahlloser Hölzer für die Gebäude und das Gezeug sowie, um die Erze zu schmelzen. Durch das Niederlegen der Wälder und Haine aber werden die Vögel und andren Tiere ausgerottet, von denen sehr viele Menschen als feine und angenehme Speisen dienen. Die Erze werden gewaschen; durch dieses Waschen aber werden, weil es die Bäche und Flüsse vergiftet, die Fische entweder aus ihnen vertrieben oder getötet. Da also die Einwohner der betreffenden Landschaften infolge der Verwüstung der Felder, Wälder, Haine, Bäche und Flüsse in grosse Verlegenheit kommen, wie sie die Dinge, die sie zum Leben brauchen, sich verschaffen sollen, und da sie wegen des Mangels an Holz grössere Kosten zum Bau ihrer Häuser aufwenden müssen, so ist es vor aller Augen klar, dass bei dem Schürfen mehr Schaden entsteht, als in den Erzen, die durch den Bergbau gewonnen werden, Nutzen liegt." Dieses Beispiel zeigt wie viele andere eindrücklich auf, dass die meisten Um-

[1] Nach einem Vortrag, gehalten auf der Jahrestagung der AGHAS am 24. April 1999 in Bern

weltschäden – auch schon in historischen Zeiten – auf fehlgeleitetes menschliches Verhalten zurückzuführen sind (vgl. Goldenberg 1996).

Das Projekt „Archäometallurgie im südlichen Schwarzwald"

Als Teilprojekt im Forschungsverbund „Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends in Südwestdeutschland" wurde mit Mitteln der Volkswagen-Stiftung ab 1987 von der Ur- und Frühgeschichte der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg ein Forschungsvorhaben durchgeführt, das sich der „Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald" angenommen hat (Steuer 1990, Spiong 1996). Blei-Silber-Erze sind bereits in römischer Zeit und dann wieder seit dem Mittelalter in grossem Umfang im Südschwarzwald gewonnen worden. Hauptmetall war das Blei, und an das Silber gelangte man nur über die Bleigewinnung, da Silber zu geringen Anteilen im Bleierz vorhanden ist. Der Silberbergbau bildete die Grundlage für die mittelalterliche Münzprägung, sorgte für Wohlstand und Reichtum, brachte aber auch Auseinandersetzungen um Besitz- und Abbaurechte. Zunehmender Holzmangel soll der Grund für das vorläufige Ende des Bergbaus im Mittelalter gewesen sein.

Im Rahmen des Archäometallurgie-Projekts des Instituts für Ur- und Frühgeschichte der Universität Freiburg wurden Anfang der neunziger Jahre in Sulzburg „Geissmättle" 92 Gräber des Friedhofs einer ehemaligen Bergbausiedlung entdeckt und ausgegraben. Die Mehrzahl der ab Mitte des 12. Jahrhunderts angelegten Gräber (die Gesamtbelegung wird auf 150-200 Bestattungen geschätzt) konzentriert sich nördlich und östlich einer zeitgleichen Steinkirche (Abb. 1). Überschneidungen und Störungen von Gräbern sind häufig. Der Erhaltungszustand des Skelettmaterials ist überwiegend schlecht. Für die starke Verwitterung und den hohen Fragmentierungsgrad sind u.a. die lokalen Bodenbedingungen verantwortlich. In einigen Gräbern haben sich überhaupt keine menschlichen Überreste erhalten. Die Bearbeitung und die Auswertung des Skelettmaterials fanden im Rahmen eines osteologischen Praktikums an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg statt (vgl. Alt/Lohrke 1998).

Nach dem Waschen und der anatomischen Rekonstruktion des Skelettmaterials erfolgte eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Skelettelemente sowie eine Bestimmung des biologischen Alters und Geschlechts der einzelnen Individuen. Weitere Untersuchungen galten der Morphologie und Metrik, besonderen anatomischen Varianten sowie der Paläopathologie (vgl. Alt et al. im Druck). Darüber soll hier – mit Ausnahme von einigen Anmerkungen zur Demographie – nicht die Rede sein. Im Rahmen der Rekonstruktion der Umwelt- und Lebensbedingungen der Bevölkerung von Sulzburg gilt unser Interesse der Tatsache, ob sich bei den mit dem Abbau und der Verhüttung der Blei-Silber-Erze beschäftigten Menschen Hinweise auf eine Bleiexposition finden lassen und ob Unterschiede in der Schadstoffbelastung zwischen diesem Personenkreis und der ansässigen Bevölkerung bestehen (Alt et al. im Druck).

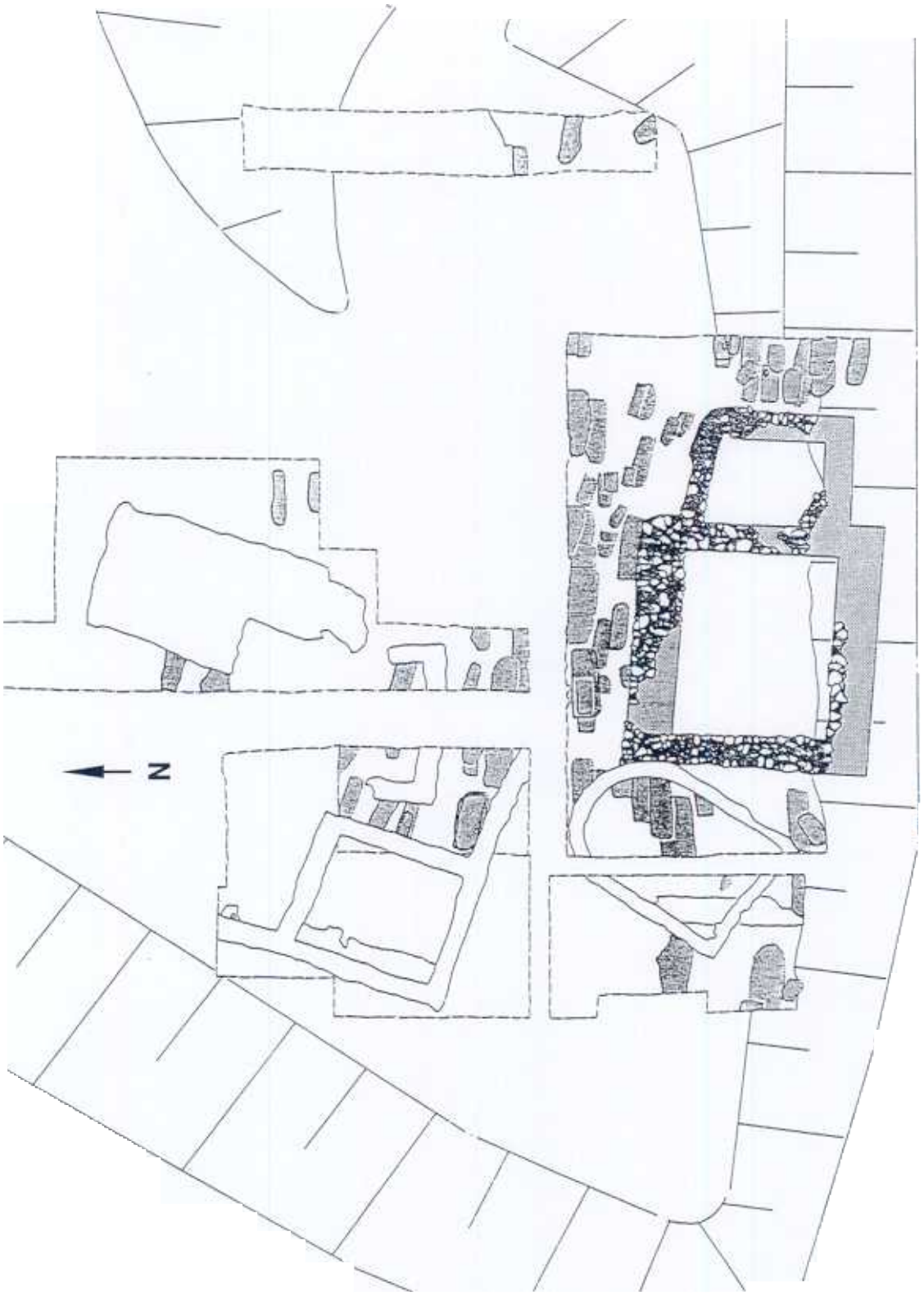

Abb. 1: Plan der Grabung Sulzburg mit Lage der Bestattungen nördlich und östlich der Kirche.

Demographische Struktur der Bevölkerung

Die Alters- und Geschlechtsbestimmungen lassen wichtige Aussagen zur Zusammensetzung der in Sulzburg bestatteten Bevölkerung zu (vgl. Tab. 1). Männliche (17) und weibliche Individuen (20) sind fast zu gleichen Teilen belegt, was jedoch auffällt, ist ein hoher Anteil geschlechtsunbestimmter Individuen (Alt et al. im Druck). Alters- und Geschlechtsbestimmungen korrelieren eng mit dem Erhaltungszustand von Skelettmaterial. Morphologische Geschlechtsbestimmungen sind zudem in hohem Masse vom Alter der Individuen abhängig. Da sich unter den Bestattungen aus Sulzburg sehr viele Kinder befinden und für die meisten Skelette schlechte Erhaltungbedingungen vorliegen, konnte nur weniger als die Hälfte der Individuen geschlechtsbestimmt werden. Aus der Alters- und Geschlechtsverteilung der Bevölkerung mit Männern, Frauen und Kindern wird jedoch deutlich, dass es sich hier um einen siedlungsnahen Friedhof handelt. Da der Friedhof nur unvollständig ausgegraben werden konnte, ist schwer abschätzbar, ob die geborgenen Bestattungen eine repräsentative Stichprobe aus diesem Friedhof darstellen. Nach der Alters- und Geschlechtsverteilung könnte dies aber der Fall sein. Das Geschlechterverhältnis ist relativ ausgeglichen, und die Altersverteilung zeichnet sich durch einen hohen Anteil an Nichterwachsenen (47,7 %) an der Gesamtbevölkerung aus. Am stärksten vertreten ist die Altersstufe Infans I (bis zum vollendeten sechsten Lebensjahr). Der prozentuale Anteil subadulter Individuen (< 20 Jahre) in einer Bevölkerungsgruppe ist in der (Paläo)Demographie ein wichtiges Kriterium, um eine Bevölkerungsstruktur zu charakterisieren. Allgemein wird für ur- und frühgeschichtliche Serien ein hoher Prozentsatz an verstorbenen Kindern postuliert. Die Sulzburger Serie entspricht mit einem Anteil von fast 50% subadulten Individuen diesen Erwartungen, auch wenn der Friedhof nicht vollständig ausgegraben ist.

Tab. 1: Alters- und Geschlechtsverteilung der Skelettindividuen aus Sulzburg (n = 86).

Altersverteilung	**Indiv. (absolut)**	**Indiv. (Prozent)**	
Infans I (0-6 Jahre)	32	37.2	
Infans II (7-13 Jahre)	7	8.2	
Juvenil (14-20 Jahre)	2	2.3	41 Indiv. = 47.7 %
Adult (21-40 Jahre)	18	20.9	
Matur (41-60 Jahre)	8	9.3	
Senil (über 60 Jahre)	5	5.8	
Erwachsen	14	16.3	45 Indiv. = 52.3 %

Geschlechtsverteilung	**Indiv. (absolut)**	**Indiv. (Prozent)**
Weiblich	6	7.0
Weiblich fraglich	14	16.2
Männlich	12	14.0
Männlich fraglich	5	5.8
Unbestimmt	49	57.0

Die Ausgangssituation für die Spurenelementanalysen

Das historische Montanwesen hat nicht nur die natürliche Umwelt geschädigt, es hatte auch erhebliche gesundheitliche Auswirkungen auf die mit dem Abbau und der Verhüttung der Blei-Silber-Erze Beschäftigten und weit darüber hinaus auch auf die Gesamtbevölkerung. Der Bergbau im Sulzburgtal, ca. 35 km südlich von Freiburg, um den es im folgenden im wesentlichen geht, wird urkundlich erstmalig im 11. Jahrhundert erwähnt (Steuer 1990). Beim Blei-Silber-Erzbergbau fallen im Zusammenhang mit der Förderung und Verhüttung grosse Mengen an Bleioxid an, die sich zum geringeren Teil in der Luft, vor allem aber im Boden konzentrieren. Da sich in Sulzburg Bergbau und Siedlung resp. Wohnhäuser in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander befanden, ist die intravitale Belastung mit dem Schwermetall Blei nicht nur für die direkt im Bergbau Beschäftigten, sondern auch für die in unmittelbarer Nähe wohnenden Menschen von Bedeutung. Bei den potentiellen Ursachen für die Schadstoffakkumulation wäre zu differenzieren nach nahrungsbedingter und beruflich bedingter Inkorporation (Bergbau). Letzteres entspräche der Belastung, die über das in der Umwelt vorhandene Mass hinausgeht. Aufgrund der starken Belastung des lokalen Sediments durch Bleioxid ist für die Sulzburger Bevölkerung eine hohe umweltbedingte, intravitale, altersabhängige Inkorporation von Blei über Nahrungs- und Trinkwasserzufuhr zu erwarten.

Der Körper „entgiftet" sich von aufgenommenen Schwermetallen wie Blei derart, dass diese in Körpergeweben „stillgelegt" werden, wobei der spezifische Speicher für Blei das Skelettsystem ist (Schutkowski 1994). Die Inkorporierung von Schwermetallen erfolgt individuell äusserst variabel. Daher reicht es keineswegs aus, die Umweltkonzentration zu messen, um ein Mass für die potentielle Belastung einer Bevölkerung zu erhalten. Um ein Bild von der realen Belastung zu bekommen, müssen vielmehr die Individuen selbst untersucht werden. Das im Skelettsystem von Erwachsenen zu ca. 95% gespeicherte Blei wird überwiegend über die Nahrung und das Trinkwasser (individuelle Belastung) und zu einem geringeren Prozentsatz über die Atemwege und den Hautkontakt (zusätzliche berufliche Belastung) inkorporiert. Aufgrund der Speicherkapazität des Skelettsystems für Schwermetalle wie Blei (und weitere Elemente wie Cd und As) wird Skelettfunden eine Monitorfunktion für die Schadstoffbelastung in historischer Zeit beigemessen (Schutkowski 1994).

Methodische Grundlage der Spurenelementuntersuchungen

Für die Analyse von Spurenelementen stehen heute verschiedene Verfahren zur Verfügung, die sich primär hinsichtlich der Nachweisempfindlichkeit, der Kosten und des Bedienungskomforts unterscheiden (Schutkowski 1994). Die Mehrzahl der Verfahren beruht auf der Abgabe bzw. Aufnahme optischer Strahlung durch Atome (z.B. Atomabsorptionsspektrometrie; vgl. Abb. 2). Weit verbreitet sind auch solche Verfahren, in denen Spektren von Röntgenstrahlung oder Gammastrahlen analysiert werden (z.B. Röntgenfluoreszenzspektrometrie, Elektronen-Mikrosonde u.a.).

Für konventionelle Spurenelementuntersuchungen benötigt man etwa 1 g kompakte Knochensubstanz, die von einem standardisierten Probenentnahmeort entnommen wird (Schutkowski 1994). International hat man sich auf die Entnahme von Femurkompakta aus der Diaphyse geeinigt. Die Probenvorbereitung umfasst eine sehr gründliche Reinigung, anschliessend wird die Probe verascht und eine Stammlösung hergestellt, welche die Grundlage für nachfolgende Analysen bildet (Abb. 3). Einzelheiten der Probenvorbereitung, der Messung, der Qualitäts-

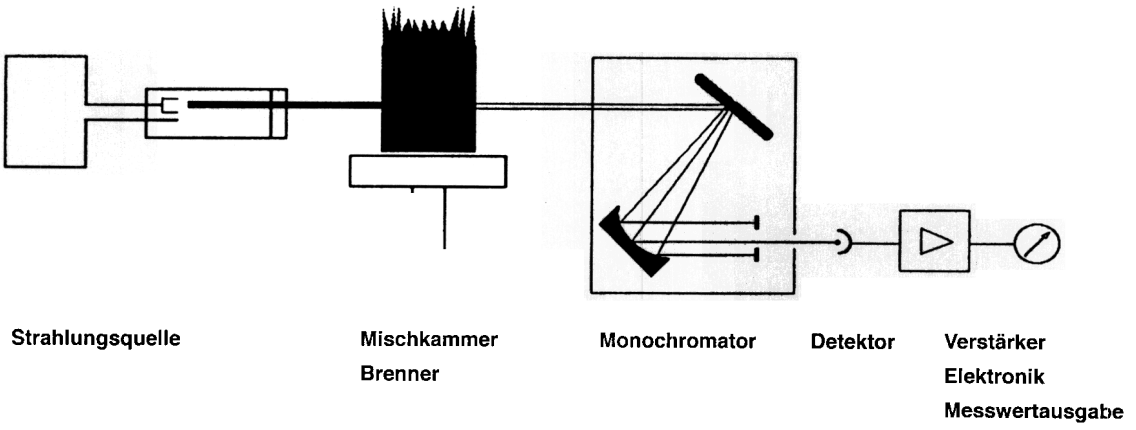

Abb. 2: Prinzipieller Aufbau eines Atomabsorptions-Spektrometers (n. Welz 1983; aus Schutkowski 1994, Abb. 5.1).

kontrolle und der Auswertung sind der Fachliteratur zu entnehmen (vgl. zusammenfassend Schutkowski 1994). Die Konzentrationsangaben für Spurenelemente erfolgen üblicherweise in ppm (parts per million = µg/g).

Ergebnisse aus der Spurenelementuntersuchung

Im vorliegenden Fall hat zunächst das Institut für Anthropologie der Universität Göttingen die umweltanalytischen Untersuchungen an den knöchernen Überresten der Sulzburger Bevölkerung als Auftragsarbeit begonnen. Von allen Individuen der Serie wurden Knochenproben genommen und einer Analyse auf Blei unterzogen. Bei einem ersten Treffen der Projektgruppe Sulzburg berichtete Schutkowski (1997) über erste Ergebnisse dieser Untersuchungen. Erwartet worden waren Messwerte im Bereich unter 100 ppm, gemessen wurden jedoch Werte von einigen 1000 ppm. Der Grund hierfür ist die Tatsache, dass die Knochen der auf dem mittelalterlichen Friedhof von Sulzburg Bestatteten nach dem Zerfall ihrer Weichteile aufgrund von Dekompositionsvorgängen (dabei kommt es zu Austauschvorgängen zwischen Knochen und Bodenmilieu) geradezu mit Blei getränkt wurden. Der in erster Linie interessierende intravitale Befund, d.h. die Höhe der intravitalen Aufnahme an Blei, wird bei den Sulzburger Bestattungen durch eine postmortale Einlagerung von Blei in das Skelettsystem maskiert. Daher konnte die Untersuchung der intravitalen Individualbelastung zunächst nur Nonsensergebnisse liefern.

Die intravitale Belastung mit Blei wird sich im vorliegenden Fall nicht nur auf die unmittelbar im Bergbau beschäftigten Personen beschränken, sondern auch die „Normalbevölkerung" weit über das in der natürlichen Umwelt vorhandene Mass hinaus mitbetreffen. Dies darf aufgrund der hohen Bodenbelastung mit Bleioxid vermutet werden. Die für die Bevölkerung von Sulzburg notwendigen Nahrungsmittel dürften auf Feldern in relativer Nähe zu den Bergwerken produziert worden sein; ebenso wird sich das Schlachtvieh von Pflanzen aus der näheren Umgebung ernährt haben. Auch das Trinkwasser wird vermutlich in unmittelbarer Nähe von Siedlung und Bergwerk verfügbar gewesen sein. Erwähnt wurde bereits, dass die Bleibelastung eines Individuums überwiegend über die Nahrungskette erfolgt und nur in geringem Umfang über die Atemluft und die Hautoberfläche. Insofern ist zu erwarten, dass sich keine

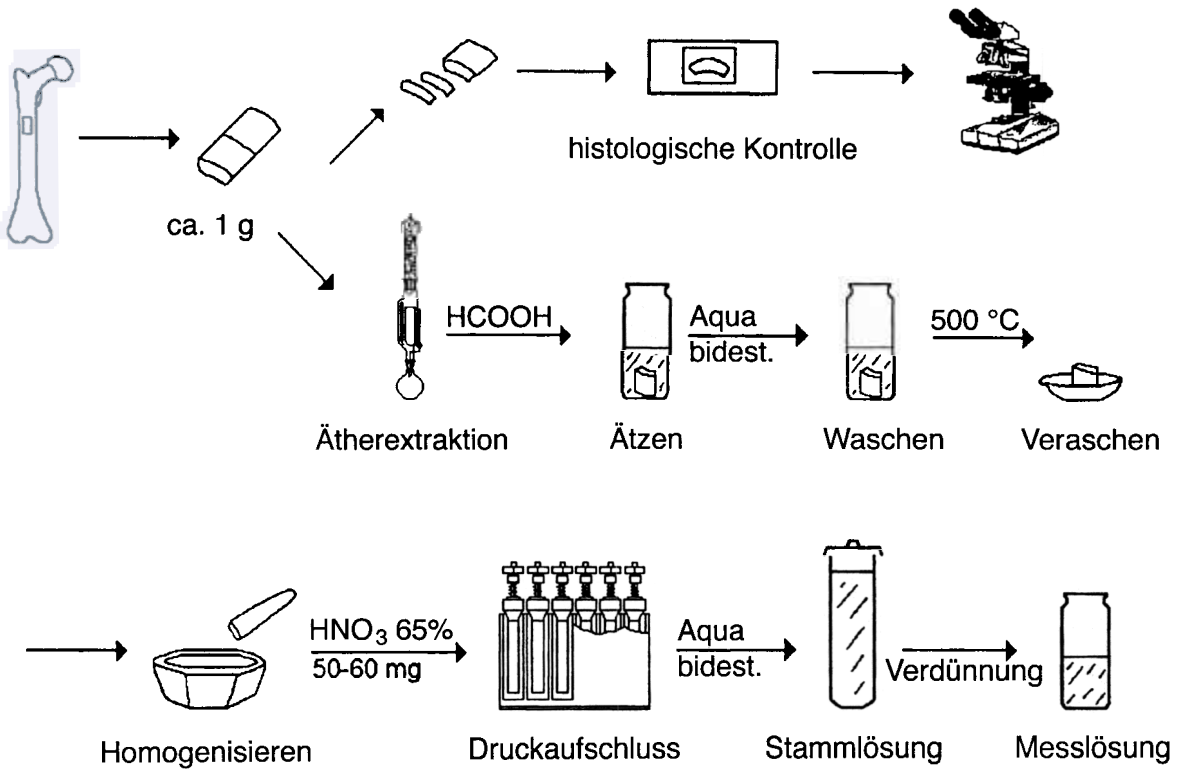

Abb. 3: Schematische Übersicht der Probenvorbereitung für die Spurenelementanalyse (aus Schutkowski 1994, Abb. 5.2).

erheblichen Messunterschiede in der Bleibelastung zwischen dem beruflich exponierten Personenkreis und der Lokalbevölkerung finden lassen.

