

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, Genève

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 Ulrich@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

Ausgewählte statistische Verfahren zur Analyse anthropologischer Daten¹

Udo Krenzer

Abstract

During the SGA/AGHAS-Workshop on „Quantitativ-morphologische Verfahren zur osteologischen Analyse - kritische Evaluierung konventioneller Verfahren und innovative Ansätze“ several anthropometrical methods were presented. This paper explains the use of bivariate distribution-ellipses and multivariate Distance- and Cluster Analyses. Both approved procedures dealing with valid, reliable and objective results were demonstrated using samples of the Mainzer data base for prehistoric and historic anthropology. The software is available at the Institute of Anthropology of the Johannes Gutenberg-Universität, Mainz.

Einleitung

Der Einsatzbereich biometrischer Verfahren in der Anthropologie erstreckt sich von der einfachen Häufigkeitsbeschreibungen bis hin zu komplexen diskriminanzanalytischen Rechnungen zur Verwandtschaftsanalyse (s. Beitrag Henke²). In diesem Skript sollen das bivariate Verfahren der Streuungsellipsen und das multivariate Verfahren der Clusteranalyse vorgestellt werden. Beide Programme wurden von D. Butz entwickelt und stammen aus der Programm-bibliothek des Instituts für Anthropologie, Mainz. Im Rahmen des Workshops in Basel wurden sie im Zusammenhang mit der Mainzer Datenbank für prähistorische und historische Anthropologie präsentiert (Abb. 1).

Mainzer Datenbank

Die Mainzer Datenbank für prähistorische und historische Anthropologie ist seit 1969 etabliert. Sie geht in ihren Ursprüngen auf das 1966 in Mainz gehaltene Neolithikum-Symposium zurück, zu welchem Mittelwerte neolithischer Skelettserien für elf Variablen zusammengetragen wurden, um diese u.a. auch Penrose-Abstandsanalysen zu unterziehen. Es ist vor allem den Schweizer Kollegen Gallay, Menk, Moeschler und Sauter zu verdanken, dass aus dieser Sammlung die Datenbank in Form eines Lochkartenarchivs hervorgegangen ist. Die Struktur mit den Kranialdaten von nunmehr 48536 Individuen aus 10 verschiedenen Zeitstufen (s. Tab. 1) wurde wie die Daten einiger westeuropäischer Serien aus dem Genfer Institut übernommen.

¹ Vortrag gehalten am SGA/AGHAS-Workshop vom 1.-2. Dezember 1995 in Basel unter der Leitung von Prof. Dr. Winfried Henke/Mainz.

² Der Beitrag von Prof. Dr. W. Henke wird in Heft 1 (1997) des Bulletins erscheinen.

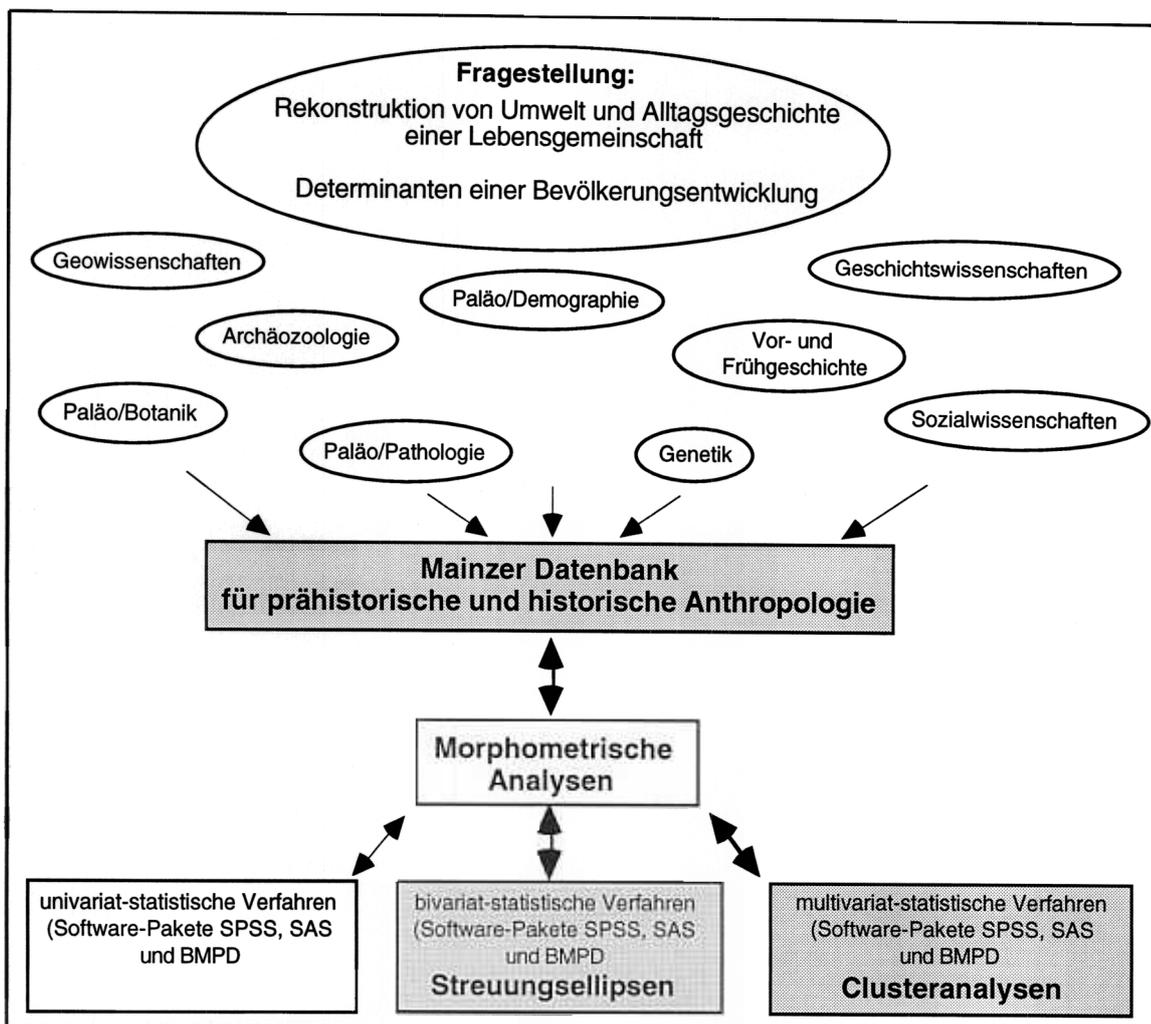


Abb. 1: Einsatzbereich statistischer Verfahren im Kontext der prähistorischen Anthropologie.

Im Laufe der Jahre haben besonders M. Perscheid sowie W. Henke zur Expansion der Datenbank um postkraniale Daten bzw. paläolithische Funde beigetragen. Die Übertragung des Lochkartenarchivs auf Bänder ist U. Wittwer-Backofen und S. Klug, der Transfer auf PCs D. Butz zu verdanken (Schwidetzky/Jäger 1991). Mittlerweile sind die Daten der jungpaläolithischen Serien und somit auch die Struktur der Mainzer Datenbank per Internet über <http://lapalma.biologie.uni-mainz.de/scripts.html> abrufbar.

Die aktuelle PC-Version der Datenbank setzt sich aus zwei Datenkatalogen zusammen. In einem Vorlaufkatalog sind allgemeine Angaben zur Serie wie die geographische Fundsituation, die Kultur und die chronologische Einteilung, die Anzahl der gefundenen Individuen sowie die Bibliographie dokumentiert. Der andere Katalog enthält neben den Kennvariablen zur Serie und zum Individuum die Daten der Alters- und Geschlechtsbestimmung sowie 32 Kranial- und vier Postkranialmasse (s. Martin 1914).

Eine derartig komplexe Zusammenstellung von anthropologischen Daten enthält für den Untersucher eine Fülle von Informationen, und biostatistische Verfahren scheinen zwangsläufig die Methoden der Wahl darzustellen, um exakte, objektive und reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten (vgl. Precht/Kraft 1992).

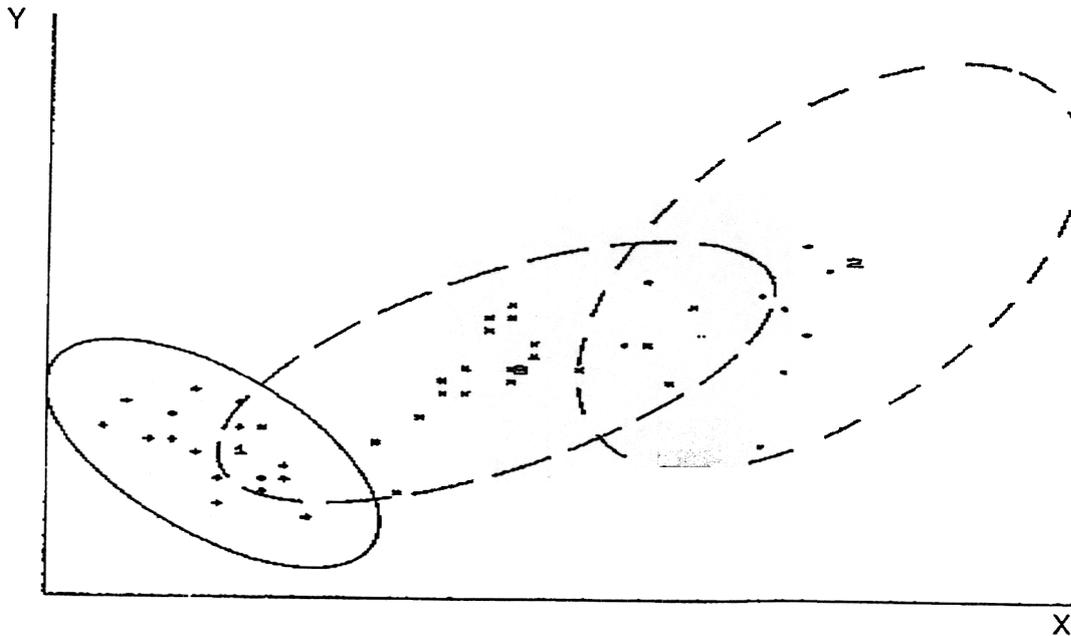


Abb. 3: Plot mit einem 3-Gruppen-Beispiel.

Dateien, die verarbeitet werden sollen, müssen drei fest strukturierte, durch Leerzeichen voneinander getrennte Variablen im ASCII-Format beinhalten, wobei die erste Variable ganzzahlig sein muss, da sie der Gruppierung dient. Die Wertepaare können dagegen auch als Dezimalzahlen (nach englischer Notation) verrechnet werden. Auf die Limitierung der Fallzahl von maximal $n = 2000$ muss geachtet werden.

Der exakten Plottersteuerung ist es zu verdanken, dass die Rohdaten (und falls eingezeichnet auch die Regressionsgeraden) mit einem Winkelmesser überprüft werden können. Sowohl für die Bildschirm- als auch für die Plotterausgabe (s. Abb. 3) sind die Graphikparameter modifizierbar. Über das Untermenü (Abb. 4) können die aktuell verwendeten Einstellungen eingesehen und gesteuert werden.

Parameter der Bildschirm- und Plottergraphik ändern

	<u><aktuell></u>	
<a> Regressionsgeraden zeichnen	<	>
 Regressionspunkte auf Ellipse	<	>
<c> Orthogonale Reg. zeichnen	<	>
<d> Orth. Regressionspunkte	<	>
<e> Ellipse zeichnen	<	>
<f> Ellipse gut zeichnen (Bildschirm)	<	>
<g> Rohdaten einzeichnen	<	>
<h> Tickmarks auf den Achsen	<	>
<i> Skalierung einzeichnen (nur mit h)	<	>
<j> Gruppierungsvariable einzeichnen	<	>
<k> Plot in Farbe	<	>
<l> unterschiedliche Linientypen (Plot)	<	>
<m> KEINE WEITEREN ÄNDERUNGEN		
Welche Punkte sollen geändert werden	<	>

Abb. 4: Eingabeaufforderung zur Veränderung der Graphikparameter.

Clusteranalysen

Abstands- und Clusteranalysen sind multivariat-statistische Verfahren, die der automatischen Klassifikation (oder numerischen Taxonomie) dienen. Sie führen somit ähnliche oder verwandte Objekte zu Gruppen zusammen (vgl. Deichsel/Trampisch 1985, Mucha 1992, Schulze 1990, Steinhausen/Langer 1977).

Die Methode setzt sich aus der Berechnung eines Proximitätsmasses und der Fusionierung der Einzelobjekte zusammen (Abb. 5). Dabei sind die Ergebnisse stark von der Wahl der Proximitätsmasse und der Fusionsverfahren abhängig, d.h. verschiedene Vorgehensweisen können divergierende Cluster produzieren (Abb. 6-11). Allgemein gilt aber, dass einerseits die im Cluster zusammengeführten Gruppen homogen sein sollen, andererseits sich die Cluster voneinander deutlich differenzieren sollen (s. Backhaus et al. 1990).