Wegen der extrem hohen postmortalen Belastung der Knochen durch Bleioxid hatte die konventionelle Spurenelementanalyse – in Unkenntnis der Ausgangssituation – im vorliegenden Fall nicht das erwartete Ergebnis gebracht. Daher wurden Überlegungen angestellt, auf welchem methodischen Wege man sich der Feststellung der intravitalen Bleibelastung noch nähern könnte. Da der postmortale Eintrag von Blei in das Skelett nur über die Knochenoberfläche und nicht über den Stoffwechsel erfolgt sein kann, müsste sich eine deutliche Reduzierung in der Bleibelastung von der Knochenoberfläche in das Knocheninnere abzeichnen.

Die Vermutung, dass sich bei der postmortalen Einlagerung von Blei in den Knochen ein Diffusionsprofil des Bleieintrags zeigen müsste, konnte inzwischen in Pilotprojekten an Knochen- und Zahnproben bestätigt werden (Brenn et al. 1999, Zander 1997). Mittels der Protonen-Induzierten-Röntgenemissions-Methode, unter der Abkürzung PIXE bekannt, konnte der Nachweis geführt werden, dass sich die hohen postmortalen Belastungen von mehreren 1000 ppm an Blei auf die Knochenoberflächen beschränken, während die Werte im Knocheninnern auf relativ konstante Werte abfallen (unter 10 ppm bis etwa 20 ppm; vgl. dazu Abb. 4). In Gegensatz zu den veraschten Knochenproben bei der konventionellen Spurenelementanalyse wurden in unserem Fall dünne Knochenscheiben aus Femur oder Humerus mit einem Laser gescant (Abb. 5). Bei den ermittelten Oberflächenmesswerten wird es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um den postmortalen (Abb. 6), bei den Innenmesswerten um den intravitalen Eintrag an Blei handeln (Abb. 7).

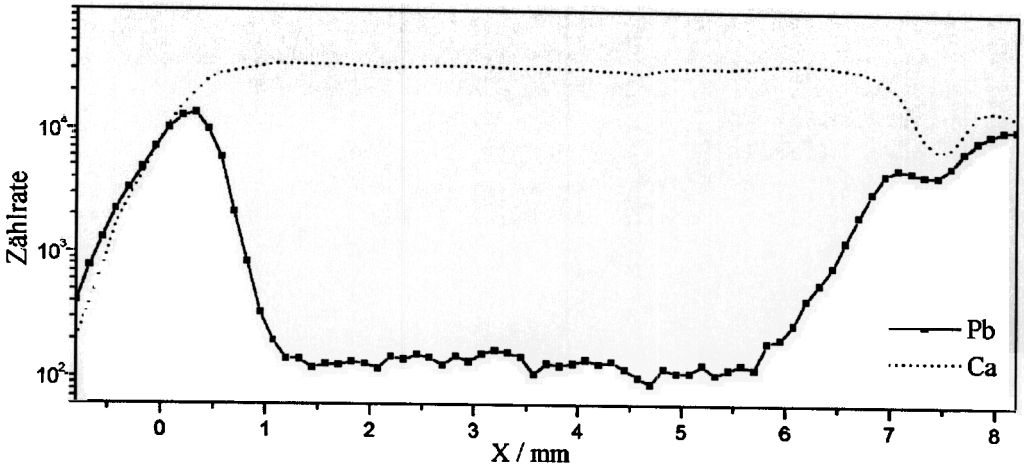

Abb. 4: Verlauf der Blei- bzw. Kalziumlinie im Knochenpräparat. Die Bleikonzentration liegt an der Knochenoberfläche um 2 Grössenordnungen über der im restlichen Knochenmaterial.

In einem gerade angelaufenen, systematisch erweiterten Projekt sollen nun etwa 30 Erwachsene, deren biologisches Alter und Geschlecht anthropologisch bestimmt sind (von den nicht berücksichtigten Individuen fehlen anthropologische Daten), im Hinblick auf ihre Bleibelastung analysiert werden. Untersuchungen an den Kindern sollen sich anschliessen. Da die intravitale Belastung mit Blei verschiedener Gewebe wie Knochen und Zähne schwankt, werden Knochen- und Zahnproben analysiert. Ziel der Studie ist einerseits die Überprüfung einer möglichen Korrelation der Schadstoffakkumulation vom Lebensalter und der vermuteten „beruflichen Tätigkeit" (Bergbau). Weiterhin interessiert das Ausmass der differentiellen Belastung der Geschlechter.

Abb. 5: Sulzburg, Grab 41: Scan bei einem Knochenschliffpräparat vom Femur.

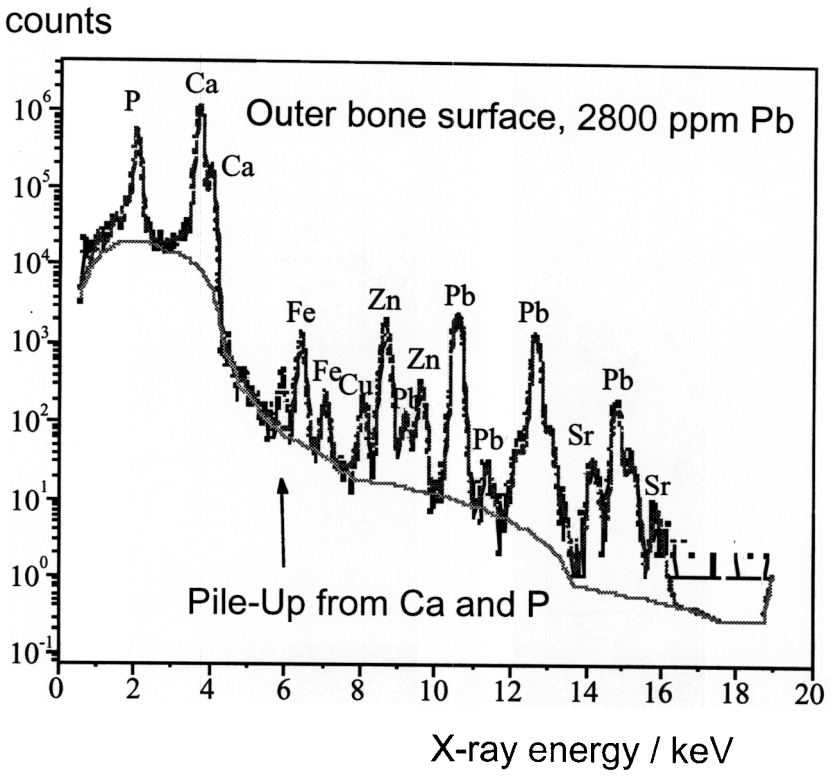

Abb. 6: PIXE-Linienscan von der Knochenoberfläche eines Langknochens. Bleikonzentration von 2800 ppm.

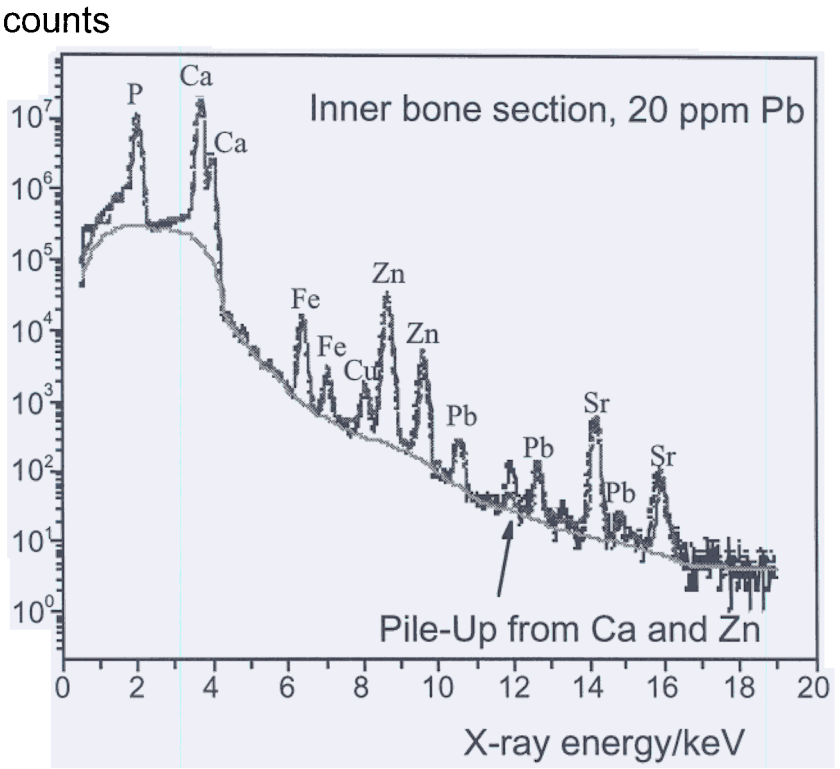

Abb. 7: PIXE-Linienscan vom Knocheninnern. Bleikonzentration von etwa 20 ppm.

Diskussion

Für diejenigen unter ihnen, die sich mit den gegenwärtigen Belastungen und mit den Grenzwerten beim Blei auskennen, werden die für Sulzburg ermittelten Befunde keine Extremwerte darstellen. In den Milchzähnen von Kindern aus Emissionsgebieten findet sich heute nämlich Werte zwischen 50 und 70 ppm Blei (Bannasch 1983, Sonntag 1982). Allerdings kann niemand genau sagen, welche gesundheitlichen Auswirkungen auf die betroffenen Kinder die Belastung hat. Es scheint so, als seien die Inkorporationen – eventuell durch Anpassungsvorgänge – physiologisch verträglich. Die von uns ermittelten Werte für Sulzburg könnten daher – gemessen an der damaligen Normalbevölkerung – durchaus hohe Belastungen darstellen.

Dafür spricht beispielsweise, dass sich in den Wachstumszonen der Langknochen (Femur, Tibia) vieler Kinder und Jugendlicher aus Sulzburg, die bereits radiologisch untersucht wurden, typische Anzeichen chronischer Bleivergiftung finden (Abb. 8). Charakteristisch dafür ist eine fleckige Osteosklerose in den Metaphysen, die auch breitbandig verdichtet sind und sog. Bleilinien oder Bleibänder bilden (Adler 1983). Unter der Einwirkung von Blei kommt es im wachsenden Knochen zur Stimulierung von Osteoblasten einerseits und zur Knochennekrose und Stimulierung der Osteoklasten andererseits. Nach Beendigung der Bleiintoxikation kann ein allmähliches vollständiges Verschwinden dieser Strukturveränderungen erfolgen. Über die toxischen Auswirkungen einer langjährigen Inkorporation von Blei auf die Erwachsenen von Sulzburg kann nur spekuliert werden. Die Arbeitsmedizin nennt in diesem Zusammenhang vor allem Magen-Darm-Störungen, Anämien und Schädigungen des Nervensystems, insbesondere Lähmungen der oberen Extremität (Radialislähmung) (Seidel 1991). Bei extrem hoher Inkorporation von Blei können auch Todesfälle auftreten. Sucht man verlässliche Daten für die aktuelle „normale" Schwermetallbelastung des menschlichen Skeletts, so findet man eine enorme Streuung der publizierten Daten (von 4 ppm bis über 70 ppm), im Durchschnitt rund 25 ppm (Grupe 1991). Hier drängt sich nun die Frage auf, welches denn die Bewertungskriterien sind, nach denen eine gemessene Konzentration als „normal" eingestuft wird? Es gibt nur eines, nämlich das Fehlen oder Auftreten von pathologischen Symptomen. Standardwerte, an denen man sich orientieren könnte, existieren nicht.

Neben einer hohen intravitalen Bleibelastung, die hier wahrscheinlich zum grössten Teil über die Nahrungskette und nur zum geringeren Teil über die berufliche Exposition zustande kam (die gerade angelaufenen systematischen Untersuchungen sollen näheren Aufschluss darüber geben), findet sich eine ganze Reihe spezifischer Erkrankungen und Verletzungen, die die Lebens- und Arbeitsbedingungen der Bevölkerung von Sulzburg charakterisieren helfen. Über diese Untersuchungen wird an anderer Stelle berichtet (Alt et al. im Druck).

Als allgemeines Fazit gilt es festzuhalten, dass es Umweltschäden gibt, seitdem der Mensch Einfluss auf die Umwelt nimmt. Über die Bleibelastung zu historischen Zeiten existieren nach Grupe (1991) bereits so viele Daten, dass zeitliche Trends zu erkennen sind: Werte über 10 ppm konnten für das europäische Mittelalter erst für die frühstädtischen Siedlungen festgestellt werden. Besonders exponiert sind Berufs- und Sozialgruppen, welche Umgang mit Metall oder metallhaltigen Gegenständen hatten. Auch die Skelettreste aus traditionellen Bergbauregionen weisen schon im 10. Jahrhundert n. Chr. Bleigehalte von 75 ppm auf. Diese Menschen waren gegenüber ihren Zeitgenossen bereits hoch kontaminiert. Die frühere Bleibelastung dieser Bergbaugebiete lässt sich heute als „geochemischer hot-spot" nachweisen. Die historischen Schäden waren z.T. bereits früher dramatisch für die jeweilige Umwelt oder auch für die betroffenen Menschen. Aber sie traten geographisch isoliert auf und stellten keine global wirksamen Störungen dar, welche die Zukunft des Planeten Erde

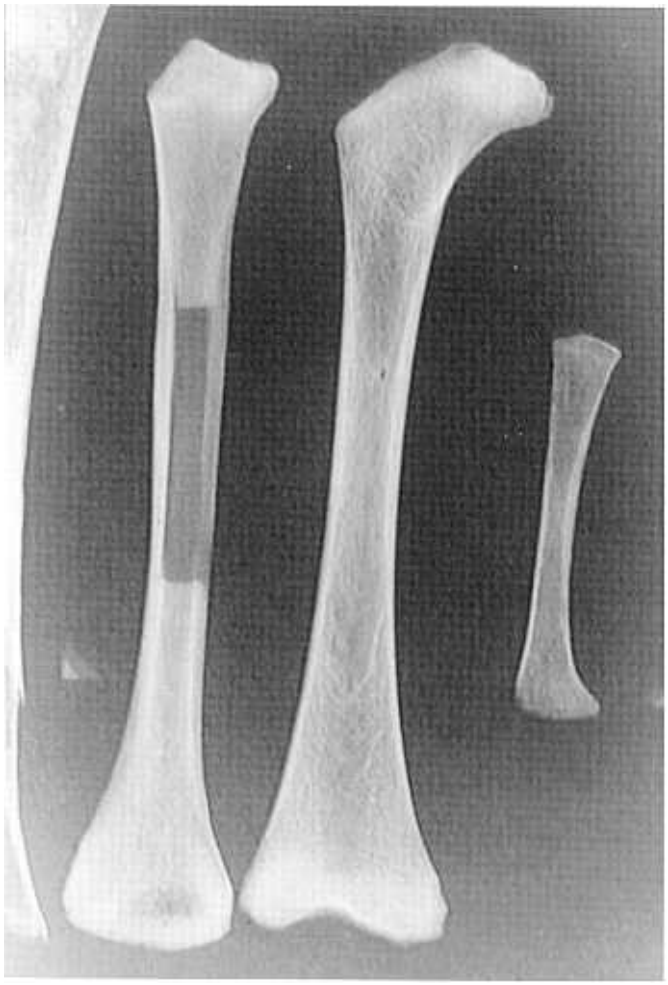

Abb. 8: Langknochen von Kindern aus Sulzburg mit fleckiger Osteosklerose in den Metaphysen.

bedroht hätten. Der Bergbau und das Hüttenwesen gehören zu den Berufssparten, welche die Umwelt seit Jahrtausenden nachhaltig beeinflussen (Abb. 9). Die Kenntnisse über das Ausmass und die konkreten Folgen, sowohl für die betroffene Zeit selbst als auch für die nachfolgenden Epochen, sind jedoch noch spärlich (Goldenberg 1996). Untersuchungen zur Umweltbelastung und zur Schadstoffakkumulation in historischer Zeit sind nicht nur wichtig für die historische Umweltforschung. Sie stellen darüber hinaus eine wichtige Informationsquelle für die moderne Umweltforschung dar, da mit dem Wissen um historische Schadstoffbelastungen und Adaptationen zusätzliche Bewertungskriterien zur Einschätzung heutiger Umweltbelastungen durch Schwermetalle vorliegen.

Als spezielles Fazit sei festgehalten, dass die aus den Pilotstudien gewonnenen Daten zur Bleiakkumulation in der Sulzburger Bevölkerung zwar nur vorläufig sind, jedoch wenig Zweifel an ihrer Gültigkeit bestehen. Bei den folgenden systematischen Untersuchungen sollen vor allem zwei Fragen im Vordergrund stehen: 1) die Überprüfung einer Altersabhängigkeit bei der Bleiinkorporation und 2) der Versuch einer Differenzierung der intravitalen Bleibelastung nach ernährungsbedingter und beruflich bedingter Inkorporation. Bei der geschilderten Sachlage ist zu vermuten, dass sich kaum Unterschiede in der Belastung feststellen lassen. Hinsichtlich der Methodik demonstriert das Beispiel Sulzburg, dass bei wissenschaft-

Abb. 9: Grossflächige Entwaldung im Zuge der Holzkohleproduktion; „Les Charbonniers" (Die Köhler) aus der Bilderfolge von Heinrich Gross (um 1550): La rouge Myne de Sainct Nicolas de la Croix (Vogesen). (aus Goldenberg 1996, Abb. 8).

licher Tätigkeit immer wieder Situationen auftreten, in denen man – methodisch gesehen – konventionelle Wege verlassen und neue technische Möglichkeiten suchen muss, um eine Fragestellung zufriedenstellend zu bearbeiten. Dass dies im Fall von Sulzburg so gut gelang, ist das Verdienst einer engen Zusammenarbeit verschiedenster Disziplinen, hier insbesondere der Anthropologie und Physik.

Literaturverzeichnis

Agricola G. 1556, 1978
De Re Metallica Libri XII. Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen. Agricola-Gesellschaft beim Deutschen Museum (Hg.). 5. Auflage. Düsseldorf.

Adler C.P. 1983
Knochenkrankheiten. Diagnostik makroskopischer, histologischer und radiologischer Strukturveränderungen des Skeletts. Thieme. Stuttgart.

Alt K.W., Lohrke B. 1998
Ernährung und (Zahn-)Gesundheitszustand einer Bergbaubevölkerung des 12. Jh. aus Sulzburg, Kr. Breisgau-Hochschwarzwald. Bull. Soc. Suisse d'Anthrop. 4(2), S. 39-55.

Alt K.W., Lohrke B., Brenn R., Becker T. (im Druck 1999)
Umwelt- und Lebensbedingungen einer mittelalterlichen Bergbaubevölkerung aus Sulzburg (Kr. Breisgau-Hochschwarzwald). Archäol. Informat.

Bannasch J. 1983
Der Bleigehalt in Milchzähnen und die Bedeutung von Blei für den Kariesbefall im Milchgebiss. Med. Diss. Bonn.

Brenn R., Haug Ch., Klar U., Zander S., Alt K.W., Jamieson D.N., Lee K.K., Schutkowki H. (in press 1999)
Post-mortem intake of lead in 11th century human bones and teeth studied by milli- and microbeam PIXE and RBS. Nuclear Instr. Meth.

Goldenberg G. 1996
Umweltbeeinflussung durch das frühe Montanwesen. Beispiele aus dem Schwarzwald. In: Jockenhövel A. (Hg.), Bergbau, Verhüttung und Waldnutzung im Mittelalter. Steiner. Stuttgart. S. 230-246.

Grupe G. 1991
Anthropogene Schwermetallkonzentrationen in menschlichen Skelettfunden. Z. Umweltchem. Ökotox. 3, S. 226-229.

Grupe G., Herrmann B. (Hg.) 1988
Trace elements in environmental history. Springer. Berlin.

Herrmann B. (Hg.) 1994
Archäometrie. Springer. Berlin.

Jockenhövel A. (Hg.) 1996
Bergbau, Verhüttung und Waldnutzung im Mittelalter. Steiner. Stuttgart.

Plinius Secundus der Ältere (1. Jh. AD) 1989
Naturalis historiae, liber XXXIV. Übersetzt von Roderich König (Hg.) und Karl Beyer. Darmstadt.

Schutkowski H. 1994
Spurenelementanalysen. In: Herrmann B. (Hg.), Archäometrie. Springer. Berlin. S. 67-86.