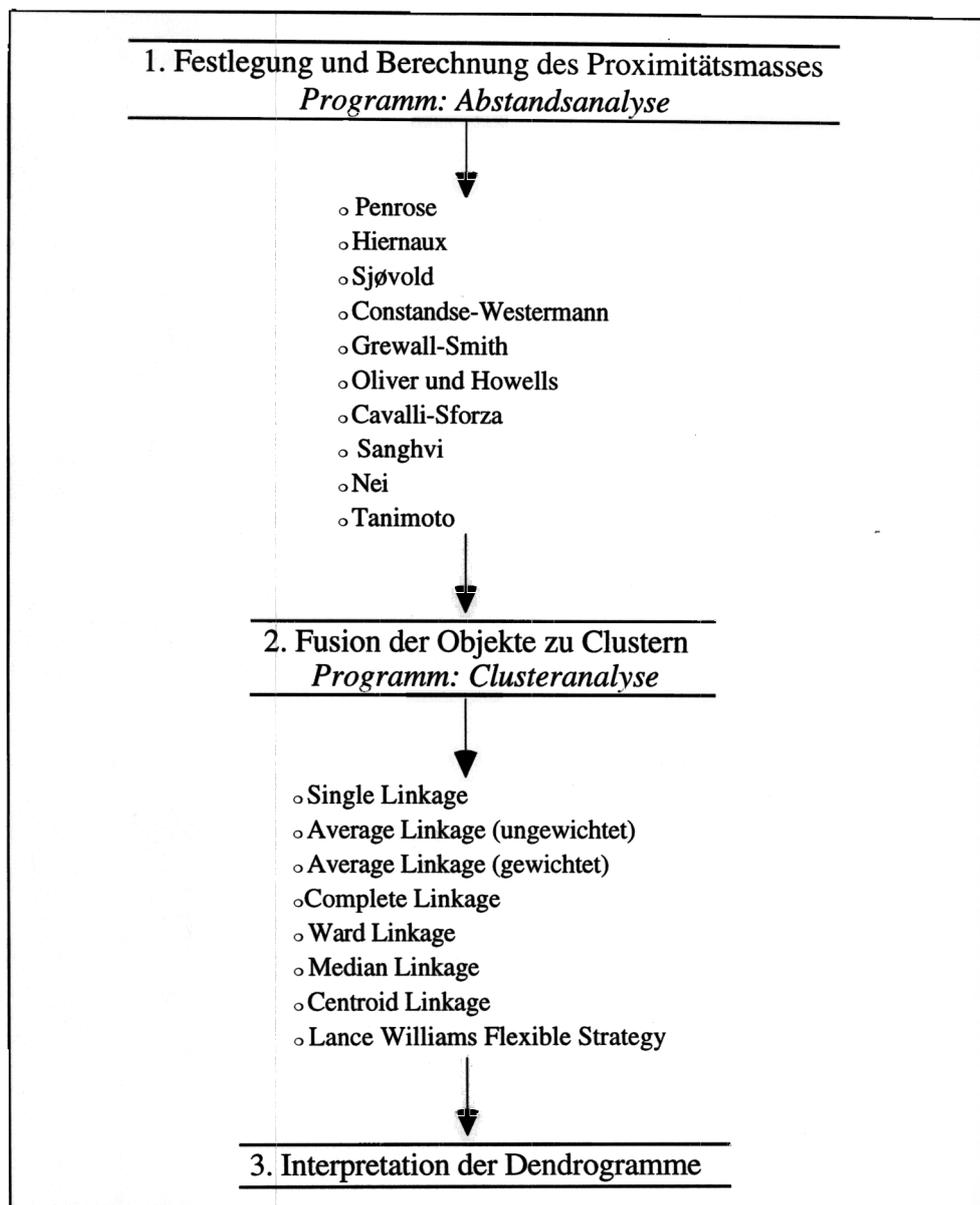


Abb. 5: Untersuchungsschritte der Clusteranalyse.

Der Fragestellung entsprechend muss ein Proximitätsmass ausgewählt werden. Für metrische Merkmale kann der approximierter, verallgemeinerte Abstand nach Penrose verwendet werden. Dieses Mass ermöglicht Gruppenvergleiche anhand von Mittelwerten und Standardabweichungen; es ist also nicht auf Individualdaten angewiesen. Obwohl die Interkorrelationen der Variablen nicht berücksichtigt werden, kann das Mass in einen Grössen- und Formabstand zerlegt werden. Aufgrund der grösseren Relevanz von Formunterschieden im taxonomischen Vergleich wird der Formabstand stärker gewichtet. Dieses Proportionsmass berücksichtigt die Varianz, also die Unterschiede zwischen den absoluten Differenzmassen der einzelnen Merkmale. Der Grössenabstand stellt dagegen ein Dimensionsmass dar, welches sich aus der Summe der absoluten Differenzmasse ergibt (Penrose 1954).

Liegen qualitative und quantitative Daten (metrische Merkmale und relative Häufigkeiten) vor, kann das Hiernaux-Abstandsmass eingesetzt werden. Die Verrechnung setzt aber die Kenntnis der Weltvariationsbreiten der Merkmale (Langenscheidt/Winkler 1984) voraus. Eine Signifikanzprüfung ist nach Hiernaux nicht möglich (Hiernaux 1965). Sollen lediglich absolute Häufigkeiten (qualitative Daten, z.B. Diskreta) verrechnet werden, so können die Abstandsmasse von Sjøvold oder Constandse-Westermann angewendet werden. Diese Berechnungen, die auch auf Signifikanz geprüft werden können, setzen Wertpaare voraus (s. Constandse-Westermann 1972; Sjøvold 1973, 1986). Die Divergenzmasse von Grewall-Smith und Oliver und Howells sind in der Lage, sowohl absolute, als auch relative Häufigkeiten zu verarbeiten (vgl. Finnegan/Coopridner 1978). Interkorrelationen der Variablen werden bei sämtlichen Abstandsmassen für qualitative Daten nicht berücksichtigt. Zur Clusterung von Gen- oder Allelfrequenzen stehen mit den Abstandsmassen von Cavalli-Sforza, Nei oder Sanghvi drei Verfahren zur Verfügung, die neben den Gruppenvergleichen auch Signifikanzprüfungen ermöglichen (s. Edwards/Cavalli-Sforza 1972, Nei 1972, 1978, Sanghvi/Balaskrishnan 1972). Wurden lediglich binäre Daten erhoben, können diese nach dem Tanimoto-Abstand verrechnet werden (Deichsel/Trampisch 1985).

Alle Verfahren erzeugen Ergebnisdateien mit Abstandsmatrizen, welche in einem zweiten Analyseschritt gebündelt werden können. Individuen oder Objekte mit fehlenden Werten werden an dieser Stelle von der Analyse ausgeschlossen. Die Berechnung der Abstandsmatrizen setzt aber einheitlich formatierte ASCII-Dateien voraus. Anweisungen zum Titel, dem Einleseformat und unter Umständen den Sigmas oder Weltvariationsbreiten (siehe oben) müssen zuvor in eine Steuerdatei geschrieben werden.

Das Programm CLUSTER verarbeitet dann diese Abstandsmatrizen, welche mit den oben genannten Proximitätsmassen erstellt wurden, zu Dendrogrammen. Dem Anwender stehen als Fusionsparameter hierarchisch agglomerative Verfahren zur Verfügung, wobei die Objekte isoliert in die Analyse einbezogen werden. Um die Gruppen- oder Objektzahl zu reduzieren, wird die Datenmatrix nach dem kleinsten Wert durchsucht und nach der Methode der Wahl um ein Objekt verringert (vgl. Knusmann 1992). Beim Single Linkage-Verfahren ist die Verkettung der Einzelobjekte, der sogenannte „chaining-Effekt“ zu beobachten. Dieser kommt zustande, da während der Fusionierung nur die Objekte mit dem kleinsten Abständen berücksichtigt werden. Die Folge sind heterogene Cluster. Das ungewichtete Average Linkage-Verfahren arbeitet dagegen mit den durchschnittlichen Objektabständen. Bei dem weighted Average Linkage fallen besonders grosse Gruppen ins Gewicht. Die Complete Linkage-Methode zeigt die Tendenz, eine Vielzahl von kleinen Clustern zu konstruieren. Median- und Centroid Linkage haben vielmehr die Tendenz zu Inversionen, das heisst, dass der kleinste Wert der beispielsweise dritten Matrix kleiner sein kann, als der kleinste Wert der vorher reduzierten Matrix, was die Interpretation der Cluster erschwert. Die Lance Williams Flexible Strategy bietet dem Untersucher die Möglichkeit, das Beta selbst zu bestimmen. Mit dem Verfahren nach Ward wird gewährleistet, dass die Bündelungen homogen bleiben, da sie vom geringsten Zuwachs der Fehlerquadratsumme ausgeht (vgl. Bijnen/Stouthard 1973, Eckes/Rosbach

1980, Jain/Dubes 1988, Vogel 1975, Wishart 1984). Aber all diese dualsequenziellen Verfahren müssen durch ihre starre Paarbildung nicht den originären Daten entsprechen.

Allgemein bleibt nachzutragen, dass die zweidimensionalen Dendrogramme, also die visualisierten Ergebnisse der Clustering in Form von Baumdiagrammen, natürlich eine grobe Schematisierung darstellen. Der Versuch, komplexe taxonomische Zusammenhänge in Dendrogramme zu projizieren, muss als Vereinfachung angesehen werden und erlaubt aufgrund des deskriptiven Charakters keinerlei direkte kausalen Interpretationen (s. Schulze 1990).

Zur Veranschaulichung der unterschiedlichen Methoden und deren Ergebnisse wurden anhand einer fiktiven Stichprobe von Frauen und Männern diverse Fusionsverfahren appliziert. Die nachstehenden Dendrogramme der Penrose-Abstandsanalysen verdeutlichen, dass sowohl die Cluster als auch die Abstände grösstenteils nicht kongruent sind.

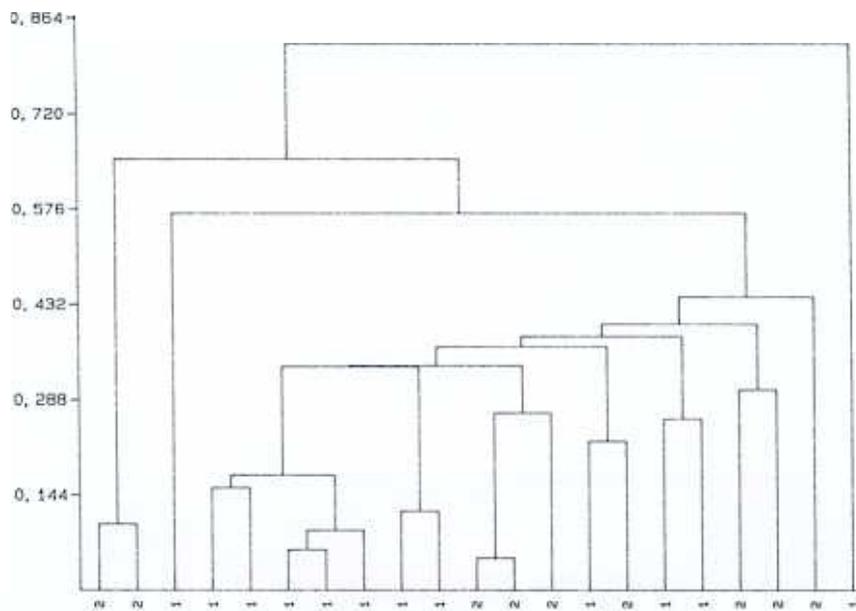


Abb. 6: Penrose-Gesamtabstand nach Single Linkage-Fusion.

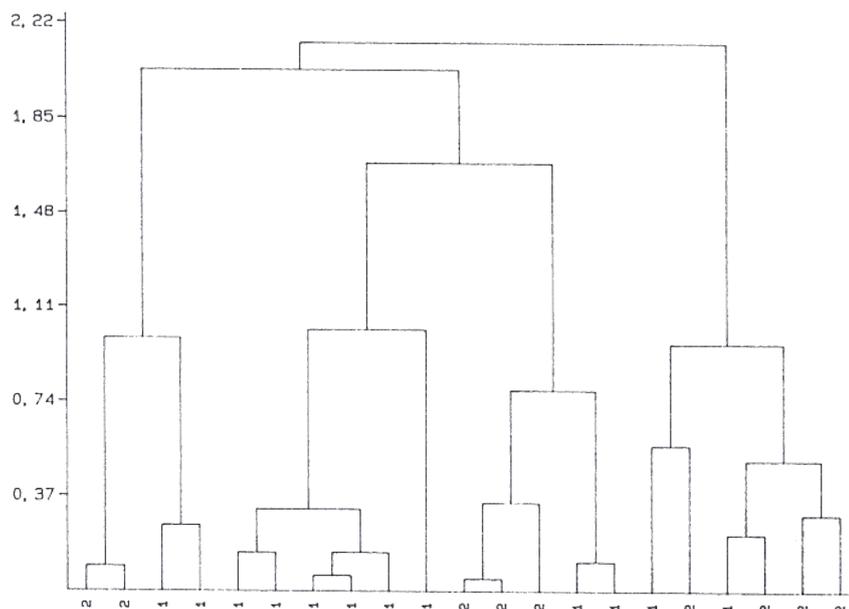


Abb. 7: Penrose-Gesamtabstand nach Average Linkage-Fusion.