Seidel H.J. 1991
Arbeitsmedizin. In: Reinhardt G., Seidel H.J., Sonntag H.G., Gaus W., Hingst V., Mattern R. (Hg.), Ökologisches Stoffgebiet. Hippokrates. Stuttgart. S. 22-128.

Sonntag L. 1982
Über den Blei- und Cadmiumgehalt des Zahnsteins und der Zähne bei Bewohnern im Gebiet verschiedener Blei- und Zinkhütten. Med. Diss.. München.

Spiong S. 1996
Zum Abschluss der Ausgrabungen in der Bergbausiedlung Sulzburg, Kr. Breisgau Hochschwarzwald. Archäol. Ausgr. in Baden-Württ. 1995, S. 332-338.

Steuer H. 1990
Das Forschungsvorhaben „Zur Frühgeschichte des Erzbergbaus und der Verhüttung im südlichen Schwarzwald". In: Erze, Schlacken und Metalle. Früher Bergbau im Südschwarzwald. Freiburger Universitätsblätter 109, S. 23-32.

Strabo (1. Jh. BC) 1831
Strabo's Geographie. Übersetzt von Karl Kärcher. Stuttgart.

Zander S. 1997
Ortsaufgelöste Multi-Element-Analyse botanischer und archäologischer Proben unter Verwendung der PIXE-Methode. Staatsexamensarbeit Physik. Univ. Freiburg.

Dank

Mein herzlicher Dank für vielfältige Kooperationen beim Projekt „Sulzburg" gilt T. Becker, R. Brenn, G. Goldenberg, C. Haug, B. Hölschen, D.N. Jamieson, U. Klar, H. Kappert, F. Krause, K.K. Lee, B. Lohrke, M. Rauschkolb, H. Schutkowski, H. Steuer und S. Zander.

Anschrift

Univ.-Prof. Dr. Kurt W. Alt
Institut für Anthropologie
der Universität Mainz
Saarstrasse 21
D - 55122 Mainz
E-mail: kalt@mail.uni-mainz.de

Eingang: 19.5.1999

Impressum

Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie
Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie
herausgegeben von der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie (SGA/SSA)
mit Unterstützung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW)

Redaktion:
Susi Ulrich-Bochsler, Bern

Korreferentin (textes français):
Isabelle Gemmerich Pfister, Ennetbaden

Layout:
Andreas Cueni, Aesch

Bezugsort:
Redaktion: S. Ulrich-Bochsler, Historische Anthropologie, Medizinhistorisches Institut der Universität Bern, Fabrikstrasse 29d, CH - 3012 Bern
Telefon 031/631 84 92. Fax 031/631 37 82. E-mail susi.ulrich-bochsler@mhi.unibe.ch.

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Beerli (Zürich) pour l'exposition du Musée d'Anthropologie de l'Université de Zürich

Erscheinungsweise: Vom Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie erscheinen in der Regel zwei Hefte pro Jahr (Frühjahr, Herbst), die zusammen einen Band bilden.

ISSN 1420 - 4835

Bull. Soc. Suisse d'Anthrop. 5(1), 1999, 41-48.

Säuglingsbestattungen im Siedlungs- und Gräberfeldareal der römischen Siedlung Sontheim/Brenz „Braike", Kreis Heidenheim (D)[1]

Barbara Hölschen

Einleitung

In den Jahren 1982 bis 1994 wurde in Sontheim/Brenz, Kreis Heidenheim, eine römische Siedlung mit zwei zugehörigen Gräberfeldern von der Abteilung für Provinzialrömische Archäologie der Universität Freiburg ausgegraben (Nuber/Schaub 1991, Nuber/Kokabi 1992, Nuber/Seitz 1994). Die Siedlung erstreckt sich entlang der römischen Fernstrasse Stuttgart/Bad Cannstatt-Faimingen in der Provinz Raetien und umfasst ein Areal von rund 3.25 ha Grösse (Abb. 1). Die genaue Funktion der Anlage ist bisher nicht geklärt, wobei es sich sicherlich um eine Kombination aus Strassenstation, landwirtschaftlichem Betrieb und sakralem Platz handelt. Die Siedlung wurde um etwa 100 n. Chr. gegründet und bis in die Mitte des 3. Jh. hinein genutzt.

Die Säuglingsbestattungen

Wie in anderen römischen Fundplätzen barg man auch hier eine Anzahl von unverbrannten Säuglingen, also Kinder unter 1 Jahr, die archäologisch und anthropologisch untersucht werden konnten (u.a. Cueni 1997, Dedet et al. 1991, Etter 1991, Kokabi 1988, Scott 1989, Scott 1990, Templin 1993, Wahl 1991, Wahl 1994, Watts 1989).

Kinderbestattungen in Siedlungen werden in der Literatur oft als Sonderbestattungen angesprochen (Schwidetzky 1965). In Gräberfeldern niedergelegte Kinder dagegen betrachtet man als gewöhnliche Bestattungen, trotzdem ihre Zahl meist weit unter der zu erwartenden Menge liegt (Struck 1996). Der Ort Sontheim/Brenz stellt für die Untersuchung von Säuglingsbestattungen einen Idealfall dar, denn hier barg man sowohl im Siedlungs- als auch im Gräberfeldareal kindliche Individuen, die im folgenden behandelt werden.

Von den römischen Schriftstellern Plinius (Nat. hist. 7, 15. 72) und Juvenal (15, 139/140) wissen wir, dass bis zum Durchbruch der ersten Zähne, also bis etwa zum 6. Lebensmonat, die Leichname der Kinder unverbrannt niedergelegt wurden. Danach erst wurde die allgemein übliche römische Sitte der Brandbestattung ausgeübt, was kindliche Leichenbrände aus provinzialrömischen Gräberfeldern zeigen (Struck 1996). Wichtig war vor allem nach dem Tod eines Menschen, dass er aus dem Stadtbereich hinaus gebracht und vor den Toren niedergelegt werden musste.[2] Eine Beschreibung über den Umgang mit verstorbenen Kindern finden wir bei Servius (ad Verg. Aen. 11, 143): *„In Rom pflegte man die Kinder bei Fackelschein*

[1]Nach einem Vortrag, gehalten auf der Jahrestagung der AGHAS am 24. April 1999.
[2] Zwölftafelgesetz: Tafel 10,1. Siehe auch Fellmann 1993.

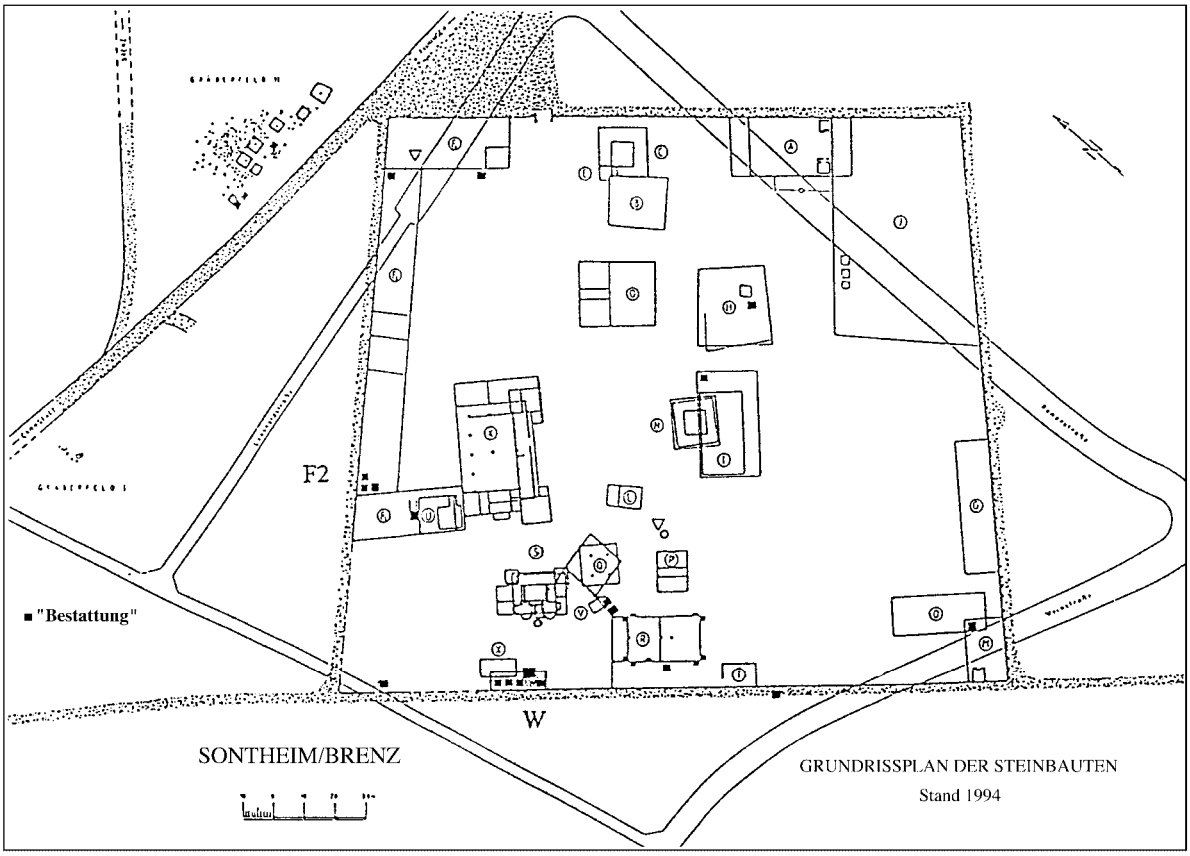

Abb. 1: Gesamtplan der Siedlung Sontheim/Brenz. Die ausgefüllten Quadrate zeigen die Fundpunkte der Säuglingsbestattungen.

aus der Stadt zu tragen, damit nicht durch das Begräbnis unerwachsener Nachkommen das Haus befleckt werde. Dies war vor allem für die Kinder derjenigen von Bedeutung, die ein öffentliches Amt bekleideten.“

Im Gräberfeld II der Siedlung Sontheim/Brenz barg man 22 körperbestattete Säuglinge, die zum Teil in Holzkisten und mit Beigaben ausgestattet niedergelegt wurden. Im Gräberfeld I konnten keine Säuglingsbestattungen ausgegraben werden, was auf die starke Erosion in diesem Gebiet zurückzuführen ist. Abbildung 2 zeigt die genaue Verteilung der Kleinstkinder in Gräberfeld II (ausgefüllte Kreise), wobei keine Bevorzugung eines bestimmten Areals zu erkennen ist. Innerhalb des gesamten Siedlungsbereiches barg man zudem 18 Säuglinge, die nach der Literatur als eine Form von aussergewöhnlichen Sonderbestattungen anzusprechen sind (Etter 1991). Die Bestattungen innerhalb der Gebäude liegen in der Nähe von Wänden bzw. Mauern, wobei bevorzugt Eckbereiche ausgewählt wurden. Ähnliche Ergebnisse erhielten auch Berger (1993) und Struck (1993) in ihren Untersuchungen. Die sakralen Bauten in der Mitte der Siedlung blieben bei der Niederlegung von Kleinstkindern ausgenommen (Abb. 1).[3] Bei der Positionierung der 18 Säuglinge im Siedlungsbereich lassen sich zwei Fundkonzentrationen feststellen, zum einen in Gebäude F2, zum anderen in Gebäude W. Zur Deutung dieser Bauten lässt sich sagen, dass das Gebäude F2 wohl einen grossen Hallenbau

[3]Da aus diesen Bereichen das Tierknochenmaterial nur ungewaschen vorliegt, konnte es noch nicht nach menschlichen Knochen durchgesehen werden.

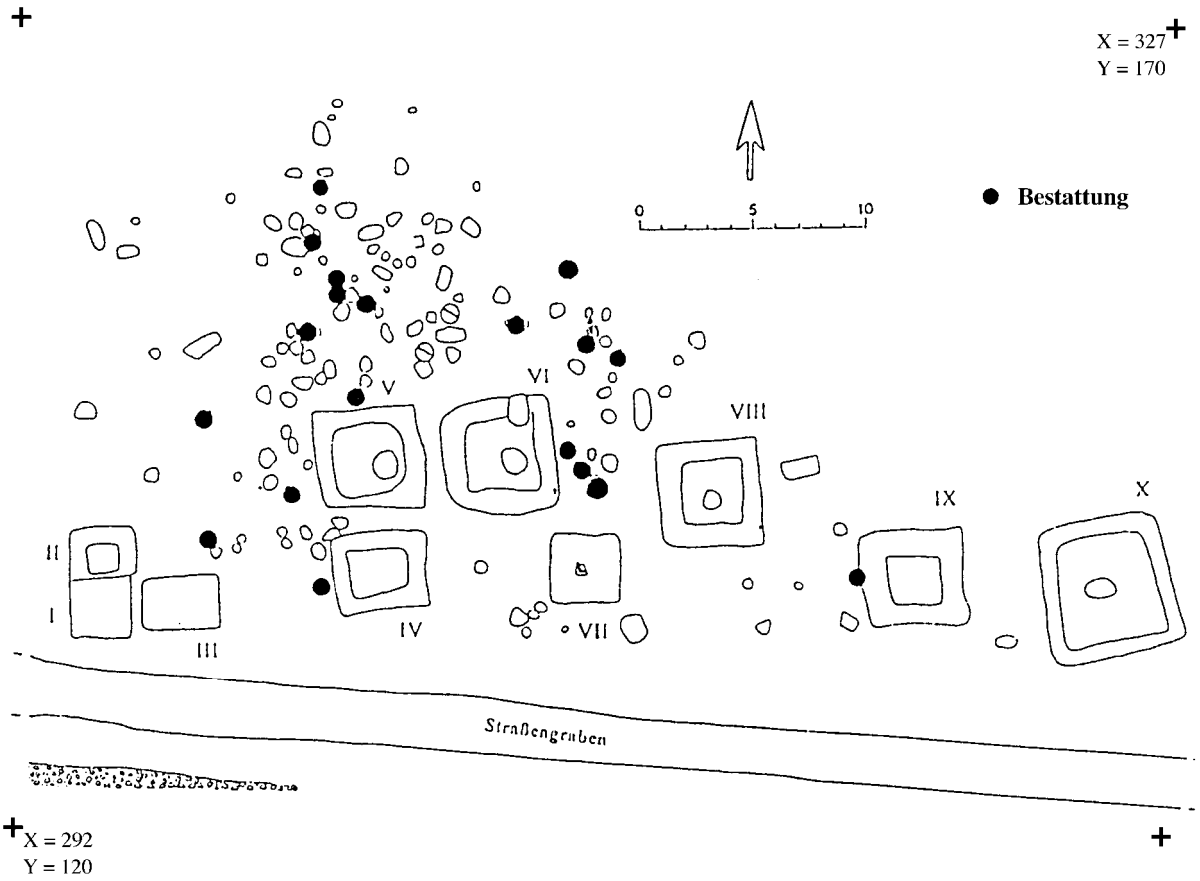

Abb. 2: Gesamtplan des Gräberfeldes II von Sontheim/Brenz. Die ausgefüllten Kreise zeigen die Fundpunkte der Säuglingsbestattungen.

darstellt, der eine Nutzung als Stallung sehr wahrscheinlich macht. Der Bau W wird als Wasserbecken angesprochen. Dieses Reservoir wurde wohl zugunsten des kleineren Beckens X im 3. Jh. aufgegeben und systematisch mit Stampflehm und einer Kalksteinschicht abgedeckt (Nuber/Seitz 1994).

Tab. 1: Die Altersverteilung der Kinder in Gräberfeld und Siedlung Sontheim/Brenz.

Lunarmonate	Gräberfeld II	%	Siedlung	%
6	2	9.1	0	0.0
8-10	3	13.6	9	50.0
> 10	5	22.7	2	11.1
Unbest.	12	54.6	7	38.9
gesamt	22	100.0	18	100.0

Abbildung 3 zeigt die Säuglingsbestattungen aus Gräberfeld und Siedlung im Überblick. Bei einer Gesamtmenge von 40 Kindern fällt auf, dass zu etwa gleichen Teilen (22:18) kindliche Individuen am jeweiligen Ort (Gräberfeld II: Siedlung) beerdigt wurden. Um dieses Phänomen erklären zu können, sollte auf die verschiedenen Altersstufen der Kinder eingegangen werden. Die Altersbestimmung der Säuglinge erfolgte nach Fazekas/Kósa (1978). Die Altersverteilung der Bestattungen im Gräber- bzw. Siedlungsareal (Tab. 1) macht deutlich, dass die

zwei jüngsten Individuen mit 6 Lunarmonaten aus dem Gräberfeld II stammen. Es handelt sich bei beiden Säuglingen um Doppelbestattungen, was bedeutet, dass jedes Individuum zusammen mit menschlichem Leichenbrand innerhalb eines Grabes niedergelegt wurde. Dies könnte damit erklärt werden, dass es sich bei dem verbrannten Individuum um die Mutter handelt, die bei der Geburt des noch unterentwickelten Kindes mit verstarb. Bevor allerdings nicht die Leichenbrände untersucht sind, kann darauf keine Antwort gegeben werden.[4]

Die grösste Anzahl von Säuglingen innerhalb der Siedlung umfasst die Kinder zwischen 8 und 10 Lunarmonaten. Es wird dieser Entwicklungszeitraum zusammengefasst, da ab dem 8. Lunarmonat kindliche Individuen biologisch so vollständig entwickelt sind, dass sie bei der Geburt überleben können. Wann allerdings der Tod genau eintrat, ob kurz vor, während oder kurz nach der Geburt, oder aber erst nach einigen Tagen, kann nicht geklärt werden. Dazu ist die Variabilität von Körperlänge und Körpergewicht kindlicher Individuen zu gross, wie entsprechende Daten rezenter Populationen belegen (Grefen-Peters 1999). In beiden Arealen von Sontheim/Brenz kommen gleich alte Individuen vor. Dabei ist zu fragen, welche Gründe für die unterschiedlichen Bestattungsorte von Ausschlag sind. In älterer Literatur werden Bestattungen von kindlichen Individuen in Siedlungen als bequeme Beseitigung von Totgeburten angesprochen, die in bestimmten Arealen „entsorgt“ wurden. Ebenso taucht der Begriff Kindstötung immer wieder auf, weil man z.B. fehlgebildete Kinder, die nicht den Normen entsprachen, an einem versteckten Platz „verscharrte“. Hierzu schreibt Seneca (de ira 1, 15.2; ähnlich auch Liv. ab urbe cond. 15, 2.37.5.) folgendes: *„Missgeburten merzen wir aus und Kinder, wenn sie zu schwächlich und missgestaltet sind, ertränken wir. Nicht Zorn, sondern Vernunft bewegt uns dazu, das Unnütze vom Gesunden zu trennen“*. Solche Missbildungen, die sich im Knochenmaterial widerspiegeln, wurden in Sontheim/Brenz nicht festgestellt.[5] Pathologische Veränderungen zeigten sich bei einigen Individuen im Mittelohrbereich. Sie lassen sich auf schwere Entzündungen in diesem Bereich zurückführen. Treten zu einem solchen Krankheitsbild noch feuchte Wohnverhältnisse und ein schwaches Immunsystem auf, kann dies bei einem Kind zum Tode führen (Schultz 1979). Weitere Pathologica tauchen im Material von Sontheim/Brenz nicht auf, die einen Hinweis auf die unterschiedlichen Bestattungsareale der Säuglinge geben könnten.

Ob das Geschlecht des Kindes mit dem Ort der Bestattung zusammenhängt, kann mit metrischen Methoden festgestellt werden (Schutkowski 1990). Die Schwierigkeit bestand bei dem Knochenmaterial von Sontheim/Brenz allerdings darin, dass nicht immer die für die Messung erforderlichen Fragmente erhalten blieben.[6]

Beleuchten wir mit Hilfe der Schriftquellen den Zeitraum von der Geburt eines Kindes und seiner ersten Lebenstage. Hierzu schreibt der Arzt Soranus von Ephesos (Soranos 26, 79), der um 100 n. Chr. in Rom lebte und praktizierte in seinem Werk über die Gynäkologie

---

[4]Die Verfasserin wird als Dissertation die beiden Gräberfelder der Siedlung Sontheim/Brenz archäologisch und anthropologisch untersuchen.

[5]Die bei der AGHAS-Tagung angesprochene Torsion eines linken Femurs kann als Geburtsfehler diagnostiziert werden, der durch das natürliche Wachstum des Knochens aber ausgeglichen und behoben sein wird, wenn das Individuum länger gelebt hätte. Dies bedeutet, dass das Kind wohl nicht an dieser Fehlstellung gestorben ist. Ob es deswegen aber vielleicht getötet wurde, kann nicht gesagt werden. Mein Dank gilt hier Herrn Dr. Th. Böni von der Paläopathologie der Universität Zürich, der mir hierzu die passende Literatur nannte (Exner 1990).

[6]Die Geschlechtsbestimmung über die aDNA wird z. Zt. von Prof. Dr. G. Grupe vom Institut für Humangenetik und Anthropologie der Universität München durchgeführt.