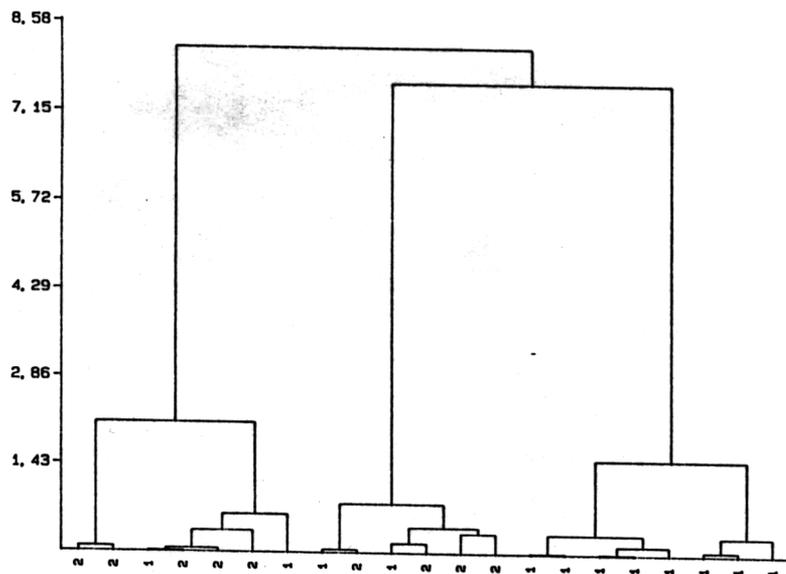


Abb. 8: Penrose-Formabstand nach Ward-Fusion.

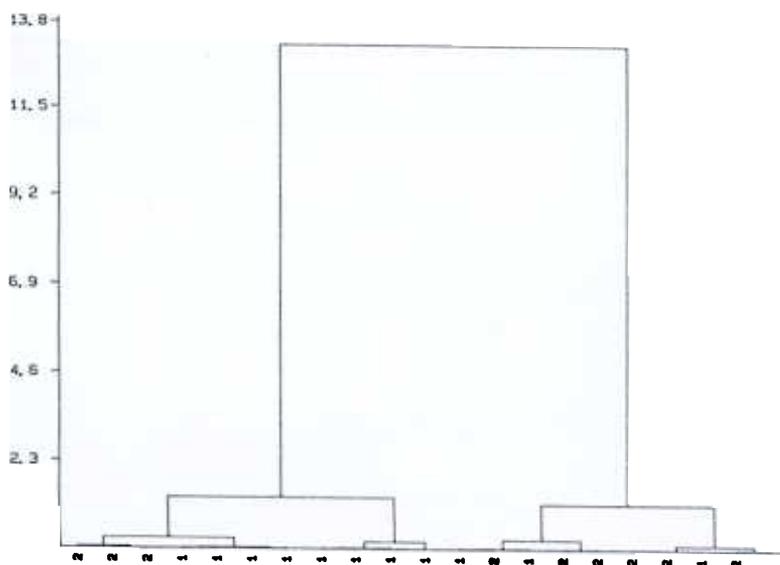


Abb. 9: Penrose-Größenabstand nach Ward-Fusion.

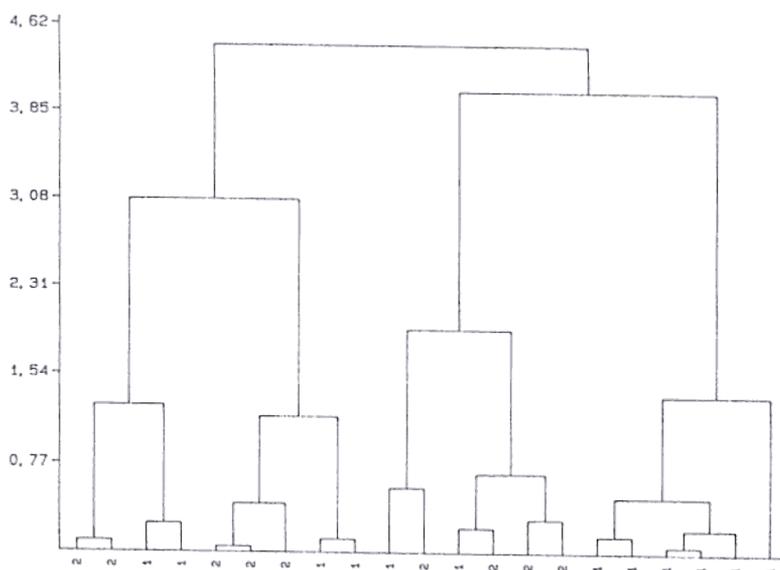


Abb. 10: Penrose-Gesamtabstand nach Complete Linkage-Fusion.

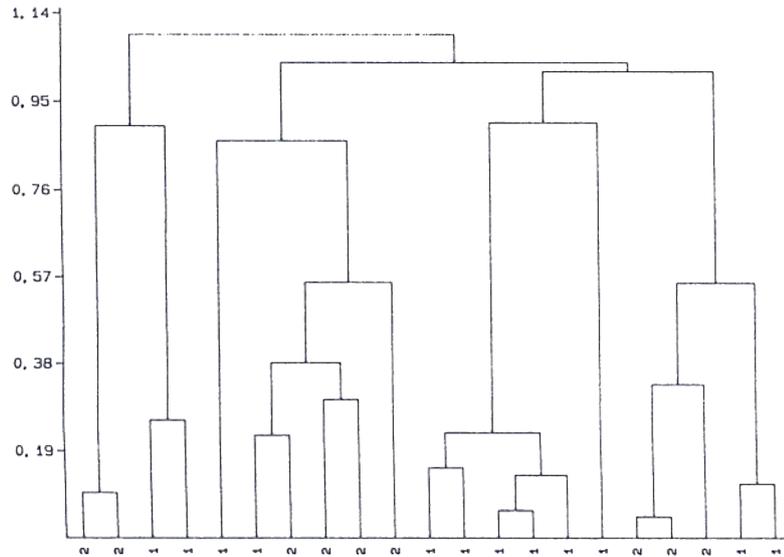


Abb. 1 Penrose-Gesamtabstand nach Centroid-Fusion.

Literaturverzeichnis

Backhaus K., Erichson B., Plinke W., Weiber R. 1990

Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 6. Auflage. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

Bijnen E.J., Stouthard P.C. 1973

Clusteranalysis. Survey and evaluation of techniques. Tilburg University Press, Tilburg.

Constandse-Westermann T.S. 1972

Genetical Affinities between Populations in Western Europe and Scandinavia. In: Weiner J.S. und Huizinga J. (Hg.), The Assessment of Population Affinities in Man. Clarendon Press, Oxford.

Deichsel G., Trampisch H.J. 1985

Biometrie. Clusteranalyse und Diskriminanzanalyse. Fischer, Stuttgart.

Eckes T., Rossbach H. 1980

Clusteranalysen. Kohlhammer, Stuttgart.

Edwards A.W.F., Cavalli-Sforza L.L. 1972

Affinity as revealed by differences in Gene frequencies. In: Weiner J.S. und Huizinga J. (Hg.), The Assessment of Population Affinities in Man. Clarendon Press, Oxford.

Finnegan M., Coopriider K. 1978

Empirical Comparison of Distance Equations Using Discrete Traits. Am. J. Phys. Anthrop. 49, S. 39-46.

Hiernaux J. 1965

Une nouvelle mesure de distance anthropologique entre populations, utilisant simultanément des fréquences génétiques, des pourcentages de traits descriptifs et des moyennes métriques. C. R. Acad. Sc. Paris, t 260, S. 1748-1750.

Jain A.K., Dubes R.C. 1988

Algorithms for Clustering Data. Prentice Hall Advanced Reference Series. Englewood Cliffs, New Jersey.

Knussmann R. 1967

Penrose-Abstand und Diskriminanzanalyse. *Homo* 18, S. 134-140.

Knussmann R. (1992)

Biostatistik. In: Knussmann R. (Hg.), *Anthropologie*. Bd I/2. Fischer, Stuttgart, Jena.

Langenscheidt F., Winkler E. 1984

Zur Weltvariationsbreite metrischer, serologischer und dermatoglyphischer Merkmale bei menschlichen Populationen im Hinblick auf die Berechnung des Hiernaux-Abstandes. *Homo* 35, S. 49-60.

Martin R. 1914

Lehrbuch der Anthropologie. Fischer, Jena.

Mucha H.-J. 1992

Clusteranalyse mit Mikrocomputern. Akademie, Berlin.

Nei M. 1972

Genetic Distance between Populations. *Amer. Nat.* 106, S. 283-292.

Nei M. 1978

Estimation of Average Heterozygosity and Genetic Distance from a small Number of Individuals. *Genetics* 89, S. 583-590.

Penrose L.S. 1954

Distance, Size and Shape. *Annals of Eugenics* 18, S. 337-343.

Precht M., Kraft R. 1992

Bio-Statistik 1. 5. Auflage. Oldenbourg, München, Wien.

Sanghvi L.D. 1953

Comparison of Genetical and Morphological Methods for a Study of Biological Differences. *Am. J. Phys. Anthropol.* 11, S. 385-404.

Sanghvi L.D., Balakrishnan V. 1972

Comparison of Different Measures of Genetic Distance between Human Populations. In: Weiner J.S. und Huizinga J. (Hg.), *The Assessment of Population Affinities in Man*. Clarendon Press, Oxford.

Sjøvold T. 1973

The occurrence of minor non-metrical variants in the skeleton and their quantitative treatment for population comparisons. *Homo* 24, S. 204-233.

Sjøvold T. 1986

Infrapopulationsabstände und die Genetik nichtmetrischer Merkmale. In: B. Herrmann (Hg.), *Innovative Trends in der prähistorischen Anthropologie*. Mitteilungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. Bd. 7, S. 81-93.

Schulze P.M. 1990

Beschreibende Statistik. Oldenbourg, München, Wien.

Steinhausen D., Langer K. 1977

Clusteranalyse. Einführung in Methoden und Verfahren der automatischen Klassifikation. W. de Gruyter, Berlin.

Schwidetzky I., Jäger H.-J. 1991

The Data Base* for prehistorical and historical anthropology in Mainz. *Homo* 42, 163-170.

Vogel F. 1975

Probleme und Verfahren der numerischen Klassifikation. Unter besonderer Berücksichtigung von Alternativmerkmalen. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen.

Winkler E. 1982

Zur systematischen Stellung der Population West-Kenias. Habil.-Schrift, Wien.

Wissenschaftliche Tabellen Geigy. 2. Nachdruck 1985, Ciba-Geigy AG, 8. Auflage. Basel.

Wishart D. 1984

Clustan. Benutzerhandbuch. Fischer, Stuttgart.

Anschrift

Udo Krenzer

Institut für Anthropologie

Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Colonel-Kleinmann-Weg 2 (SB II)

D - 55099 Mainz

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, Genève

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 Ulrich@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

Binnenanalyse: Ein anwendungsorientierter kritischer Überblick¹

Ariane Kemkes-Grottenthaler

Abstract

Infra-populational analyses will become more and more important within the field of prehistoric anthropology in terms of future research projects. The advantage of these mostly innovative research queries is to a large extent based on the fact that they allow inferences about basic sociocultural phenomena that might - in comparison with classical skeletal studies - otherwise go undetected. The post mortem reconstruction of marriage systems, familial associations or settlement patterns of a single series or whole skeletal pools can thus contribute to the understanding of archaeological samples.

As enticing as the results of such analyses may be, a critical review of the methods applied is warranted - and not just in terms of their validity. The criticism voiced in connection with the cited literature is justified in highlighting the basic problems of infra-group analyses.

Einleitung

Die Binnenanalyse hat nicht zuletzt mit dem mengenmässigen Zuwachs osteologischer Daten mehr und mehr an Bedeutung gewonnen, dient sie doch der Rekonstruktion populationsbiologischer und bevölkerungshistorischer Prozesse. Versteht man Skelette im ureigensten Sinne als biographische Merkmalsträger, erschliessen sich der prähistorischen Anthropologie über die individuellen Lebensgeschichten die Lebensbedingungen, Lebensweisen und Lebensgewohnheiten ganzer Bevölkerungsgruppen. So gesehen vermag die Osteologie oftmals Binnendifferenzierungen im Sinne von Siedlungsstrukturen, Familienbanden oder Heiratssystemen anhand der knöchernen Strukturen aufdecken, die mit ethnohistorischen Befunden koinzidieren.

Binnenanalytische Datenbasis

Binnenanalysen können auf der Grundlage einer oder mehrerer Serien durchgeführt werden. Der erstgenannte - und in vielerlei Hinsicht klassische - Ansatz erarbeitet anhand einer Serie eine sozial-, alters- oder geschlechtsspezifische Binnenstruktur, die in der Regel nur für die zugrundeliegende Serie Gültigkeit hat. Im Falle dokumentierter Serien lassen sich so punktuelle Einblicke in sozio-kulturelle Aspekte längst vergangener Epochen gewinnen, wie anhand des renommierten Spitalfields-Projekts aufgezeigt werden kann (vgl. Molleson/Cox 1993). Die Bearbeitung eines Serienpools erlaubt hingegen eine grossangelegte Bevölkerungsrekonstruktion im Sinne einer ethnien-spezifischen Bevölkerungsgeschichte. So lassen sich letzt-

¹ Vortrag gehalten am SGA/AGHAS-Workshop vom 1.-2. Dez. 1995 in Basel unter der Leitung von Prof. Dr. Winfried Henke/Mainz.

endlich Binnentrends herausarbeiten, die über das Serienniveau hinaus Rückschlüsse auf das Sozialverhalten einer grösseren Gruppe zulassen. Dieser letztgenannte Ansatz ist dabei klar von der Zwischenanalyse zu trennen, bei der die Fragestellung primär auf eine Differenzierung der herangezogenen Serien abzielt. Bei der Bearbeitung archivierter Skelettkollektive müssen allerdings binnen- und zwischenanalytische Prinzipien oftmals gleichermassen Anwendung finden. So gingen z.B. bei der Aufarbeitung der amerikanischen Over-Sammlung, einer durch Reburial-Bestrebungen gefährdeten indianischen Skelettserie, binnen- und zwischenanalytische Verfahren Hand in Hand, um einerseits eine Differenzierung der einzelnen Plains-Kulturen zu ermöglichen, aber andererseits die typischen Charakteristika dieser proto- und prähistorischen Bevölkerungsgruppe herauszustellen (vgl. Owsley/Jantz 1994).