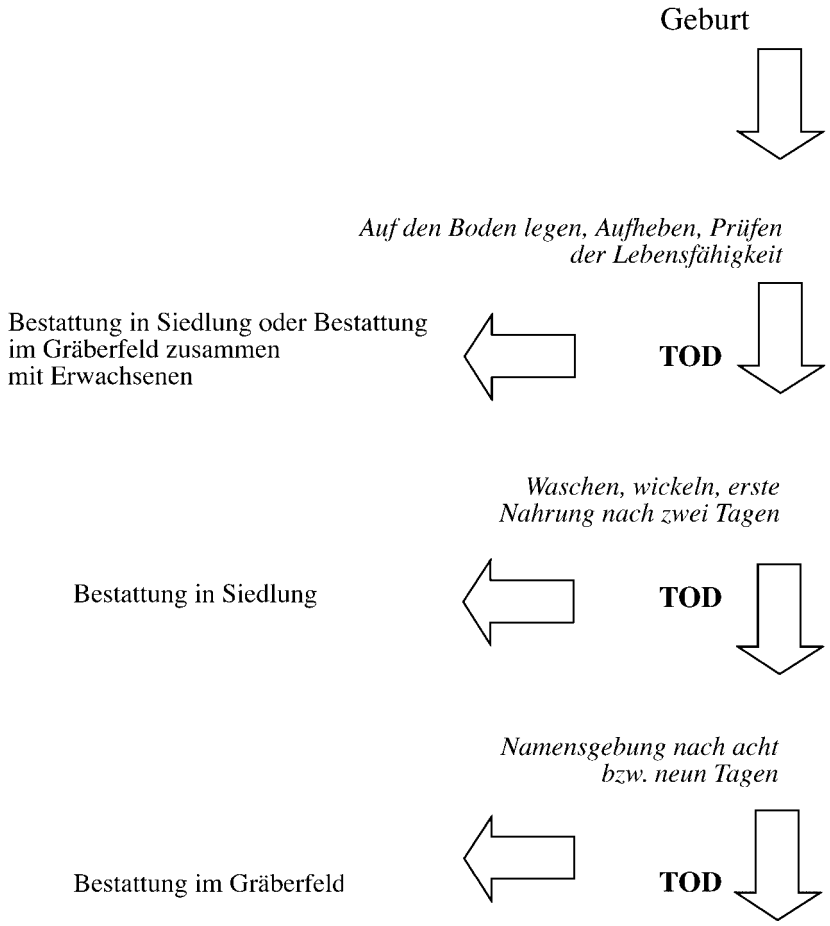

Abb. 3: Der römische Geburtsritus im Schema dargestellt. Tritt der Tod bei einer Stufe ein, ergeben sich daraus die verschiedenen Bestattungsorte.

folgendes: *„Die Hebamme hat das Kind unmittelbar nach der Geburt zunächst auf den Boden zu legen, zu unterscheiden, ob es männlich oder weiblich sei und das Ergebnis dieser Untersuchung nach Weibersitte zu verkünden (...) Wenn sich das Kind ein wenig von dem durch die Geburt verursachten Schock erholt hat, soll man es aufheben und die Trennung der Nabelschnur vornehmen.(...) Nach dem Waschen erfolgt das Wickeln des Kindes. (...) Nachdem man den Säugling gewickelt und gelagert hat, soll er ruhen, und in den ersten zwei Tagen soll ihm keine Nahrung gereicht werden"*.

Die Quelle spricht die kritischen Stunden bzw. Tage kurz nach der Geburt an, in denen es zum Tod des Kindes kommen kann. Verstreicht diese Spanne, ohne dass Komplikationen auftreten, erfolgt das Ritual der Namensgebung. Macrobius (1, 16. 36) berichtet dazu folgendes: *„Bei den Römern gibt es eine Göttin Nundina. Ihr Name wird abgeleitet vom neunten Tag der Neugeborenen, der dies lutricus heisst. Dieser Tag der Reinigung ist nämlich der Tag, an dem die Kinder gewaschen werden und ihren Namen erhalten. Bei den Jungen ist es der neunte, bei den Mädchen der achte Tag"*. Nach dem Bericht von Macrobius wäre es also möglich, dass der Sterbezeitpunkt vor den *dies lutricus*, den Tagen der Namensgebung, eine Rolle gespielt hat, an welchem Ort der Säugling niedergelegt wurde. Die Kleinkinder, die

noch keine wirkliche Identität durch einen Namen besassen, bestattete man im Siedlungsareal. Die Kinder mit einem Namen wurden auf dem Gräberfeld niedergelegt, wahrscheinlich oberirdisch gekennzeichnet. Die Einteilung in verschiedene Stationen von der Geburt bis zu den Tagen danach, soll in dem Schaubild (Abb. 3) deutlich werden.

Zwei Individuen aus der Siedlung, die über 10 Lunarmonate alt wurden, fallen aus der „Regel“ heraus. Es sind biologisch gesehen Kinder, die mehrere Tage bzw. einige Wochen alt wurden, bevor sie starben. Hier wäre es durchaus möglich, dass es sich um sogenannte Spätgeburten handelt, die überlang im Mutterleib verblieben, obwohl sie biologisch vollständig entwickelt waren. Statistisch gesehen treten solche Phänomene von zweiten und dritten Kindern einer Frau auf (Hosemann 1949).

Abschliessend sei darauf hingewiesen, dass diese Überlegungen lediglich für den Fundplatz Sontheim/Brenz angestellt werden können und auf andere römische Siedlungsplätze nur schwer übertragbar sind. Dabei bleibt zu wünschen, dass das Phänomen der Kinderbestattungen aus beiden Bereichen, Siedlung und Gräberfeld, zu weiteren Untersuchungen anregt.

Dank

Für die Möglichkeit, die Säuglinge der Siedlung Sontheim/Brenz zu bearbeiten, danke ich Herrn Prof. Dr. H. U. Nuber, Universität Freiburg. Dieser Aufsatz stellt eine kurzen Überblick über die im Sommersemester 1999 an der Universität Freiburg eingereichte Magisterarbeit dar, die von Herrn Prof. Dr. H. U. Nuber (Abt. für Provinzialrömische Archäologie) und Herrn Prof. Dr. K. W. Alt (Institut für Humangenetik und Anthropologie) wissenschaftlich betreut wurde.

Literatur

Berger L. 1993
Säuglings- und Kinderbestattungen in römischen Siedlungen der Schweiz – ein Vorbericht. In: Struck M. (Hg.), Römerzeitliche Gräber als Quellen zur Religion, Bevölkerungsstruktur und Sozialgeschichte. Mainz. S. 319-328.

Cueni A. 1997
Die Säuglingsbestattungen. In: Fetz H., Meyer-Freuler Chr., Triengen, Murhubel. Ein römischer Gutshof im Suretal. Arch. Schr. 7. Luzern. S. 415-418.

Dedet B., Duday H., Tillier A.-M. 1991
Inhumations de foetus, nouveau-nés et nourissons dans les habitats protohistoriques du Languedoc: l´exemple de Gailhan (Gard). Gallia 48, S. 96f.

Etter Hu.F. 1991
Zu den Säuglingsbestattungen im Vicus Vitudurum-Oberwinterthur. In: Ber. Zürcher Denkmalpfl. Arch. Monogr. 10. Beitr. z. röm. Oberwinterthur 5. Zürich. S. 179-184.

Exner E. 1990
Normalwerte in der Orthopädie. Göttingen.

Fellmann R. 1993
Texte zum Grabrecht und Grabbrauch: In: Struck M. (Hg.), Römerzeitliche Gräber als Quellen zur Religion, Bevölkerungsstruktur und Sozialgeschichte. Mainz. S. 11-15.

Grefen-Peters S. 1999
Zur Altersbestimmung prä- und postnataler Skelettindividuen unter besonderer Berücksichtigung aktueller methodischer Aspekte. Anthrop. Anz. 57(2), S. 123-146.

Hosemann H. 1949
Schwangerschaftsdauer und Neugeborenengrösse. Archiv f. Gynäkologie 179, S. 124-134.

Kokabi M. 1988
Viehhaltung und Jagd im römischen Rottweil. Mit Beiträgen von Klee M. und Wahl J. In: Arae Flaviae IV. Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg 29. Stuttgart. S. 218-225.

Fazekas I.G., Kósa M.D. 1978
Forensic Fetal Osteology. Akadémiai Kiadó. Budapest.

Nuber H.U., Schaub A. 1991
Fortsetzung der Ausgrabungen im römischen Gräberfeld Sontheim/Brenz „Braike", Kr. Heidenheim. Arch. Ausgr. Baden-Württemberg, S. 174-177.

Nuber H.U., Kokabi M. 1992
Mensch und Tier im römischen Gräberfeld von Sontheim/Brenz „Braike", Kr. Heidenheim. Arch. Ausgr. Baden-Württemberg, S. 198-203.

Nuber H.U., Seitz G. 1994
Strassenstation Sontheim/Brenz „Braike", Kr. Heidenheim. Arch. Ausgr. Baden-Württemberg, S. 156-164.

Schultz M. 1979
Zeichen akuter und chronischer Entzündungen des Mittelohres an frühgeschichtlichem Skelettmaterial. HNO 27, S. 77-85.

Schutkowski H. 1990
Zur Geschlechtsbestimmung von Kinderskeletten. Morphologische, metrische und diskriminanzanalytische Untersuchungen. Göttingen.

Schwidetzky I. 1965
Sonderbestattungen und ihre paläodemographische Bedeutung. Homo 16, S. 230-247.

Scott E. 1989
Animal and infant burials in Romano-British villas. A revitalization movement. J. Theor. Arch. 4, S. 115-121.

Scott E. 1990
A critical review of the interpretation of infant burials in Roman Britain, with particular reference to villas. J. Theor. Arch. 1, S. 30-40.

Struck M. (Hg.) 1993
Römerzeitliche Gräber als Quellen zur Religion, Bevölkerungsstruktur und Sozialgeschichte. Mainz.

Struck M. 1993
Kinderbestattungen in romano-britischen Siedlungen – der archäologische Befund. In: Struck M. (Hg.), Römerzeitliche Gräber als Quellen zur Religion, Bevölkerungsstruktur und Sozialgeschichte. Mainz. S. 313-318.

Struck M. 1996
Römische Grabfunde und Siedlungen im Isartal bei Ergolding, Ldkr. Landshut. Materialh. Bayer. Bodendenkmalpfl. 71. Kallmünz.
Templin O. 1993

Die Kinderskelette von Bettingen im Kanton Basel-Stadt. Eine paläopathologische Untersuchung. Göttingen.

Wahl J. 1991
Die Menschenknochen. In: Frey S., Bad Wimpfen I. Osteologische Untersuchungen. Forsch. u. Ber. Vor- und Frühgesch. Baden-Württemberg. Stuttgart, S. 160-167.

Wahl J. 1994
Menschliche Knochenreste. In: Gaubatz-Sattler A., Die Villa rustica von Bondorf, Lkr. Böblingen. Forsch. u. Ber. Vor- und Frühgesch. Baden-Württemberg. Stuttgart, S. 327-332.

Watts D.J. 1989
Infant burial in Romano-British Christianity. Arch. J. 146, S. 372-383.

Anschrift

Barbara Hölschen
Universität Freiburg
Abt. Provinzialrömische Archäologie
Glacisweg 7
D - 79098 Freiburg
E-mail: hoelschb@ruf.uni-freiburg.de

Eingang: 13.8.99

Impressum

Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie
Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie
herausgegeben von der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie (SGA/SSA)
mit Unterstützung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW)

Redaktion:
Susi Ulrich-Bochsler, Bern

Korreferentin (textes français):
Isabelle Gemmerich Pfister, Ennetbaden

Layout:
Andreas Cueni, Aesch

Bezugsort:
Redaktion: S. Ulrich-Bochsler, Historische Anthropologie, Medizinhistorisches Institut der Universität Bern, Fabrikstrasse 29d, CH - 3012 Bern
Telefon 031/631 84 92. Fax 031/631 37 82. E-mail susi.ulrich-bochsler@mhi.unibe.ch.

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Beerli (Zürich) pour l'exposition du Musée d'Anthropologie de l'Université de Zürich

Erscheinungsweise: Vom Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie erscheinen in der Regel zwei Hefte pro Jahr (Frühjahr, Herbst), die zusammen einen Band bilden.

ISSN 1420 - 4835

Läsionen der Knochenoberfläche an einem jungbronzezeitlichen Leichenbrand[1]

Tanya Uldin

Abstract

A Bronze Age cremation from Northern Germany shows an area of damaged bone surface. The destruction is ascribed to gnaw marks probably caused by pig or carnivore taxa. Furthermore a period of time between death and cremation is evident.

Einleitung

Während der Durchsicht jungbronzezeitlicher Brandbestattungen aus Mecklenburg-Vorpommern fiel die veränderte Oberflächenstruktur einiger Fragmente auf. Die Bearbeitung der Leichenbrände ist jedoch noch nicht beendet, so dass hier nur eine kurze Vorstellung des Materials und des Befundes erfolgt.

In der Nähe des Weilers Sudenhof, Lkr. Ludwigslust, wurde 1996 durch das Landesdenkmalamt Mecklenburg-Vorpommern eine Fläche von etwa 1.2 ha untersucht. Neben kaiserzeitlichen Siedlungsresten und Bestattungen wurde ein Gräberfeld der jüngeren Bronze- und älteren Eisenzeit ausgegraben. Zur Untersuchung lagen 35 Brandbestattungen der jüngeren Bronzezeit vor. Diese repräsentieren nur einen Teilbereich des Gräberfelds, da sich der südliche Teil unterhalb und jenseits einer angrenzenden Strasse befindet. Ausserdem ist der prähistorische Laufhorizont durch Erosion gestört, so dass mit einem zusätzlichen Verlust von Bestattungen zu rechnen ist. So erbrachten auch die zehn zum Gräberfeld gehörenden Hügel der älteren Eisenzeit nur wenige Reste einer einzigen Brandbestattung (Oberrath im Druck).

Die Erhaltung der Leichenbrände ist relativ schlecht, wobei die Fragmentgrösse im Schnitt bei 1-2 cm liegt. Der Kalzinierungsgrad kann als durchgehend hoch und mit der Stufe V nach Wahl (1982) bezeichnet werden; damit liegt die Brenntemperatur über 800°C. Nur wenige Fragmente und einige Tierknochen zeigen einen geringeren Verbrennungsgrad. Metallbeigaben konnten indirekt durch kupferoxidverfärbte Fragmente nachgewiesen werden. Jedoch liess sich die Geschlechtsbestimmung nur in einigen Fällen archäologisch bestätigen (Uldin in Vorb.).

Befund

An der rechten Tibia der Bestattung Nr. 98, die als spätadultes, eher weibliches Individuum anzusprechen ist, zeigen sich im Bereich lateral und distal des Foramen nutritium Verände-

[1] Nach einem Vortrag, gehalten auf der Jahrestagung der AGHAS am 24. April 1999.

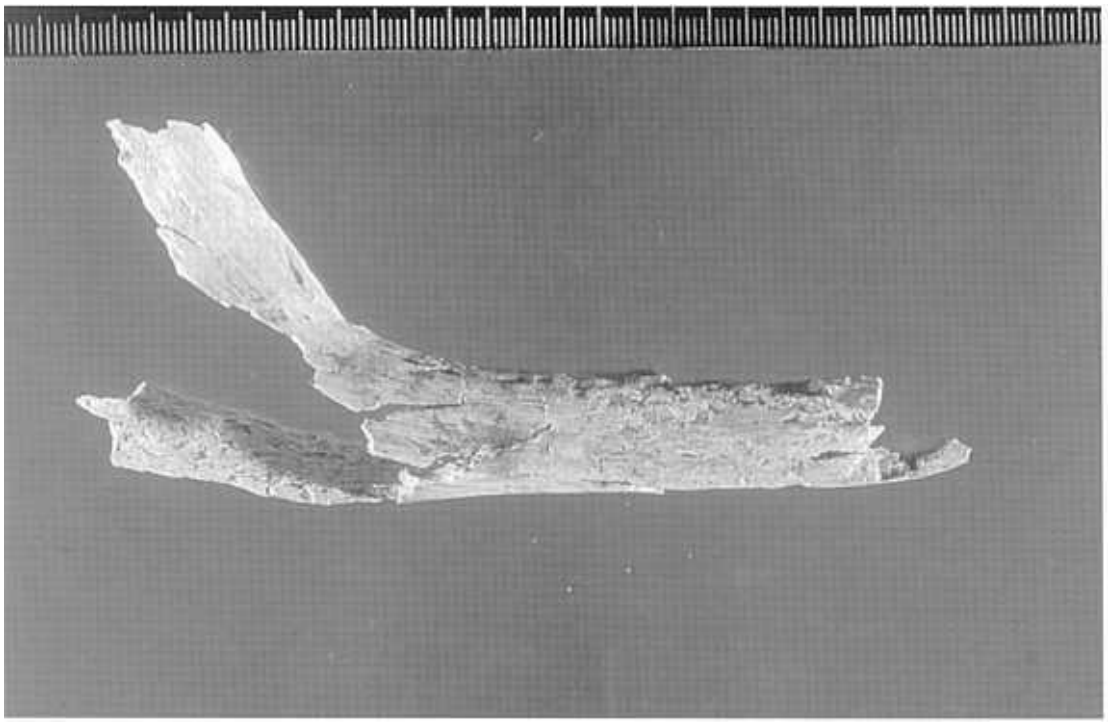

Abb. 1: Tibia (Bef.Nr. 98) mit Oberflächenläsionen. Blick auf die Facies posterior, die etwas nach unten verkippt ist. Links distal und rechts proximal.

rungen der Kompaktaoberfläche (Abb. 1). Das betroffene Areal zieht sich von proximal lateral nach distal medial. Kennzeichnend sind die aufeinanderfolgenden, teilweise sehr feinen rundlichen Vertiefungen, welche kleine intakte Kompaktafelder abgrenzen (Abb. 2). Die Läsionen scheinen zum Teil gerichtet zu verlaufen, wobei sie nach proximal hin schwächer werden. In den distalen Schaftbereich gehört auch ein Fragment mit Oberflächenbeschädigung, das nicht genau eingepasst werden konnte (Abb. 3).

Diskussion

Die Durchsicht aller Fragmente klärte zunächst die Frage, wann die Beschädigung der Kompakta entstand. Die hitzebedingten Risse und Sprünge belegen die Bildung vor der Verbrennung. Sie unterteilen die betroffene Fläche und beweisen somit, dass die Läsionen durch ein Ereignis vor ihrer Entstehung hervorgerufen wurden (Abb. 1).

Das Vorhandensein der Defekte begrenzt sich auf den rechten Tibiaschaft, obwohl annähernd alle Skelettelemente durch 1300 g Leichenbrand repräsentiert werden. Bei keinem weiteren Fragment ist die Oberfläche in dieser Weise verändert. Geht man jedoch davon aus, dass die Ursache der Beschädigungen Verwitterung ist, so sollten sich zumindest an den Skelettelementen der unteren Körperhälfte weitere derartige Bereiche befinden. Zudem lässt die Oberflächenstruktur keine Ähnlichkeit mit den von Behrensmeyer (1978) publizierten Verwitterungsstadien der Kompakta erkennen.

Als eine Alternative wäre die intentionelle Beschädigung durch Artefaktgebrauch z.B. bei der Totenbehandlung zu diskutieren. Diese Defekte hier sind aber klar von bekannten Schnitt-,

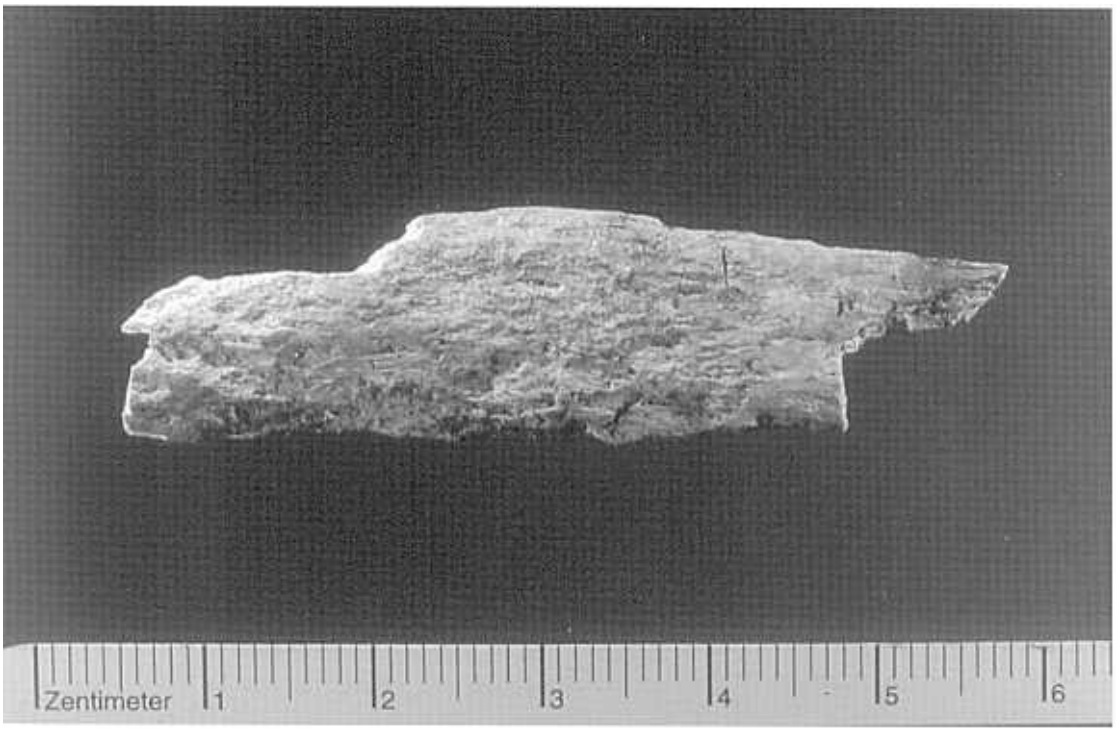

Abb. 2: Tibiafragment (Bef.Nr. 98) aus der Schaftmitte vor der Anpassung in einer etwas vergrösserten Aufnahme. Links distal und rechts proximal.

Schlag- und Hauspuren abzugrenzen (vgl. Herrmann 1972, Eickhoff 1984, Lyman 1994, Orschiedt 1999).

Die lokale Begrenzung der Läsionen, die Kompaktainseln wie auch der gerichtete Verlauf und die aufeinanderfolgenden Vertiefungen sprechen, der Erfahrung mit Knochen aus Kollektivgräbern nach, für Tierverbiss (Eickhoff 1984, Uldin 1996). Nagerverbiss kann dabei ausgeschlossen werden, denn es handelt sich hier nicht um gleichmässige parallele Vertiefungen, wie sie durch deren Incisivi hervorgerufen werden (Weyrich 1932, Wells 1967, Eickhoff 1984). Spuren von Nagetieren, die alle nach dem Verbrennen entstanden, konnten nur an schwächer verbrannten Tierknochen festgestellt werden. Raubtierverbiss ist dagegen oft durch Lochdefekte (Canini) und durch längliche Rillen (Incisivi, z.T. Canini) gekennzeichnet (Haynes 1980, 1983, Eickhoff 1984). Diese dicht aufeinanderfolgenden rundlichen Vertiefungen hier deuten jedoch auf den Gebrauch von mehrhöckerigen Zähnen hin. Dabei müssen als mögliche Ursache neben den Prämolaren und Molaren karnivorer Arten (Palmqvist et al. 1996) auch die vom Schwein (mündl. Mitteilung R. Ebersbach, Basel) in Betracht gezogen werden. Ob andere Tiergruppen wie z.B. aasfressende Vögel, Insekten oder auch Schnecken (mündl. Mitteilung R. Ebersbach, Basel) Läsionen dieser Art hervorrufen, bleibt ebenso zu klären.

Leider liegt bisher keine systematische Dokumentation zur tierartlichen Unterscheidung von Bissspuren an Knochen vor. Auch ist die Veränderung solcher Oberflächenläsionen unter Einfluss von Witterung bzw. Feuer nicht geklärt. Welche Umstände bei der Veränderung der Kompaktaoberfläche eine Rolle gespielt haben, kann sich eventuell im Experiment klären lassen.

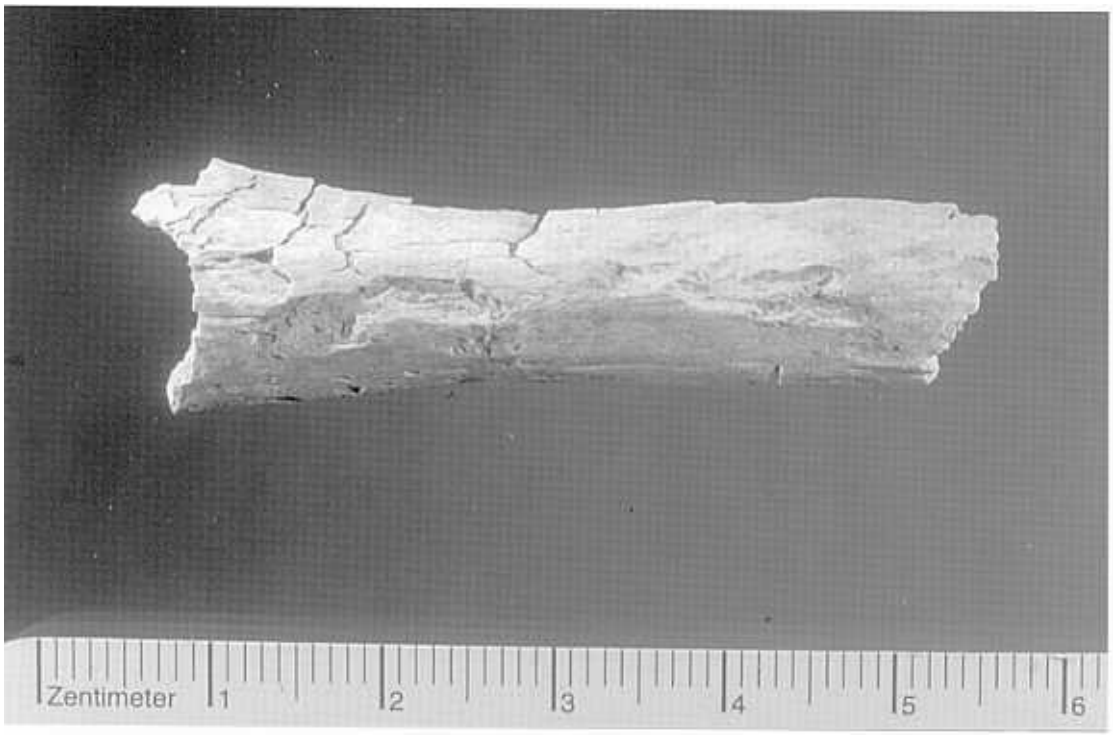

Abb. 3: Nicht anzupassendes Tibiafragment (Bef.Nr. 98) aus dem distalen Schaftbereich. Oberflächenläsionen im proximalen Abschnitt. Links distal und rechts proximal.

Unabhängig davon belegt dieser Befund, dass es einen gewissen Zeitraum zwischen Tod und Verbrennung gab. Wenn auch ein Einzelfund keine Aussage zur Bestattungssitte erlaubt, so hat man hier doch einen Hinweis auf die Lagerungsbedingungen bzw. auf die Liegezeit des Verstorbenen vor der Kremation. Im Vergleich mit weiteren Bestattungen dieser Region wird sichzeigen, ob wir es hier mit einem Einzelereignis oder mit einer intentionellen Totenbehandlung zu tun haben.

Literatur

Behrensmeyer A.K. 1978
Taphonomic and ecologic information from bone weathering. Paleobiology 4(2), S. 150-162.

Eickhoff S. 1984
Die Oberflächenläsionen am neolithischen Skeletmaterial des Kollektivgrabes von Odagsen, Kr. Northeim. Diplomarb. Univ. Göttingen.

Haynes G. 1980
Evidence of carnivore gnawing on Pleistocene and Recent mammalian bones. Paleobiology 6(3), S. 341-351.

Haynes G. 1983
A guide for differentiating mammalian carnivore taxa responsible for gnaw damage to herbivore limb bones. Paleobiology 9(2), S. 164-172.

Herrmann B. 1972
Das Combe Capelle-Skelet. Ausgr. in Berlin 3, S. 7-69.

Lyman R.L. 1994
Vertebrate Taphonomy. Cambridge Univ. Press. Cambridge.

Oberrath S. (im Druck)
Bronze- und Eisenzeitliche Gräber von Sudenhof, Kr. Ludwigslust. Jahrb. Bodendenkmalpfl. Mecklenburg-Vorpommern.

Orschiedt J. 1999
Manipulationen an menschlichen Skelettresten. Taphonomische Prozesse, Sekundärbestattungen oder Anthropophagie? Urgeschichtliche Materialhefte Bd. 13. MoVince-Verlag. Tübingen.

Palmqvist P., Martínez-Navarro B., Arribas, A. 1996
Prey selection by terrestrial carnivores in a lower Pleistocene paleocommunity. Paleobiology 22(4), S. 514-534.

Uldin T. 1996
Das neolithische Kollektivgrab II von Grossenrode, Stadt Moringen, Ldkr. Northeim. Die Bearbeitung der Menschen- und Tierknochenfunde. Magisterarb. Univ. Tübingen.

Uldin T. (in Vorb.)
Die jungbronzezeitlichen Brandbestattungen von Sudenhof, Kr. Ludwigslust. Jahrb. Bodendenkmalpfl. Mecklenburg-Vorpommern.

Wells C. 1967
Pseudopathology. In: Brothwell D., Sandison A.T. (eds.), Diseases in Antiquity. Charles C: Thomas, Publisher. Springfield, Illinois, USA.

Wahl J. 1982
Leichenbranduntersuchungen. Ein Überblick über die Bearbeitungs- und Aussagemöglichkeiten von Brandgräbern. Prähist. Zeitschr. 57, S. 1-125.

Anschrift

Tanya Uldin
Brunnenstrasse 16/25
D - 72074 Tübingen
E-mail: uldin@swol.de

Eingang: 13.8.99

Impressum

Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie
Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie
herausgegeben von der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie (SGA/SSA)
mit Unterstützung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW)

Redaktion:
Susi Ulrich-Bochsler, Bern

Korreferentin (textes français):
Isabelle Gemmerich Pfister, Ennetbaden

Layout:
Andreas Cueni, Aesch

Bezugsort:
Redaktion: S. Ulrich-Bochsler, Historische Anthropologie, Medizinhistorisches Institut der Universität Bern, Fabrikstrasse 29d, CH - 3012 Bern
Telefon 031/631 84 92. Fax 031/631 37 82. E-mail susi.ulrich-bochsler@mhi.unibe.ch.

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Beerli (Zürich) pour l'exposition du Musée d'Anthropologie de l'Université de Zürich

Erscheinungsweise: Vom Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie erscheinen in der Regel zwei Hefte pro Jahr (Frühjahr, Herbst), die zusammen einen Band bilden.

ISSN 1420 - 4835

The Neandertal Find of Neuwarendorf: molecular genetic evidence and perspectives

Michael Scholz and Carsten Pusch

Zusammenfassung

Die Analyse der Erbsubstanz DNA aus prähistorischen und fossilen Knochenproben ist in den letzten Jahren zu einer der grössten Herausforderungen für die Paläanthropologie geworden. Das gilt um so mehr, als mit den Methoden der modernen Genetik vergleichbare Ergebnisse erzielt werden konnten.

Die Isolation der fossilen DNA (fDNA) aus einer etwa 2 cm^2 grossen Knochenprobe aus dem Os parietale des Fundes von Neuwarendorf (Scholz/Pusch 1998) wurde nach den allgemein bekannten notwendigen Vorarbeiten unter Anwendung der bewährten MCM-Technik (Scholz/Pusch 1997) durchgeführt. Die systematische Einordnung des Fundes in den Primatenstammbaum erfolgte mittels einer fDNA/DNA-Hybridisierung, die hier erstmals mit Erfolg durchgeführt werden konnte. Das Ergebnis dieser Reihenuntersuchung war eindeutig. Die zur taxonomischen Bestimmung eingesetzten Primatenspezies zeigten im Gegensatz zu verschiedenen anderen Säugetieren ein positives Signal im Autoradiogramm.

Nach der erfolgreichen Extraktion und Verifikation der fDNA aus dem eiszeitlichen Menschenrest von Neuwarendorf ist es nun unser Ziel, weiterführende Analysen folgen zu lassen. In der nächsten Zeit wird es unsere Aufgabe sein, fossile DNA präzise auf bestimmte Sequenzen hin abzutesten, um genauere Einblicke in Struktur und Aufbau der Erbsubstanz fossiler Individuen zu erhalten. Es steht ausser Frage, dass die bislang erzielten, sehr ermutigenden Ergebnisse dazu beitragen werden, die vergleichsweise junge Disziplin der Paläogenetik künftig zu einem festen Bestandteil anthropologischer Forschung avancieren zu lassen. Mit ihrer Hilfe eröffnet sich die Möglichkeit, das phylogenetische Geschehen um die Entstehung des modernen Menschen auf eine objektivere Basis zu stellen.

The isolation and examination of the hereditary molecule DNA (desoxyribonucleic acid) from prehistoric and fossil bone samples has become one of the biggest challenges in anthropology within the past years. By using specially developed and/or adapted genetic methods it is possible under laboratory conditions to extract and analyse portions of DNA from individual skeletons in states of good preservation. This data can provide far more specific answers to palaeanthropological questions than one would expect solely by morphologic comparison. The palaeanthropologic description of the find from Neuwarendorf (Czarnetzki/Trellisó Carreño in preparation) and the soon to be presented molecular biological examination, clearly establish the *Os parietale* as the fossil remains of a late Neandertal man (fig. 1).

The greatest difficulty in palaeogenetic examinations of fossil bone samples is the predominantly highly fragmented condition of the fDNA (fossil DNA). The DNA macromolecule presents a code system which contains all the information about the individual structure of each organism (fig. 2a). After the death of the individual, the DNA naturally decomposes and decays

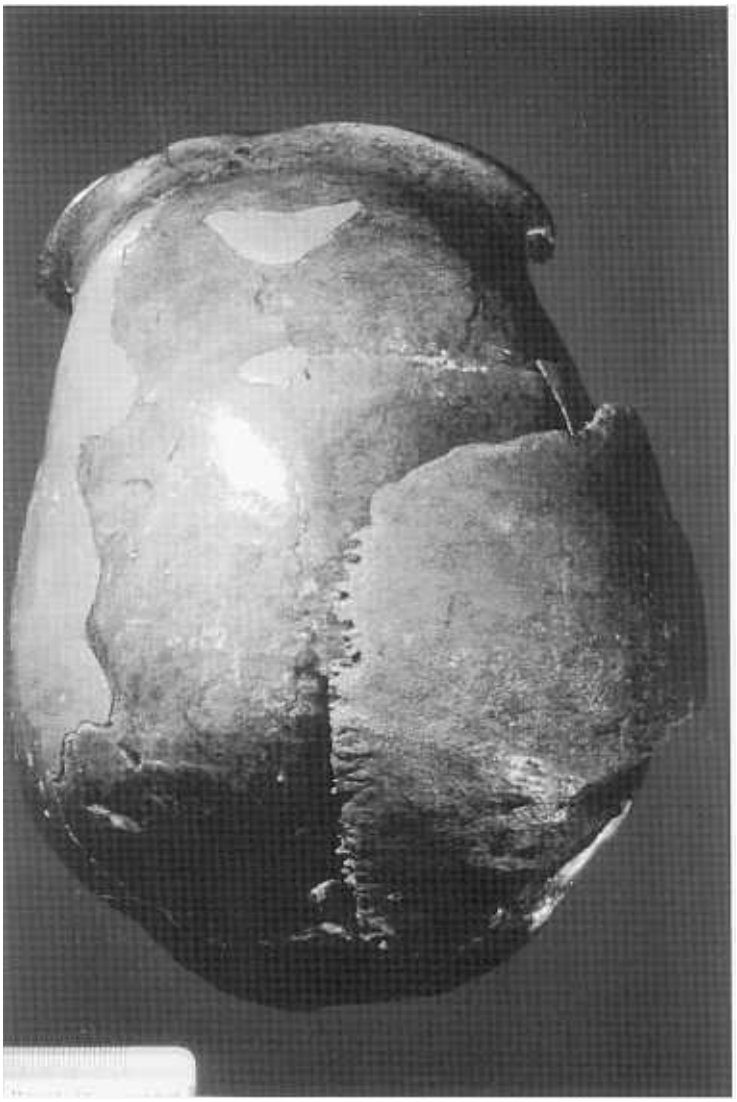

Fig. 1: Cranial view of the right *Os parietale* from Neuwarendorf. The skull fragment covers the corresponding position of the original calvaria from the Neanderthal.

along with the rest of the organism. Further degradation occurs during the period of storage in the soil as a result of biochemical reactions. Under the best conditions, however, fragments of the DNA are preserved in the bone. These can be examined with suitable molecular biology techniques (fig. 2b). In addition to degradation of DNA a major problem is the possibility of contamination of the bone samples with recent DNA. Recent contamination could occur, for example, due to the use of non-sterile materials and tools, or improper handling when taking the bone samples. If a sample is contaminated it is useless for subsequent analysis, because in laboratory procedures such as the polymerase chain reaction (PCR) the recent and more intact DNA will always falsify the results. The strict adherence to various precautions when taking and extracting samples, as well as the introduction of special controls during further analysis (positive/negative controls), can limit the danger of contamination to a large extent. All steps for the extraction of fDNA are performed in sterile conditions (*e.g.*, clean bench, Bachofer). Sterility during the single steps is further guaranteed by wearing latex gloves and face masks. Equipment and containers which are used for the storage or handling of the bone powder in the various cleaning steps (Stone powder, Acetone, Propan-2-ol) are sterilised prior to use. Radia-

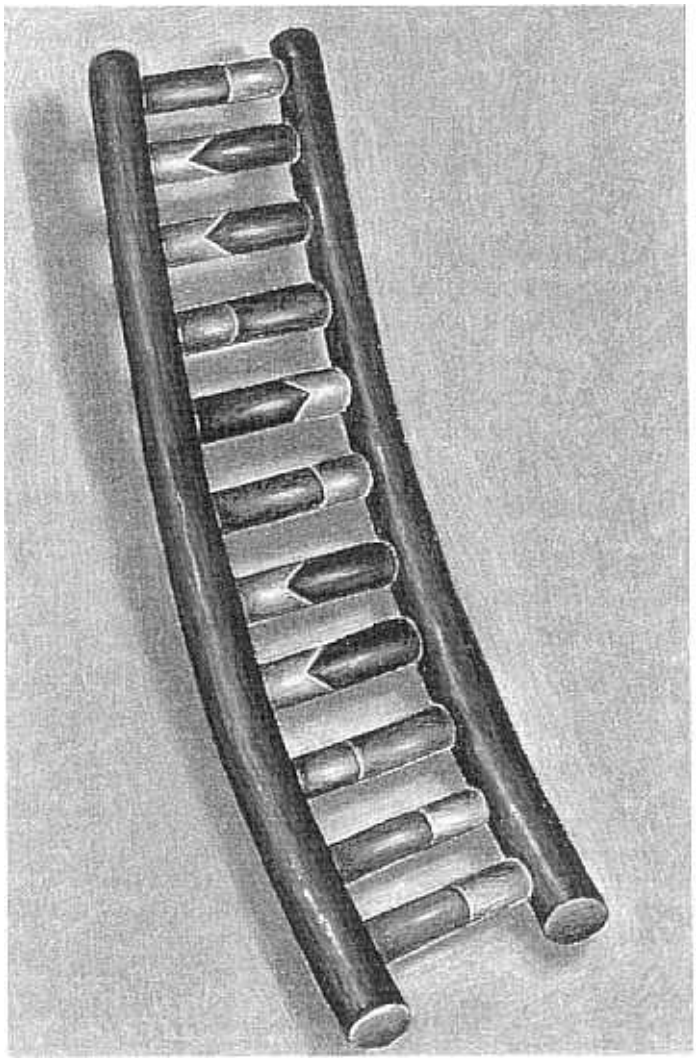

Fig. 2a: Schematic drawing showing the structure of an intact DNA molecule. Nucleic acids are chain molecules of great length without any branches. Such macro molecules (polymers) are composed of units (monomers) linked to each other. The components of the nucleic acids are called nucleotides. These consist of a sugar-phosphate group and a nitrogenous organic ring link, termed a base for short, because of its weak basic reaction. The sugar and phosphate remains of the nucleotide components of DNA are identical throughout the length of the chain, and thus the genetic information is fixed in the bases. Since DNA forms an inverted double strand (double helix), the strands are complementary to each other with respect to their base composition. The specific base pairing is between A:T and C:G (shown by different colours and morphology of the connection). (All drawings: Dr. Claus P. Jakob, Nürnberg).

tion treatment with UV C light over a period of approximately 6 hours is used to purge working areas of contaminating DNA. The decontamination of used containers and tools is performed by two washing procedures with DNA and DNase dissolving chemicals.

For the extraction of DNA from the Warendorf skull fragment, a bone sample was taken from the occipital part of the *Os parietale*. The crack in the bone at that point was extended with a hand cutter (DBP Supra; Kaltenbach & Voigt/Biberach). A recovered bone piece of approximately 2 cm^2 was smoothed (about 1-3 mm of the surface) on all sides with a special cutting head (Orthodontros™) to remove possible contamination on the bone surface. The bone piece

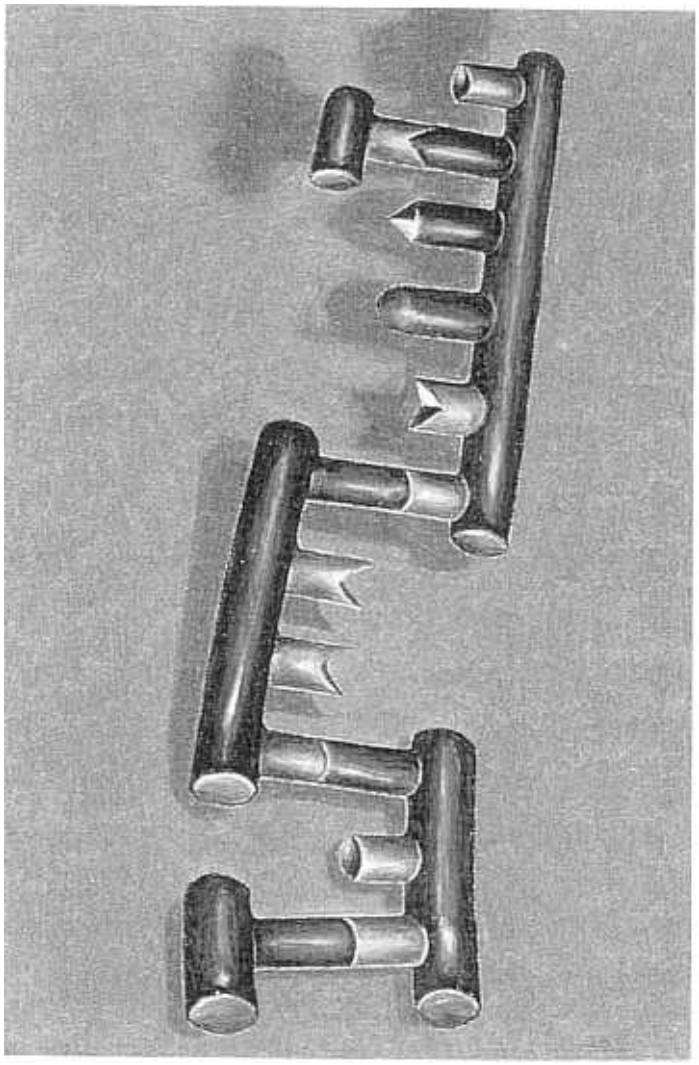

Fig. 2b: Different properties (condition of soil, weather and storage milieu) lead to greater or lesser amounts of degradation of the DNA over the course of time. This is indicated here by gaps within the molecule.

was then ground mechanically to a fine powder with a grinder and sterile agate mortars to increase the surface area for the following lysis and extraction steps. The bone powder is routinely stored in sterile containers at room temperature and dry surroundings prior to further analysis steps. From the described sample size, about 2.5 g of bone powder was extracted. The isolation of the fDNA was carried out according to the Mix & Clean method (MCM) developed by our team (Scholz/Pusch 1997). This is an efficient, but nevertheless gentle extraction method[1]. Following the initial isolation a special collagenase method was used to remove po-

[1] An efficient and fast recipe for the isolation of prehistoric or fossil DNA is offered by the Mix & Clean method (MCM). In an Eppendorf reaction vessel 0.2 g of bone powder were mixed with 500 µl Mix-I-buffer, 100 µl Sephadex G-50 and 1 Vol. phenol. The suspension was vigorously vortexed for about two minutes. To guarantee an efficient mix of all components the reaction tube was left on a shaker for max. 20h at 40°C at 200rpm. The separation of the phases was effected for at 12.500 g in a microfuge (5 min). The aqueous phase was transferred to a new 1.5 ml vessel. Another PCI-extraction followed, the aqueous layer was precipitated by Propan-2-ol and 20 µg glycogen. The DNA pellet was air-dried and then re-suspended in 500 µl Mix-II-buffer. To sufficiently remove e.g. humic acids, carbohydrates and collagen structures the PCI step was repeated several times without adding glycogen (necessary in only 4 extractions). The DNA pellet was washed in 70% EtOH for 15 min, gently vortexed and centrifuged. The drying of the pellet was performed slowly at room temperature (RT); the DNA was resuspended in 10-15 µl of TE (pH 7.5) or kept for further use at -20°C.