Die Frage, ob nun eine oder mehrere Serien für eine Binnenanalyse herangezogen werden soll, erscheint auf den ersten Blick trivial. Da hier aber bereits eine Vorselektion der im weiteren anwendbaren statistischen Verfahren getroffen wird, ist diese Entscheidung von immenser Bedeutung. Eine noch grössere Rolle spielt jedoch die Art der Verteilung der gegebenen Werte. Bei der Spurenelementanalyse zum Beispiel scheiden sich die Expertenmeinungen dahingehend, ob die Voraussetzung einer Normalverteilung a priori gegeben ist. Der Vorteil der parametrischen Verfahren liegt eindeutig auf der Ebene der Effizienz. Gemeint ist damit das Verhältnis des für einen Signifikanznachweis erforderlichen Stichprobenumfangs bei parametrischen beziehungsweise nichtparametrischen Verfahren, das bei parameterfreien Verfahren immer geringer ausfällt. Nichtparametrische Verfahren sind demgegenüber aber als „Schnelltests“ bekannt, die numerisch leicht zu handhaben sind und mit denen auch qualitative Merkmale sowie Rangdaten bewältigt werden können.

Datenproblematik

Wichtig für das Verständnis um die grundsätzliche Problematik ist zunächst die Klärung der Termini „Population“ respektive „Bevölkerung“, die - oftmals unkritisch reflektiert - Niederschlag in der gängigen Fachliteratur finden. In der (prä)historischen Anthropologie versteht man darunter fast ausnahmslos die Kollektivdaten Toter, so dass man korrekterweise von einer „Bevölkerung der Verstorbenen“ sprechen sollte, die der Erschliessung einer rekonstruierten (prä)historischen Lebendbevölkerung dient.

Abgesehen von osteologischen Sammlungen, in denen Skelette unterschiedlichster Provenienz und Zeitstellung für Forschungszwecke archiviert werden, handelt es sich bei den meisten Skelettserien um die in einem mehr oder weniger sicher dokumentierten beziehungsweise nachweisbaren Belegungszeitraum verstorbenen Mitglieder einer sozialen Gemeinschaft. Dabei gilt es aber immer zu berücksichtigen, dass die auf dem Friedhof Bestatteten nur eine Teilmenge einer realiter existierenden Sozialgemeinschaft darstellen. Eine weitere Besonderheit der Friedhofsserie liegt in der Art und Weise ihrer Formierung, denn im Laufe der jahre-, jahrzehnte- oder jahrhundertelangen Nutzung eines Friedhofsareals akkumulieren sich die Bestattungen - von taphonomischen Prozessen oder nachträglicher Bebauung einmal abgesehen. Somit ist eine derartige Serie vor allem durch einen stetigen Zuwachs gekennzeichnet, was einer durch Entwicklungstrends und Fluktuationen charakterisierten Population im demographischen Sinne ganz und gar widerspricht (vgl. Drenhaus 1992).

Dieser derart eingeschränkte Bevölkerungsbegriff ist ergo den in der Biologie beziehungsweise Statistik oder Demographie gebräuchlichen globalen Definitionen gegenüberzustellen. Versteht man in der Biologie unter dem genannten Terminus nur eine begrenzte Anzahl phäno- und genotypisch verschiedenartiger Individuen, so beschränkt man den Begriff in der Statistik wie folgt auf „alle potentiell untersuchbaren Einheiten, die ein gemeinsames Merkmal (oder eine gemeinsame Merkmalskombination) aufweisen“ (Bortz 1989, S. 111). Demge-

genüber legt die Bevölkerungswissenschaft ein primäres Augenmerk auf eine definatorische Abgrenzung von Kollektiven untereinander. Dies geschieht über Merkmale, die die Bevölkerungsgesamtheit unter verschiedenen Gesichtspunkten zu differenzieren vermögen. In diesem Sinne zerfällt die Bestandsgesamtheit unter anderem in die ortsanwesende Bevölkerung, die Staatsbevölkerung, die Wohnsitzbevölkerung oder die Stammsitzbevölkerung. Keine dieser Bevölkerungen entspricht aber den Erfordernissen einer demographisch-operationalen Begriffsdefinition in Gänze, so dass das jeweilige Konzept der spezifischen Fragestellung angepasst werden muss (vgl. Esenwein-Rothe 1982).

Aus dem Dargelegten wird augenblicklich klar, dass eine (prä)historische Serie nur unter Vorbehalt als Population im Sinne der vorgenannten Wissenschaftsdisziplinen anzusprechen ist. Um dennoch sinnvoll mit osteologischem Quellenmaterial operieren zu können, werden daher einige Annahmen apriorisch festgesetzt. Von seiten der Archäologen sind der Grad der Vollständigkeit des geborgenen Materials sowie die feinchronologische Zuordnung zu gewährleisten. Dem Anthropologen hingegen obliegt die Individualisierung der Skelettfunde. Dabei stehen die Bestimmung des Geschlechts und des Sterbealters im Vordergrund. In Abhängigkeit vom Erhaltungszustand variiert allerdings das zur Verfügung stehende Methodenspektrum, so dass bei der Individualdiagnose durchaus mit systematischen Fehlbestimmungen in puncto Geschlechtszuweisung (vgl. Weiss 1972, Meindl et al. 1985) beziehungsweise Sterbealterdiagnose (Kemkes-Grottenthaler 1996a) zu rechnen ist.

Faktoren, die eine Binnendifferenzierung bedingen

Bei Durchsicht der aktuellen Literatur lassen sich zwanglos und ohne Anspruch auf Vollständigkeit vier Komponenten herausarbeiten (vgl. Abb. 1).