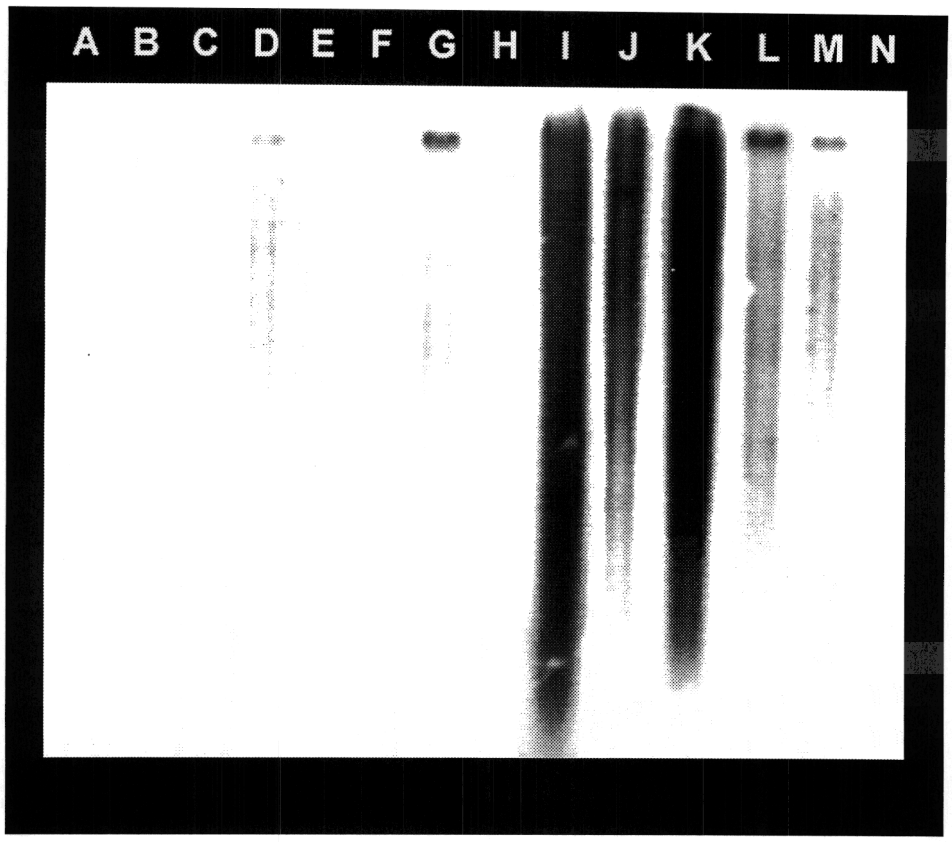

Fig. 3: This X-ray picture shows the hybridisation of the radioactively labelled fDNA probe of the Warendorf find to recent totally genomic DNAs of various species.
Lane A: negative control (no DNA template); B: *E. coli*; C: *Physarum* spec.; D: sheep; E: cat; F: dog; G: pig; H: cow; I: human; J: chimp; K: gorilla; L: orang-utan; M: baboon; N: DNA size marker λ/Hind.III. Hybrids were only detected in lanes I to M.

tential PCR inhibitors (Scholz et al. 1998)[2]. In addition, an enzymatic treatment to improve the quality of the fDNA (Pusch et al. 1998)[3] was carried out after the MCM extraction. When the concentrated liquid isolate was available for further analysis, we performed an assay for similarity to primate DNA.

The taxonomic determination was made by fDNA/DNA hybridisation. A radioactively labelled nucleic acid probe of the Warendorf find was hybridised onto a solid matrix containing various covalently bound DNAs of recent organisms. These total genomic DNA samples which were

[2] For this 0.2U collagenase and 1.5U dispase were diluted in 100 µl PBS buffer (without Mg2+/Ca2+) and mixed in a 1.5 ml reaction vessel together with the bone powder. After 1.5h at 37°C on the vortex 20 µl 0.5M EDTA were added to stop the enzyme reaction.

[3] To prepare raw isolates of fDNA for the probe labelling reaction we carried out a repair reaction using the enzymes DNA polymerase I from E. coli and T4-DNA ligase. The total volume was 50 µl, and included 5 µl 10x polymerase I-buffer, 2.5U E.coli DNA polymerase I, 50-100 ng fDNA isolate, and 0.4mM per each dNTP dissolved in H2Odd. The reaction was carried out in a water bath at 37°C for 60-90 min, and was then incubated for 20 min at 70°C. Existing gaps within the duplex strands were closed by using T4-DNA ligase. For this setting up 20-100 ng polymerase-treated DNA was mixed with 2 µl 10x ligase buffer and 0.5U ligase enzyme at a volume of 20 µl. The ligase reaction was performed for 1h according to a temperature profile of the temperature cycle ligation (TCL). Following both reactions, the sample was purified 3-times by glass wool/Sephadex G50 columns and 5 PCI extractions. After DNA precipitation and a 10 min treatment of the pellet in 70% EtOH, the improved DNA was air-dried and subsequently dissolved in 10-15 µl of TE buffer (pH 8.0).

digested with the restriction endonuclease *EcoR* I were first separated by electrophoresis on a 1% agarose gel, and then fixed on nylon membranes (Southern 1975) under denaturating conditions by the classic alkaline transfer method. The fDNA of the Warendorf find was heavily diluted before being added to a buffered solution. The labelling reaction with the radionuclide was performed according to the manufacturer's instructions (ICN). The stringency parameters of the actual hybridisation reaction were such that only in the case of greatest similarity between probe-fDNA and probed DNA was a detectable signal made visible via autoradiography (blackening on the X-ray film). The result of this mass screening was as follows: the DNAs of the vertebrate species cat, dog, sheep, pig and cow as well as *Physarum spec.* and *Escherichia coli*, were negative, whereas the examined primate species (baboon, orang-utan, gorilla, chimpanzee and man), on the other hand, showed positive hybridisation (fig. 3). A quantification of the intensity of the signal within the series, however, was not possible since the signals were dependent on the chosen reaction parameters and DNA quality (data not shown). The compatibility of various reference nucleic acids with the fDNA is explained by the high similarity between sequence blocks within the genomes of higher anthropoidea. At this point it should be indicated that this is the first time that a taxonomic determination of a fossil find by fDNA/DNA hybridisation has been performed. In summary, the successful use of fDNA/DNA hybridisation positions the fossil find from Warendorf outside the tested series of lower vertebrate species (negative hybridisation). The positive hybridisation of the tested primates on the other hand clearly indicate a classification of the find into the primate phylogenetic tree and thus a close relative of modern man.

The successful extraction and verification of the fDNA from the late pleistocene bone remains from Warendorf now shows the way towards further and more detailed analysis (DNA sequence analysis). In the near future it will be our task to test this fDNA precisely for certain sequences to gain an even more detailed insight into structure and construction of the hereditary molecule of this fossil individual. All results which are based on the analysis of fDNA fragments must undergo the most rigorous audit for authenticity to exclude artificial results prior to being included in the scientific discussion. It is our view that the encouraging results obtained so far will contribute to the relatively young discipline of palaeogenetics, and will become a useful component of palaeanthropologic research.

Literature

Czarnetzki A., Trellisó Carreño L. (in preparation)
Das Fragment eines Os parietale des klassischen Neandertalers aus Warendorf-Neuwarendorf. Ausgrabungen und Funde in Westfalen-Lippe 10.

Pusch C., Giddings I., Scholz M. 1998
Repair of degraded duplex DNA from prehistoric samples using *Escherichia coli* DNA polymerase I and T4 DNA ligase. Nucleic Acids Research 26(3), p. 857-559.

Scholz M., Pusch C. 1997
An efficient isolation method for high-quality DNA from ancient bones. *Technical Tips Online* (http://www.elsevier.com/locate/tto) T01045.

Scholz M., Giddings I., Pusch C. 1998
A Polymerase Chain Reaction Inhibitor of ancient hard and soft Tissue DNA Extracts is determined as human Collagen Type I. Analytical Biochemistry 259, p. 283-286.

Scholz M., Pusch C.M. 1998
Neandertaler DNA: genetische Untersuchungen am fossilen Schädelfragment von Warendorf. In: Begleitbuch zur Ausstellung *Neandertaler und Co.* im Westfälischen Museum für Archäologie Münster, p. 18-21.

Southern E.M. 1975
Detection of specific sequences separated by gel electrophoresis. J. Mol. Biol. 98, p. 503-517.

Anschriften

Michael Scholz
Institut für Ur- und Frühgeschichte
Abteilung. Archäobiologie
Universität Tübingen
Eugenstrasse 40
D - 72072 Tübingen
und
Osteologische Sammlung
der Universität Tübingen
Wilhelmstrasse 27
D - 72074 Tübingen
E-mail: michael.scholz@uni-tuebingen.de

Carsten Pusch
Augenklinik II
Abteilung Molekulare Genetik
Universität Tübingen
Auf der Morgenstelle 15
D - 72076 Tübingen

Eingang: 8.1.99

Impressum

Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie
Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie
herausgegeben von der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie (SGA/SSA)
mit Unterstützung der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (SANW)

Redaktion:
Susi Ulrich-Bochsler, Bern

Korreferentin (textes français):
Isabelle Gemmerich Pfister, Ennetbaden

Layout:
Andreas Cueni, Aesch

Bezugsort:
Redaktion: S. Ulrich-Bochsler, Historische Anthropologie, Medizinhistorisches Institut der Universität Bern, Fabrikstrasse 29d, CH - 3012 Bern
Telefon 031/631 84 92. Fax 031/631 37 82. E-mail susi.ulrich-bochsler@mhi.unibe.ch.

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Beerli (Zürich) pour l'exposition du Musée d'Anthropologie de l'Université de Zürich

Erscheinungsweise: Vom Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie erscheinen in der Regel zwei Hefte pro Jahr (Frühjahr, Herbst), die zusammen einen Band bilden.

ISSN 1420 - 4835

Identifizierung und Typisierung nativ-klonierter prähistorischer DNA-Sequenzen am Beispiel der 1.500 Jahre alten Einzelbestattung 26 aus dem Gräberfeld von Neresheim (Baden-Württemberg/D)

Carsten Pusch und Michael Scholz

Abstract

A total of 1,700 plasmid clones derived from individual Ne 26 at the burial site of Neresheim (Germany) were partially screened and characterized by hybridization with a number known DNA sequence probes. In order to avoid contaminating DNA, the 1,500-year-old human „primary" DNA was carefully isolated from the prehistoric bone remains. The distinct presence of repetitive elements within Ne 26-specific ancient DNA (aDNA) was an unexpected finding. Moreover, we detected a novel low copy-number 25 nucleotide repeat which as a tandem dimmer was capable of binding with nuclear proteins from man and ape only. The 25 nucleotide repeat bound to a 10.2 kDa and a 77.5 kDa protein from human and chimpanzee nuclear protein extracts, respectively. A connection between the severe state of Morbus Scheuermann in Ne 26 and the multiple appearance of this novel tandemly organized repeat-motif is also discussed.

Einleitung

Das rezente wie auch prähistorische menschliche Genom des Menschen ist ein komplexes Konstrukt einer makromolekularen Kodierungseinheit. Bis heute hat man nur über einen Bruchteil des menschlichen Erbgutes eine detaillierte Kenntnis. Sequenzierungsbestrebungen, die einmal das gesamte Erbgut dekodieren sollen, werden weltweit im Rahmen des Human Genome Project (HUGO) forciert und koordiniert. Ein Ende dieser Bemühungen ist aber dennoch nicht abzusehen. Bis zum vollkommenen Verständnis über Aufbau und Struktur des humanen Organismus und dessen Funktionsweise wird es daher noch ein weiter Weg sein. Die allgemein anerkannte Methode zur Lösung dieser Fragestellung ist die Klonierung kleinerer Portionen des menschlichen Erbgutes in sogenannte Repliconeinheiten, die auch Vektoren genannt werden. Einmal in einen derartigen Vektor eingebracht, ist dieses DNA-Segment quasi unsterblich geworden. Je nach Bedarf kann dieses Konstrukt, das in der Regel in spezifisch dafür modifizierte Bakterienzellen eingeschleust wird, weitestgehend problemlos einem Vervielfältigungsprozess, auch in-vivo-Amplifikation genannt, unterworfen werden. Die Absicht ist hierbei, ganze DNA-Bibliotheken, deren Einheiten Genomäquivalente (GE) genannt werden, herzustellen. Ein GE spiegelt hierbei das komplette Genom eines einzelnen Individuums wider.

Was für den rezenten Organismus trivial klingt, birgt bei der Applikation dieser Techniken auf prähistorisches Material immense Probleme. Diese sind bedingt durch das Fehlen eines intakten Erbgutes, was im erheblichen Degradationszustand bodengelagerter Skelette begründet ist. Trotz dieser Hindernisse haben wir den Versuch unternommen, eine derartige aDNA-Bibliothek aus dem Individuum Ne 26 des Reihengräberfeldes von Neresheim zu konstruieren.

Material und Methode

Die Nekropole Neresheim

Die erste Nennung eines Ortes mit dem Namen Noresheim ist aus dem Jahre 1095 schriftlich überliefert. Die Nachricht über „prähistorische Gräber" auf der Flur „Krautgärten" stammt von Pfarrer K. Schips, der im Jahr 1900 auf ein halbes Dutzend Gräber hinweist, die 1899 beim Bau der Härtsfeldbahn freigelegt wurden. Bei Arbeiten in der Gärtnerei Brenner im Jahr 1950 kamen unter der Aufsicht von Heimatpfleger M. Brenner und Dr. M. Kneer menschliche Überreste und alamannische Funde zu Tage, die erstmals in Fundlage dokumentiert wurden. Insgesamt wurde in zwei separaten Grabungen 1975 und 1976 ein grosser Teil des Ortsgräberfeldes von Neresheim mit 151 Bestattungen freigelegt. Die aktuellen Daten verzeichnen 160 bestimmbare Individuen (von 197), von denen 93 weiblichen und 67 männlichen Geschlechts waren, unter ihnen Kinder und Erwachsene aller Altersstufen. Anthropologische Untersuchungen ergaben eine durchschnittliche Lebenserwartung bei Männern von etwa 35 Jahren und bei Frauen von etwa 30 Jahren. Beide hatten die höchste Sterblichkeit zwischen 20 und 30 Jahren.

Das Gräberfeld von Neresheim eignete sich aus verschiedenen Gründen dafür, paläogenetische Untersuchungen durchzuführen. Ein wichtiges Auswahlkriterium war der gute bis sehr gute Erhaltungszustand des Knochenmaterials, der durch das günstige Bodenmilieu gewährleistet war. Die Grabschächte wurden in den anstehenden Kalkverwitterungslehm eingetieft und zeichneten sich durch ihre humosen Verfüllungen deutlich vom umliegenden Substrat ab. Neben den Bodenverhältnissen ist auch die Zeitstellung der Nekropole von Bedeutung. Die Erhaltungsbedingungen in frühmittelalterlichen Gräberfeldern Süddeutschlands sind meist besser als in Begräbnisplätzen aus zeitlich früheren Epochen desselben Raumes. In Neresheim wurden vor allem von der ersten Hälfte des 5. Jahrhunderts bis um ca. 700 A.D. Bestattungen in das dortige Gräberfeld eingebracht (Knaut 1993).

Die Einzelbestattung Ne 26

Einzelbestattungen sind für genetische Untersuchungen (z.B. Verwandtschaftsanalytik) nur bedingt geeignet, da sie in der Regel von jeglicher Vorinformation, dem archäologisch/anthropologischen Kontext, abgetrennt sind. Einige dieser Gräber sind allerdings für aDNA-Analysen per se (paläopathologischer Befund, DNA-Erhaltungszustand, Sequenzkomposition überlieferter DNA-Fragmente) und im Hinblick auf methodische Optimierungsstrategien von besonderem Interesse. Individuum Ne 26 war aufgrund seines widersprüchlichen Befundes von besonderem Reiz. Ne 26 bestand nur noch aus wenigen Knochenresten (6 Wirbel und wenigen nicht weiter auswertbaren Fragmenten von Becken und Kreuzbein), diese lagen aber in erstaunlich guter Erhaltung vor. Dies liess hoffen, dass eine Korrelation mit dem Erhaltungszustand der endogenen Nukleinsäuren vorlag. Eine exakte Alters- und Geschlechtsbestimmung konnte nicht durchgeführt werden. Anthropologisch konnte Ne 26 nur mit „älter als 20 Jahre" und „eher weiblich" angesprochen werden (Hahn 1993).

Kontaminationsprophylaxe und Entnahme der Knochenprobe

Die Entnahme der Knochenproben erfolgte an zwei Wirbelkörpern. Dies geschah unter stringenter Einhaltung präventiver Sicherheitsauflagen, die ein steriles Arbeiten voraussetzen, um mögliche rezente Kontaminationen der jeweiligen Knochenprobe auszuschliessen (Scholz/Pusch 1997). Das zusätzliche Abschleifen der Knochenoberfläche (0.5 bis 1 mm), ist hierbei als weitere Vorsichtsmassnahme zu nennen. Die Knochenproben wurden anschliessend

mittels einer Schüttelmühle und sterilen Achatmörsern mechanisch zu feinem Mehl zerrieben, um so die grösstmögliche Oberfläche für weitere Lyse- und Extraktionsschritte zu schaffen. Aus den Knochenproben liessen sich etwa 5 g Knochenmehl gewinnen.

Extraktion der Knochen-DNA

Ein hocheffizientes und schnelles Rezept für die Isolierung prähistorischer DNA bietet die Mix and Clean-Methode (MCM) (Scholz/Pusch 1997). In einem Eppendorf-Reaktionsgefäss wurden 0.2 g Knochenmehl mit 500 µl Mix I-Puffer, 100 µl Sephadex G-50 und 1 Vol. Phenol versetzt und für 2 min stark gevortext. Um eine effiziente Durchmengung aller Komponenten zu gewährleisten, wurde das Reaktionsgefäss für maximal 2-10 h bei 40°C auf einem Schüttler bei 200 rpm belassen. Die Phasentrennung erfolgte für 5 min bei 12.500 g. Die wässrige Phase wurde abgenommen und in neues 1.5 ml-Gefäss überführt. Es folgte ein PCI-Schritt, die wässrige Phase wurde mit Propan-2-ol und 20 µg Glykogen präzipitiert. Das DNA-Pellet wurde luftgetrocknet und anschliessend in 500 µl Mix I-Puffer resuspendiert. Um anwesende Huminsäuren, Zuckerreste und kollagene Strukturen hinreichend zu beseitigen, wurden die PCI-Extraktionen ohne erneute Zugabe von Glykogen - je nach Herkunft der Probe - mehrmals wiederholt. Das DNA-Pellet wurde für 15 min in 70%igem EtOH gewaschen, kurz gevortext und erneut für 10 min zentrifugiert. Das Trocknen des Pellets erfolgte langsam bei RT; anschliessend wurde die DNA in 10-15 µl TE (pH 7.5) aufgenommen oder bei -20°C für weitere Anwendungen aufbewahrt. Die Konzentration der reisolierten und gereinigten Nukleinsäuren betrug bis zu 400 ng pro 0.1 g Knochenmehl.

Restriktion von Nukleinsäuren

Restriktionsendonukleasen (RE) sind Enzyme, die kurze DNA-Sequenzen erkennen und anhand spezifischer Erkennungssequenzen zerschneiden. Abhängig vom jeweilig verwendeten RE kann eine unterschiedliche Anzahl von Fragmenten, die verschiedene Grössenbereiche abdecken, entstehen. Die Inkubation von Verdauen erfolgte bei einer Temperatur von 37°C im Wasserbad über einen Zeitraum von 10-15 Stunden. Die Aufbewahrung der geschnittenen DNA bis zur elektrophoretischen Auftrennung erfolgte bei einer Temperatur von 4°C.

Agarose-Gelelektrophorese und DNA-Visualisierung

Für die Herstellung der Gel-Trennmatrix wurden 1.8 g Medium EEO Agarose (Boehringer Mannheim) in 250 ml 1x Azetatpuffer gelöst und bei 50°C in einen vorbereiteten Gelträger (BRL) eingebracht. Zur Auftrennung der restringierten gesamtgenomischen DNA wurden Elektrophorese-Parameter von 0.8 V/cm für 12-18 h gewählt. Um die DNA-Fraktionierung überprüfen zu können, wurde das Agarosegel bei 4°C für 10-15 min in Ethidiumbromid-Lösung inkubiert. Die Detektion von Ethidiumbromid/DNA-Komplexen erfolgte unter kurzwelligem UV-C Licht (254 nm) (Transilluminator, Herolab).

Southern Blot-Untersuchungen

Gelelektrophoretisch separierte DNA-Fragmente wurden nach einer methodischen Kombination von Southern (1975) und Reed and Mann (1985) auf Nylonmembranen transferiert. Das Agarosegel wurde nach Elektrophorese unter leichtem Schütteln 15 min in 0.25 N HCl und anschliessend 30 min in Denaturierungslösung inkubiert. Drei Lagen Whatman 3MM Papier wurden mit 0.4 N NaOH befeuchtet und als Brücke benutzt. Darauf wurde das Agarosegel gelegt und mit einer positiv geladenen grössenidentischen Nylonmembran abgedeckt, die ebenfalls in 0.4 N NaOH äquilibriert wurde. Eingeschlossene Luftblasen wurden sorgfältig

entfernt. Es folgten ein trockenes Whatman Papier, ebenfalls von Gelgrösse, und eine 8-15 cm dicke Schicht aus saugfähigem Papier. Der Aufbau wurde schliesslich durch eine Glasplatte (0.5 x 20 x 30 cm) beschwert. Um Flüssigkeitsverlust zu vermeiden, wurde der untere Teil des Blot-Apparatur mit Parafilm abgedeckt. Das Gel wurde mindestens 6 h geblottet, die Membran für 1 min mit 50 mM Natriumphosphat-Puffer (pH 6.5) gewaschen und 1-2 h luftgetrocknet. Die DNA geht im alkalischen Milieu mit der positiv geladenen Membran eine kovalente Bindung ein und musste daher nicht mehr fixiert werden.

Hybridisierungskonditionen

Nylon-Membranen wurden 30-60 min in ca. 0.5 ml Hybridisierungs-Lösung/cm^2 Membranfläche bei 65°C prähybridisiert (Oncor). Dieser Mix wurde verworfen und durch frische Hybridisierungslösung (0.1 ml/cm^2) ersetzt. Nach Zugabe der hitzedenaturierten DNA-Sonde wurden die Membranen für 5-16 h unter Rotation bei 65°C inkubiert. Die radioaktive Hybridisierungs-Lösung wurde abgegossen und zur Wiederverwendung bei Raumtemperatur aufbewahrt. Die Membran wurde zweimal 5 min bei 65°C mit Waschlösung I (2x SSC/0.15% SDS) inkubiert. Der stringentere Waschschritt folgte bei 68°C mit Waschlösung II (0.1x SSC/0.1% SDS) für 20 min. Um hybridisierte DNA zu detektieren, wurde die Methode der Autoradiographie gewählt. Bei -70°C schwankten die Expositionszeiten zwischen 3 h und maximal 2 Tagen.

Ergebnisse

Konstruktion und Typisierung der Ne 26-spezifischen Plasmidbibliothek

Das MCM-Gesamtextrakt enthielt > 1.1 µg DNA. Humanspezifität der isolierten DNA konnte durch eine Doppelverifizierung (Alu-PCR, Southern Blot) eindeutig belegt werden. Autoradiographische Signale detektierten bei Ne 26 sogar DNA-Fragmente > 4.0 kb. Zudem war der native Gehalt an Kollagen signifikant niedrig und konnte durch wenige Aufreinigungsschritte vollständig beseitigt werden. Die Anwendung X/Y-homologer Primer aus der kodierenden Region des Amelogenin-Gens zeigte eine allelische Konstellation von sowohl 106 bp- als auch 112 bp-PCR-Produkten, was auf ein männliches Individuum hinwies. Dieses Resultat wurde allerdings nur ein einziges Mal (von 7) erzielt und entbehrte somit der Verifizierung. Falls diese DNA-Amplifikate realistisch sind, widersprechen sie der archäologischen Typisierung eines weiblichen Individuums. Allerdings war dies ein weiterer attraktiver Grund, gerade eine Bibliothek von Ne 26-spezifischen DNA-Fragmenten mit der theoretischen Präsenz Y-chromosomaler Sequenzen anzulegen.

Um die Anwesenheit von mikrobiellen DNA-Sequenzen ausschliessen bzw. minimieren zu können, wurde für die folgenden Analysen die am stärksten degradierte DNA-Portion ausgewählt, da die hochmolekularen DNA-Fragmente in der Regel von rezenten Bakterien- und Pilzspezies herrühren (Pääbo 1985, Handt et al. 1994). Dafür wurde die isolierte DNA auf einem Agarosegel aufgetrennt und der Bereich von 1.0 bp-0.7 kb durch ein Dilutionverfahren aufgereinigt (Pusch 1997).

Da nach dieser Selektion relativ kleine Fragmentgrössen zu prozessieren waren, war die Benutzung von Plasmidvektoren das geeignetste Werkzeug zur Klonierung. Die so erzielten Transformationseffizienzen hatten einen Mittelwert von 2.500 colony forming units/ml SOC-Medium. Die DNA wurde aus diesen Repliconeinheiten isoliert und auf eine solide Träger-

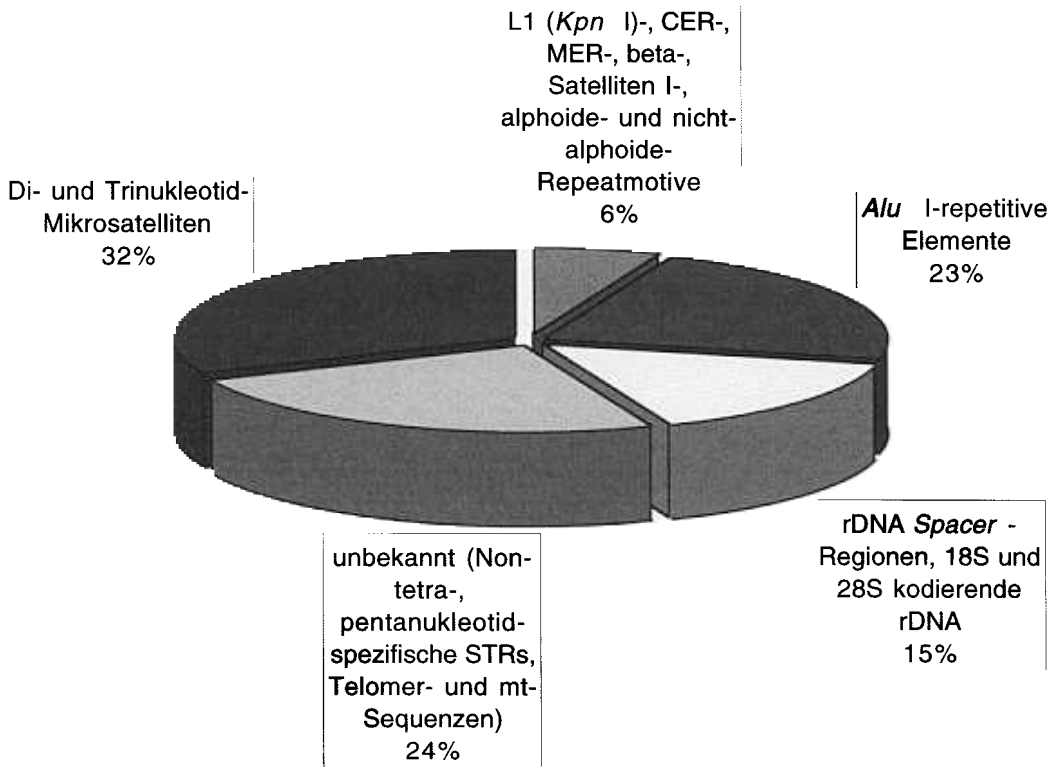

Abb. 1: Schematische Darstellung von Anwesenheit und Häufigkeit repetitiver Ne 26-Sequenzen. Die Detektion erfolgte über radioaktive Hybridisierungen von DNA-Sondenpools auf immobilisierte Rekombinantenkollektionen.

matrix gespottet. Dieser Vorgang ermöglicht ein redundantes Benutzen dieser Filter für mehrere Detektionen. Die gewählte Detektionstechnik war die Hybridisierung bestimmter radioaktiv markierter DNA-Sonden auf die Filtermembranen in Flüssigmilieu. Bei einer anschliessenden Exposition der so präparierten Membranen mit einem Röntgenfilm kann man bei einer Schwärzung des Filmes von einer positiven Hybrisidierung sprechen. Die Hybridisierung der Nylonfilter mit radioaktiv markierter ultrabeschallter Plazenta-DNA des Menschen ergab, dass die Mehrheit der Klone mittel- bis hochrepetitive Motive enthielten (Pusch/Scholz 1998). Selektive Typisierung der aus Ne 26 entstandenen Rekombinanten-Kollektion mit definierten repetitiven humanspezifischen DNA-Pools ergab in unterschiedlichen prozentualen Anteilen die Präsenz diverser Sequenzanteile in Ne 26. Abbildung 1 zeigt schematisch die Verteilung der detektierbaren repetitiven Sequenzmuster im aDNA-Auszug von Ne 26. Die aus diesen Hybridisierungsansätzen negativen Klone wurden per Restriktionsanalyse auf Insertintegrität überprüft. Vierundsiebzig der 187 Klone mit Insert wurden über eine DNA-Präparation aufbereitet und exemplarisch ansequenziert. Diese DNA-Sequenzen zeigten nach DNA-Datenbankabgleich (GCG, Heidelberg) allerdings nicht wie erwartet Single Copy-Segmente, sondern ebenfalls Motive repetitiver Bauart, die tandemartig organisiert ohne Unterbrechung aufeinanderfolgend angeordnet waren und im Mittel eine Wiederholungseinheit von 25 bp Länge aufwiesen. Die sogenannten Repeat-Monomere zeigten sowohl heterogene als auch konservierte Domänen. Die Konsensus-Sequenz liest sich 5-CTAGCC/TC/TC/TAGACTAACCAACCTGGG-3 und weist somit im ersten Drittel des Motivs auf ein sogenanntes Wobbling hin. Für den internen Abgleich aller Sequenzen bzw. der einzelnen Repeateinheiten untereinander wurden die Algorithmen MULTIALIGN, CONSENSUS und SORTCONSENSUS benutzt (GCG, Heidelberg). Lediglich 11 der Sequenzen aus den Hybri-

disierungsansätzen mit putativem Single Copy-Charakter zeigten ein offenes Leseraster. Datenbankabgleiche illustrierten, dass 7 dieser Sequenzen unbekannt waren, 2 mit menschlichen Sequenzen korrespondierten, eine homolog zu Sequenzen der Klasse Mammalia und eine homolog zu bekannten Sequenzen verschiedener Nicht-Säugerorganismen war (Daten nicht gezeigt).

Das unerwartete Auftreten einer bis dato unbekannten Sequenz-Variante innerhalb des prähistorischen menschlichen Genoms forderte weitere Untersuchungen, um eine Reproduktion bzw. Verifikation der Daten zu erreichen. Eine sogenannte Southern Blot Hyridisierung unter Benutzung rezenter human-spezifischer DNA-Proben ist hierbei das Mittel der Wahl in der modernen Molekularbiologie. Die Southern Blot-Hybridisierung gegen sowohl Mva I- als auch BamH I/EcoR I-verdaute humane Leukozyten-DNA nicht miteinander verwandter weiblicher und männlicher Individuen (n = 5) zeigte diverse Signale (Mva I: 0.7, ~0.025 kb; BamH I/EcoR I: 6.5, 0.5 kb). Sowohl bei Hind III als auch bei BamH I restringierter DNA konnte bei jeweils vier getesteten Individuen konform eine einzige Bande (5.9 kb; 9.4 kb) nachgewiesen werden. Ein Bgl II-Southern Blot wies bei 10 untersuchten Individualproben autoradiographische Signale in Höhe der Positionen 10.0, 8.0, 6.5, 5.5, 4.5, 4.0, 3.8, 3.2, 2.9, 2.7, 2.2, 2.1, 0.9 und 0.8 kb auf. Positive Restriktionsfragmente konnten ebenfalls in menschlichen DNA-Proben detektiert werden, die mit diversen Restriktionsendonukleasen, die tetramere Erkennungsstellen ansprechen, verdaut wurden. Der Alu I-Filter lieferte zwei Banden mit Grössen von 1.0 und 0.3 kb (4 Individuen). Msp I-restringierte DNAs zeigten die Anwesenheit des 25 bp-Repeats innerhalb von 7.0, 6.0, 5.1, 4.8, 3.9, 2.6, 2.3, 2.0 und 1.2 kb-Restriktionsfragmenten. Weitere Signale erhielt ich mit gesamtgenomischen Pvu II- (9.0, 8.0, 4.7, 4.0, 3.0, 2.6, 2.5, 1.9, 1.4, 1.3, 1.0 kb) und Rsa I-Southern Blots (9.0, 7.0, 6.0, 5.7, 4.5, 3.8, 3.4, 3.0, 2.6, 2.2, 1.9, 1.5 kb) (Daten nicht gezeigt). Die genannten Daten verstehen sich als Näherungswerte, da sowohl gelelektrophoretische Separierung als auch Restriktionsqualitäten teilweise inhomogen waren und zudem die Signalintensitäten erheblich differierten. Obwohl für die letztgenannten Experimente 10 Individual-DNAs pro Restriktionsenzym verwendet wurden, konnten keine Restriktionsfragment-Längenpolymorphismen (RFLPs) festgestellt werden.

Eine Optimierung sowohl der Filterherstellung als auch der radioaktiven Hybridisierungstechnik erlaubte ein exakteres Screenen menschlicher Individual-DNAs. Hierfür wurde als Ausgangsmaterial peripheres Blut benutzt, von dem DNA über eine Leukozytenisolation und anschliessender klassischer Aussalzung hergestellt wurde. Die zusätzlich über dreimalige Phenol-Chloroformextraktion aufgereinigte DNA von 216 menschlichen Individuen (männlich/weiblich, 1:1) wurde auf Nylonmembranen immobilisiert und mit der distinct geprimten Sonde 9s-21 hybridisiert. Dieser Ansatz erlaubte eine erfolgreiche RFLP-Analyse von EcoR I restringierter Gesamt-DNA. Insgesamt konnten 18 polymorphe Restriktionsmuster unterschieden werden. Abbildung 2 zeigt eine Zusammenfassung detektierter Mustertypen und die statistisch erfassbare Präsenz einzelner Restriktionsfragmente. Abbildung 3 verdeutlicht die Häufigkeit einzelner Mustertypen im untersuchten kaukasischen Individuenpool.

Primaten-spezifische Präsenz der 25 bp Minisatelliten

Um eine evolutive Einordnung des Repeats durchzuführen, wurden weitere Primatenspezies getestet. Die Evaluation Affen-spezifischer Repeatpräsenz wurde auf zwei Wegen unabhängig voneinander durchgeführt. Zum einen konnte über PCR mit unkonservierten Primern (Pusch/Scholz 1998) bei fast allen untersuchten Affen-DNAs (Callithrix iacchus, Aotes trivir-

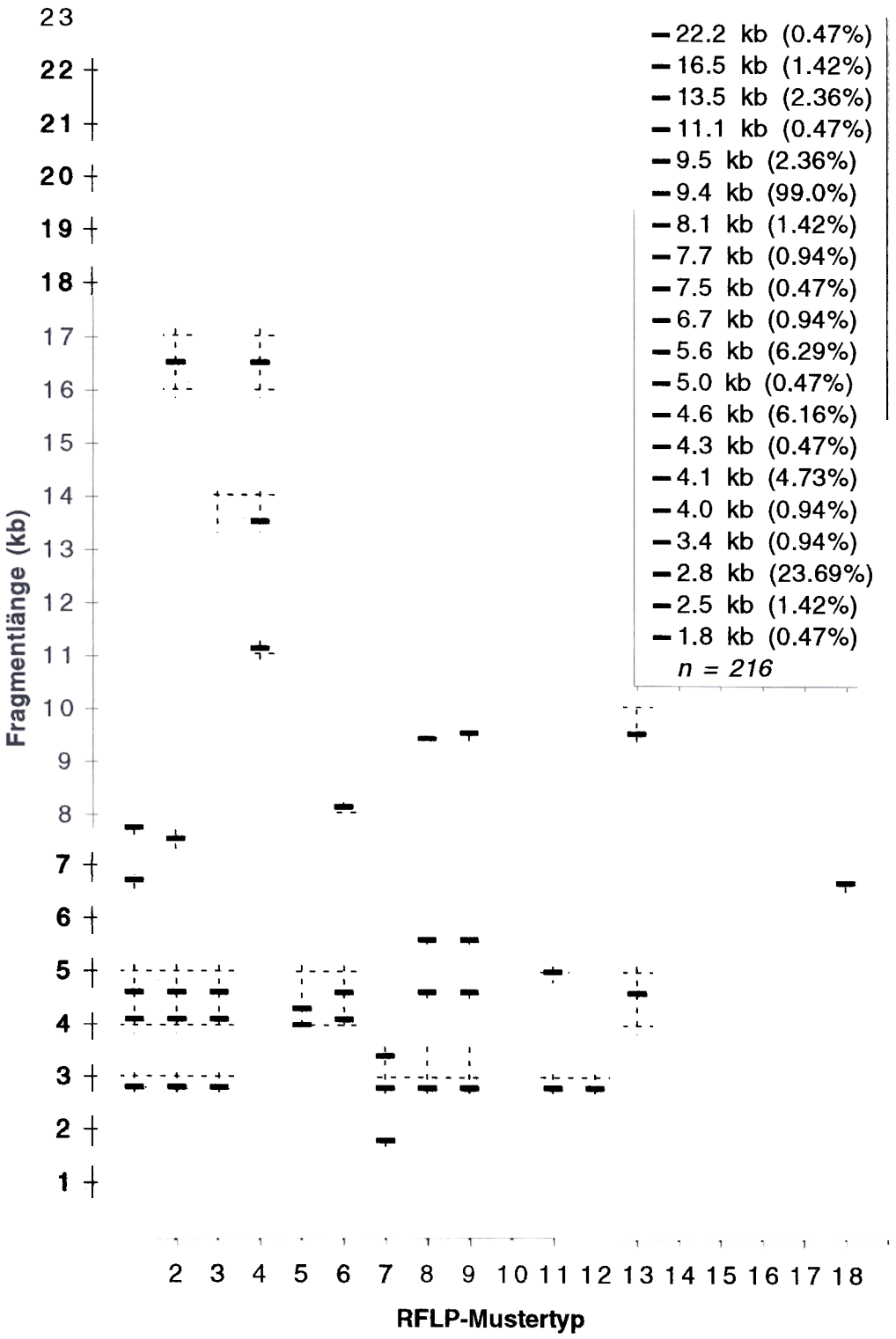

Abb. 2: Schematisierte Darstellung EcoR I-spezifischer RFLP-Diagnostik eines Low Copy-Number Repeatmotivs in einer rezenten kaukasischen Population. Die genannten Prozentwerte verzeichnen die Häufigkeit identischer RFLP-positiver Banden, bezogen auf einen Individualumfang von n = 216.

gatus, Cynomolgus fascicularis, Cercopithecus aethiops, Macacus macacus, Hylobates lar, Pongo pygmaeus, Gorilla gorilla, Pan troglodytes, Pan paniscus) ein 112 bp-Produkt detektiert werden. Nur die DNA-Probe eines Tieres aus der Gattung Lemur (Lemur catta) war in zwei unabhängigen Experimenten negativ. Zum anderen wurde dieses Ergebnis in Southern

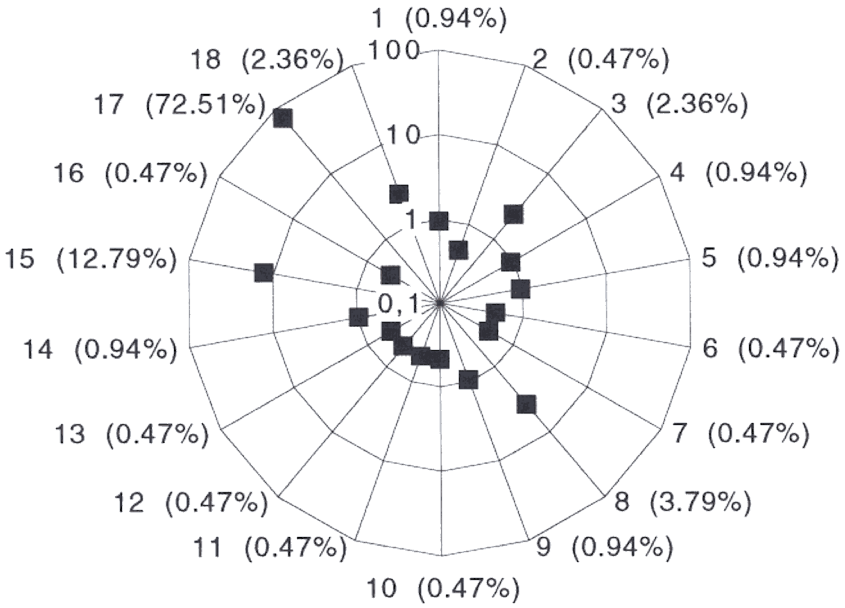

Abb. 3: Netzdiagramm zur Identifizierung der Häufigkeit der in der kaukasischen Bevölkerung vorhandenen 25 bp-spezifischen RFLP-Mustertypen. Um eine klare Übersicht über die stark differierenden Präsenzwerte einzelner Muster (1-18) zu gewährleisten, wurde eine logarithmische Darstellungsweise gewählt.

Blot-Hybridisierungen bestätigt, da alle mit EcoR I geschnittenen Proben mehrere positive Restriktionsfragmente für die eingesetzte Sonde aufwiesen: Aotes trivirgatus (6.2, 6.0, 3.5, 1.5 kb), Cynomolgus fascicularis (8.0, 2.5, 1.9 kb), Cercopithecus aethiops (8.0, 4.5, 2.4, 2.0 kb), Hylobates lar (4.0, 2.5, 1.8, 1.4, 1.2, 0.8, 0.6 kb), Pongo pygmaeus (7.0, 4.0, 2.9 kb), Gorilla gorilla (2.2, 0.7, 0.5 kb), Pan troglodytes (3.5, 2.1, 1.8, 1.6, 0.7, 0.6, 0.5 kb). RFLPs konnten in dieser Studie nicht festgestellt werden, da die isolierten DNAs von nur jeweils einem Individuum stammten. Als Negativkontrollen wurden DNA-Proben von Escherichia coli, Xenopus spec. und Rattus rattus eingesetzt (Daten nicht gezeigt). Die DNA des Krallenaffen und des Makaken konnte in diesem Rahmen nur in der Dot Blot-Analyse untersucht werden, da eine Southern Blot-Hybridisierung eine erheblich grössere Menge an hochaufgereinigten Nukleinsäuren erfordert hätte.

Identifizierung und Kartierung eines 25 bp-Blockes durch Sequenzhomologie

Zur Detektion bereits bekannter homologer DNA- oder Aminosäuresequenzen wurden Datenbanksuchen unter Benutzung der Algorithmen FASTA, TFASTA, BLASTN, BLASTP, REPEAT, SORTCONSENSUS, GAP, BESTFIT, FETCH und IRX durchgeführt (GCG, Heidelberg). Mit 10 der längsten 25 bp-Sequenzen konnte ein homologes menschliches DNA-Segment von 287 bp Länge identifiziert werden. Dabei ergab sich nach Sequenzabgleichen auf Nukleotidebene eine maximale Ähnlichkeit von nur 91.2% im rezenten menschlichen Genom.

Diskussion

Screening der individualspezifischen Ne 26 aDNA-Bibliothek

Im Gegensatz zur Extraktion rezenter hochmolekularer DNA liegen bei aDNA-Isolierungen lediglich minimal-fragmentarische DNA-Auszüge vor (Pääbo 1985, Pääbo et al. 1989, Hagelberg et al. 1989, Rogan/Salvo 1991, Lawlor et al. 1991, Scholz/Pusch 1997). Der somit charakterisierte Erhaltungszustand prähistorischer Nukleinsäuren bedingt theoretisch eine schwach bis nicht redundante aDNA-Bibliothek.

Um die Ligationsreaktion zwischen alter und moderner DNA zu bewerkstelligen, mussten Parameter eingestellt werden, die erheblich von etablierten Standardprozeduren abwichen. Da jeder Individualextrakt bezüglich Konzentration an aDNA, Fragmentgrössen und Präsenz oder Abwesenheit von Co-Isolaten different zu typisieren ist, kann die benutzte Extremklonierung nicht auf andere DNA-Proben übertragen werden. Diese Aussage wird auch durch die parallele Untersuchung neun weiterer Neresheim Individuen unterstützt, die in korrespondierenden Ligationsansätzen nicht oder nur wenig informativ waren.

Das deutliche Missverhältnis von repetitiven zu Single Copy-Sequenzanteilen innerhalb der Bibliothek war weniger überraschend als die Tatsache, dass keine mitochondrialen Sequenzen nachgewiesen werden konnten. Ebenso fragwürdig bleibt der äusserst hohe Prozentsatz an detektierten SSR- und STR-Segmenten, was möglicherweise auf Slippage Replication (Smeets et al. 1989, Callen et al. 1993, Hauge et al. 1993, Koorey et al. 1993, Ramos et al. 1995), bedingt durch den bakteriellen Enzymapparat und/oder zu geringe Hybridisierungsstringenzen zurückzuführen ist. Diese Resultate verdeutlichen, dass die bisher an einem einzigen Individuum erhobenen Daten nicht als repräsentativ bewertet werden können. Um eine statistisch signifikante Aussage zu generellen DNA-Überlieferungsmustern aus archäobiologischen Probenmaterialien erhalten zu können, muss daher eine bedeutend grössere Anzahl vergleichbarer Analysen durchgeführt werden.

Neben den klassischen, proteinkodierenden Sequenzen existieren beim Menschen Sequenzabschnitte mit sich wiederholenden Basenabfolgen. Eines der häufigsten repetitiven Motive sind Alu-Repeats, die in ca. 500'000 Kopien dispers im haploiden Genom vorkommen (Batzer/Deininger 1991). Andere repetitive Motive, wie die telomeren Repeats, sind nicht ubiquitär verteilt, sondern gruppieren sich tandemartig organisiert in definierten chromosomalen Bereichen (Moyzis et al. 1989). Repetitive Blöcke, die unmittelbar vor Genen liegen, können durch Varianz der Zahl ihrer repetitiven Bausteine genetisch bedingte Defekte prädisponieren, so z.B. beim fraX-Syndrom (Verkerk et al. 1991). Die Fülle verschiedenster repetitiver Motive, ihre uneinheitliche Verteilung im Genom, ihre unklare und bis heute grösstenteils unverstandene Beteiligung an der Ausführung genetischer Aufgaben haben daher zunächst die abwertenden Begriffe der Selfish DNA (Orgel/Crick 1980) oder Junk DNA (Nowak 1994) entstehen lassen. Erst allmählich versteht man die Bedeutung und Funktionsweise einzelner Repeats. Selbst grosse chromosomale Bereiche, wie das Zentromer, sind trotz Vorhandensein zahlreicher DNA-Repeats weder eindeutig in ihrer Struktur aufgeklärt, noch sind alle Baukomponenten bekannt. Die Charakterisierung repetitiver Motive, ihre Verteilung und Lage innerhalb der Chromosomen ist damit äusserst lückenhaft und lässt noch sehr viele Fragen offen.

Charakterisierung und Katalogisierung des neuartigen repetitiven DNA-Motivs

Da einige der Bibliotheks-Rekombinanten von Ne 26 ansequenziert wurden, konnten DNA-Sequenzen auch über Datenbankabgleiche detektiert werden. Ein bisher wenig charakterisierter VNTR (variable number of tandem repeats) wurde im Rahmen des Repliconscreenings genauer katalogisiert. Die Basiseinheit dieses Repeats hat eine Konsensuslänge von 25 bp (Abb. 2) und besitzt eine charakteristische Mva I- (↓CC(A/T)GG) bzw. BstN I-Erkennungs- und Schnittstelle (CC↓(A/T)GG), die entsprechende Repeat-Sequenzen in deren Monomere zerlegt. Diese Restriktionsstellen bzw. Unitcuttercharakteristika sind per definitionem vergleichbar z.B. den Hinf I-Schnittstellen der perizentrisch orientierten, hochrepetitiven 48 bp-Motive (Non-Alphoid Repeats) (Metzdorf et al. 1988, Cooper et al. 1992, Müllenbach et al. 1992, Cooper et al. 1993), die vor allem auf den menschlichen Akrozentren und auf dem Y-Chromosom lokalisiert sind. Weitere Beispiele für Wiederholungsmotive tandemartiger Organisation finden sich ebenfalls in der Reihe zentromerständiger bzw. zentromernaher oder auch telomerer Chromosomenbausteine (Tyler-Smith/Willard 1993; Lee et al. 1997, Grady et al. 1992, Farr et al. 1991, Kipling/Cooke 1992).

Variabilität der neuen human-repetitiven Entität

Die Verifizierung des 25 bp-Satelliten auf Humanspezifität und die Eruierung des Polymorphiegrades erfolgte mit Hilfe von Southern Blot-Hybridisierungen. Da die genomischen Blots entweder keine oder nur minimale Variationen im autoradiographischen Bandenmuster diverser Enzymverdaue zeigten, scheint dieses repetitive Element nur gering polymorph zu sein. Eindeutige RFLPs (Botstein et al. 1980) konnten lediglich mit Mva I- oder EcoR I-geschnittener DNA festgestellt werden. In einer Studie mit 216 Individuen konnte die Bandbreite an EcoR I-spezifischen RFLP-Mustertypen auf 18 festgelegt werden. Allerdings waren von diesen nur 2 Typen mit einer Frequenz von ≥ 10% signifikant häufig (Typ 15: 12.79% und Typ 17: 72.51%). Die am häufigsten involvierten Restriktionsfragmente - gemessen in Individualprozenten - waren eine 2.8 kb-Bande (23.69%) und eine 9.4 kb-Bande (99.0%).

Anhand der Alu I-Southern-Analyse liess sich eine minimale Ausdehnung des Repeat-Arrays von ca. 1.3 kb postulieren, wobei davon ausgegangen wurde, dass nur ein Locus vorliegt. Vergleichende Analysen zur Ausdehnung repetitiver Arrays zwischen rezenten und prähistorischen Individuen waren leider nicht möglich, da kein effizientes PCR-System im Rahmen dieser Studie etabliert werden konnte. Die Durchführung von RFLP-Analysen nach Restriktion prähistorischer DNAs ist aufgrund der starken Degradation und der Mischkontamination mit fremdorganismischer DNA nicht realisierbar.

Der geschätzte Maximalumfang einzelner Repeatbereiche im menschlichen Genom dürfte damit relativ klein sein, was allerdings eine disperse Verteilung kleinerer, begrenzter Blöcke nicht ausschliesst. Diese Hypothese wird durch die in der Rekombinanten-Kollektion detektierten und sequenzierten Insert-Längen unterstützt. Nach Restriktionsanalyse waren die grössten Fragmente dieser Bauart beispielsweise nur 443 bp (18 Einheiten), bzw. 770 bp (31 Einheiten) gross. Da die ermittelten Sequenzen über einen mathematischen Algorithmus verglichen wurden und trotz hoher Stringenzparameter in ihren Nukleotidabfolgen nicht signifikant deckungsgleich waren, liegen höchstwahrscheinlich DNA-Sequenzen von verschiedenen genomischen Loci vor.

Um systematisch eine evolutive Einordnung zur groben Abschätzung des Minimalalters dieses Motivs zu bestimmen, ist die phylogenetische Stellung Repeat-positiver, rezenter Spezies

der einzige Anhaltspunkt. In diversen Hybridisierungen konnte nur die Unterordnung Simiae (Anthropoidea) angesprochen werden. Dies scheint eher dafür zu sprechen, dass es sich bei der repetitiven Entität um eine phylogenetisch relativ junge Sequenz handelt. Vergleichbare Studien an a-Satelliten und 48 bp-Motiven weisen auch für das 25 bp-Repeat auf ein primatenspezifisches, evolutives Alter von maximal 35 Millionen Jahren hin (Willard 1990). Diese Schätzung wird zusätzlich unterstützt durch den Ausschluss dieses Motivs bei Halbaffen (Prosimiae; Lemuriformes), deren erstes Auftreten zu Beginn des Tertiärs (Paläozän; 65-55 Millionen Jahre) belegt ist.

Potentielle pathogenetische Mechanismen

Das gehäufte Auftreten dieses neuartigen, primatenspezifischen Repeats in der aDNA-Präparation von Ne 26 bleibt bis dato vollkommen unverstanden. Solange keine weiteren individualspezifischen Vergleichsdaten aus dem Neresheimer Kontext vorliegen, kann ein Zufallsbefund nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Prinzipiell kann aber im Rahmen einer funktionellen Beurteilung von nicht-kodierender DNA auch die Beteiligung des spezifisch strukturierten 25bp-Motivs an pathognomonischen Ursachen in Betracht gezogen werden. Verständlicherweise können diagnostische Bewertungen pathologischer Skelettveränderungen nur sehr eingeschränkt an bodengelagertem Knochenmaterial durchgeführt werden. Obwohl sich die Zeit der Bodenlagerung von Ne 26 auf ca. 1.400 Jahre beläuft, konnte die Knochenmorphologie dennoch viele Informationen zur einstigen Anamnese dieses Individuums liefern. Die paläopathologische Untersuchung der postkranialen Knochenreste erbrachte sowohl den Befund einer leicht entzündlichen Veränderung der Wirbelkörper (Spondylitis) bei diversen Brust- und Lendenwirbeln, als auch den Nachweis einer fortgeschrittenen Osteochondrosis deformans (Morbus Scheuermann) im selben Abschnitt der Wirbelsäule. Als Ursache für die zuletzt genannte Erkrankung wird eine Bindegewebsschwäche des Discus intervertebralis angenommen. Bedingt durch die Körperbewegungen tritt ein oszillierend wandernder Nucleus pulposus auf, der dann - übertragen von der knorpeligen Deckplatte des Wirbelkörpers - eine begrenzte druckathrophische Veränderung des Knochens verursacht (Raney/Shands 1967). Die daraus resultierenden intraspongiösen Bandscheibenhernien (Schmorl'sche Knoten) sind bei vollständiger Erhaltung des Wirbels auch anthropologisch feststellbar.

Aufgrund der unvollständigen Skeletterhaltung von Ne 26 und der somit fehlenden Information über weitere pathologische Veränderungen, kann über einen genetischen Zusammenhang zwischen erhöhter Repeat-Präsenz und erblicher Bindegewebsschwäche nur spekuliert werden.

Zusammenfassung

Die in dieser Arbeit angestrebte Konstruktion einer genomischen aDNA-Bibliothek anhand eines humanen Individuums aus dem Neresheimer Gräberfeld war ein erster Schritt in die Richtung, das prähistorische Genom sequenzierfertig vorzubereiten und damit plastischer zu gestalten. Die Charakterisierung eines solch genuinen DNA-Materials sollte ebenfalls den Unterschied zu bisherigen Analysen herausarbeiten, bei denen sekundäre, da in-vitro-amplifizierte aDNA beurteilt wird. PCR ist und bleibt ein unangefochten potentes Werkzeug der molekularen Genetik, wird aber dennoch immer das Manko der Artefaktmöglichkeiten und daraus resultierender missinterpretierbarer Daten beinhalten. Die Konstruktion und Untersuchung der Ne 26-spezifischen Fragmentenkollektion soll zeigen, dass es möglich ist, eine individualspezifische Charakterisierung von aDNA durchzuführen, ohne vorher gravierende

Veränderungen am Substrat vornehmen zu müssen. Eine weitere Absicht dieser Analysen stellte die Evaluation prähistorischer DNA-Sequenzkomposition residueller Fragmente dar. Eine potentielle Ableitung daraus zu schlussfolgernder genereller Überlieferungsmuster und Erhaltungszustände von alter DNA muss nun durch weitere, vergleichbare Untersuchungen verifiziert werden.

Literatur

Batzer M., Deininger P. 1991
A human specific subfamily of Alu sequences. Genomics 9, p. 481-487.

Botstein D., White R.L., Skolnick M., Davies R.W. 1980
Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. Am. J. Hum. Genet. 32, p. 314-331.

Callen D.F., Thompson A.D., Shen Y., Phillips H.A., Richards R.I., McMulley J.C., Sutherland G.R. 1993
Incidence and origin of „null" alleles in the (AC)n microsatellite markers. Am. J. Hum. Genet. 52, p. 922-927.

Cooper K.F., Fisher R.B., Tyler-Smith C. 1992
Structure of the pericentric long arm region of the human Y chromosome. J. Mol. Biol. 228, p. 421-432.

Cooper K.F., Fisher R.B., Tyler-Smith C. 1993
Structure of the sequence adjacent to the centromeric alphoid satellite DNA array of the human Y chromosome. J. Mol. Biol. 230, p. 787-799.

Farr C., Fantes J., Goodfellow P., Cooke H. 1991
Functional reintroduction of human telomeres into mammalian cells. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88, p. 7006-7010.

Grady D.I., Ratliff R.I., Robinson D.L., McCanlies E.C., Meyne J., Moyzis R.T. 1992
Highly conserved repetitive DNA sequences are present at human centromeres. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 89, p. 1695-1699.

Hagelberg E., Sykes B., Hedges R. 1989
Ancient bone DNA amplified. Nature 342, p. 458.

Hahn R. 1993
Die alamannischen Gräberfelder von Neresheim und Kösingen. In: M. Knaut (Hg.), Forschung und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 48, p. 357 ff.

Handt O., Höss M., Krings M., Pääbo S. 1994
Ancient DNA: methodological challenges. Experimentia 50, p. 524-529.

Hauge X.Y., Litt M. 1993
A study of the origin of „shadow bands" seen when typing dinucleotide repeat polymorphisms by the PCR. Hum. Mol. Genet. 2, p. 411-415.

Kipling D., Cooke H.J. 1992
Beginning or end? Telomere structure, genetics and biology. Hum. Mol. Genet. 1, p. 3-6.

Knaut M. 1993
Die alamannischen Gräberfelder von Neresheim und Kösingen. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 48. Theiss. Stuttgart.

Koorey D.J., Bishop G.A., McCaughan G.W. 1993
Allele non-amplification: A source of confusion in linkage studies employing microsatellite polymorphisms. Hum. Mol. Genet. 2, p. 289-291.

Lawlor D.A., Dickel C.D., Hauswirth W.W., Parham P. 1991
Ancient HLA from 7,500-year-old archaeological remains. Nature 349, p. 786-788.

Lee C., Wevrick R., Fisher R.B., Ferguson-Smith M.A., Lin C.C. 1997
Human centromeric DNAs. Hum. Genet. 100, p. 291-304.

Metzdorf R., Göttert E., Blin N. 1988
A novel centromeric repetitive DNA from human chromosome 22. Chromosoma 97, p. 154-158.

Moyzis R.K., Torney D.C., Meyne J., Buckingham J.M., Wu J.R., Burks C., Sirotkin K.M., Goad W.B. 1989
The distribution of interspersed repetitive DNA sequences in the human genome. Genomics 4, p. 273-289.

Müllenbach R., Lutz S., Holzmann K., Dooley S., Blin N. 1992
A non alphoid repetitive DNA sequence from human chromosome 21. Hum. Genet. 89, p. 519-523.

Nowak R. 1994
Mining treasures from „junk" DNA. Science 263, p. 608-610.

Orgel L.E., Crick F.H.C. 1980
Selfish DNA: the ultimate parasite. Nature 284, p. 604-607.

Pääbo S. 1985
Molecular cloning of ancient Egyptian mummy DNA. Nature 314, p. 644-645.

Pääbo S., Higuchi R.G., Wilson A.C. 1989
Ancient DNA and the polymerase chain reaction: the emerging field of molecular archaeology. J. Biol. Chem. 264, p. 9709-9712.

Pusch C. 1997
A simple and fast procedure for high quality DNA isolation from gels using laundry detergent and inverted columns. Electrophoresis 18, p. 1103-1104.

Pusch C., Scholz M. 1998
Detecting Prehistoric Human DNA: Construction and Screening of a Small-Scale Plasmid Library Reveals a New Repetitive and Tandemly Organized 25bp Motif. Ancient Biomolecules 2, p. 43-61.

Ramos M.D., Lalueza C., Girgau E., Perez-Perez A., Quevedo S., Turbon D., Estivill X. 1995
Amplifying dinucleotide microsatellite loci from bone and tooth samples of up to 5000 years of age: more inconsistency than usefulness. Hum. Genet. 96, p. 205-212.

Raney R.B., Shands A.R. 1967
Handbook of orthopaedic surgery. Mosby. St. Louis, p. 311-375.

Reed K.C., Mann D.A. 1985
Rapid transfer of DNA from agarose gels to nylon membranes. Nucleic Acids Res. 13, p. 7207-7221

Rogan P.K., Salvo J.J. 1991
Yearb. Phys. Anthr. 33, p. 195-214.

Scholz M., Pusch C. 1997
An efficient isolation method for high-quality DNA from ancient bones. Trends Genet. 13, p. 249. Technical Tips Online, TTO. (http://www.elsevier.com/locate/tto) T01045, (http://www.elsevier.nl/locate/tto) T01045.

Smeets H.J.M., Brunner H.G., Ropers H.-H., Wieringa B. 1989
Use of variable simple sequence motifs as genetic markers: Application to study the myotonic dystrophy. Hum. Genet. 83, p. 245-251.

Southern E.M. 1975
Detection of specific sequences separated by gel electrophoresis. J. Mol. Biol. 98, p. 503-517.

Tyler-Smith C., Willard H.F. 1993
Mammalian chromosome structure. Curr. Op. Genet. Develop. 3, p. 390-397.

Verkerk A.J., Pieretti M., Sutcliffe J.S., Fu Y.-H., Kuhl D.P., Pizzuti A., Reiner O., Richards S., Victoria M.F., Zhang F., Eussen B.E., van Ommen G.-J.B., Blonden L.A., Riggins G.J., Chastain J.L., Kunst C.B., Galjaard H., Caskey C.T., Nelson D.L., Oostra B.A., Warren S.T. 1991
Identification of a gene (FMR-1) containing a CGG repeat in fragile X syndrome. Cell 65, p. 905-914.

Willard H.F 1990
Centromeres of mammalian chromosomes. Trends Genet. 6, p. 410-416.

Anschriften

Carsten Pusch
Augenklinik II
Abt. Molekulare Genetik
Universität Tübingen
Auf der Morgenstelle 15
D - 72076 Tübingen

Michael Scholz
Institut für Ur- und Frühgeschichte
Abteilung Archäobiologie
Universität Tübingen
Eugenstrasse 40
D - 72072 Tübingen
und
Osteologische Sammlung
der Universität Tübingen
Wilhelmstrasse 27
D - 72074 Tübingen

Eingang: 8.1.99