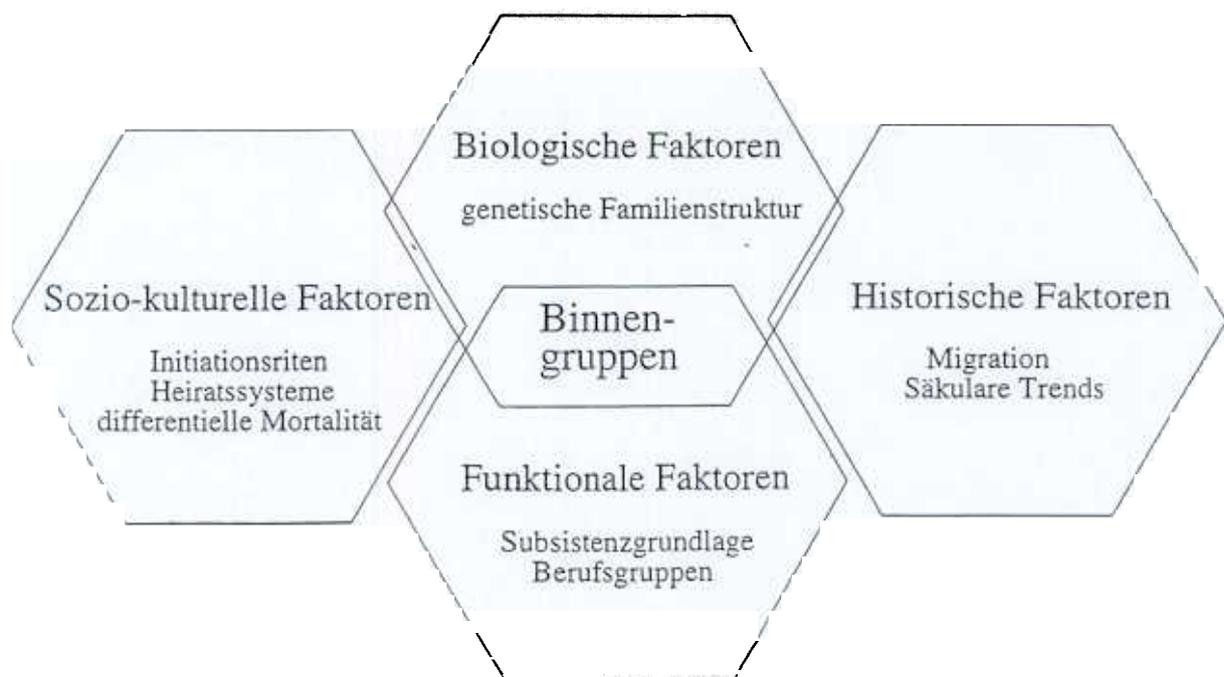


Abb. 1: Vier Faktoren, die eine Binnendifferenzierung bewirken können. Die Überlappung der Waben soll gleichzeitig die Vernetzung innerhalb dieses Faktorenkonglomerats zeigen.

Voraussetzung ist natürlich, dass das zugrundeliegende Phänomen am osteologischen Substrat direkt oder indirekt nachweisbar ist. Aufgrund der Vielzahl und des komplexen Zusammenspiels der Phänomene, die eine Binnendifferenzierung bewirken können, ist die Aufstellung eines Kompendiums möglicher statistischer Verfahren mühselig. Vielmehr muss in Hinblick auf die vielfältigen Merkmale, die an der Herausbildung dieser Binnentrends beteiligt sind, oftmals statistisches Neuland betreten werden. Insofern hat sich die Aussage von Rösing (1986) letztlich bewahrheitet, dass diesen innovativen Ansätzen in Zukunft immer grössere Bedeutung zukommen wird.

Fehlerquellen

Natürlich muss beim Aufspüren von Binnentrends immer die Möglichkeit offengelassen werden, dass das beobachtete Phänomen nur zufällig oder durch Fehlberechnung entstanden ist. So ist in erster Linie auf Ausreisser im Sinne von Mess-, Beurteilungs- oder Rechenfehlern zu achten. Wesentlich schwieriger gestaltet sich hingegen ein differentialdiagnostischer Ausschluss von Pathologien beziehungsweise die Eruierung biogener Dekompositionerscheinungen. Vor allem für Spurenelementuntersuchungen sind diese Einflussgrössen von grösster Wichtigkeit, wie neuere Studien eindrucksvoll darlegen (vgl. Larsen et al. 1995, Winchell et al. 1995, Murray/Perzigian 1995, Sutter 1995, Crist 1995, Katzenberg/Pfeiffer 1995).

Wie schon eingangs erwähnt, liegt in der Natur der archäologischen Serie ein Problem besonderer Art begründet. Dies betrifft vor allem die schon angesprochene Frage nach der Repräsentativität der Stichprobe. Nach Saunders/Hoppa (1993) lassen sich diesbezüglich drei primäre Einflussgrössen ausmachen: „*biological mortality bias*“, „*cultural mortality bias*“ und „*environmental mortality bias*“. Können diese drei Einflüsse ausgeschlossen werden, ist die Annahme einer repräsentativen Stichprobe weitgehend legitim. Zu den biologisch gesteuerten Faktoren, die einen Sterbegipfel künstlich erhöhen beziehungsweise nivellieren, ist die Vermutung zu zählen, dass ältere Individuen - im biologischen Sinne - einer elitären Gruppe angehören, die aufgrund ihrer speziellen physiologischen oder morphologischen Charaktere in der Lage war, ihre Zeitgenossen zu überleben. Kulturell geprägter Einfluss hingegen bezieht sich auf alters-, geschlechts-, klassen-, status- oder todesursachenabhängige Bestattungspraktiken. Hier wäre insbesondere an das Phänomen der Sonderbestattungen zu denken (vgl. Schwidetzky 1967, Wahl 1994). Durch Umwelteinflüsse geprägte Sterbegipfel sind durch Unterschiede im Liegemilieu bedingt, die zu einer Beschleunigung respektive Verlangsamung des normalen Skelettierungsprozesses führen können.

Als nächstes gilt es, den Belegungszeitraum so genau wie möglich einzugrenzen. Die exakte Festlegung der Eckdaten eines Gräberfeldes vom Anbeginn der Belegung bis zum Offenlassen des Areals allein genügt allerdings nicht; vielmehr muss eine eindeutige Binnenchronologie herausgearbeitet werden. Fehlen diese essentiellen Angaben, werden alle Verstorbenen zwangsläufig als Zeitgenossen angesehen. Das Postulat, alle Individuen eines Gräberfeldes seien mithin Mitglieder einer Kohorte, ist - trotz des offensichtlichen statistischen Vorteils - allerdings hochgradig unrealistisch. Gerade bei Friedhöfen, die über einen langen Belegungszeitraum genutzt wurden, ist ein Wandel in der Bevölkerungsstruktur durch Umweltveränderungen oder sozio-kulturelle Umwälzungen nicht nur anzunehmen, sondern sogar mehr als wahrscheinlich. Trotz feinchronologischer beziehungsweise typologischer Untersuchungen von seiten der Archäologen und Prähistoriker schöpfen allerdings nur wenige paläodemographische Studien dieses Potential aus (vgl. Macchiarelli/Salvadei 1994).

Schliesslich ist auch der Grad der Homogenität beziehungsweise Heterogenität der zugrundeliegenden Stichprobe zu beachten (vgl. Key/Jantz 1990). So liegt bei einem hohen Grad an Intrastichproben-Heterogenität die Annahme nahe, dass es sich bei der zu untersuchenden

Serie nicht um eine, sondern um mehrere lokale Sozialgefüge handelt, die aus unbekanntem Gründen ein und denselben Bestattungsplatz nutzen, wie dies z.B. für den indianischen Friedhof Leavenworth angenommen werden muss (Byrd/Jantz 1994). Mittels eines diskriminanzanalytischen Ansatzes unter Einbeziehung 15 kranialer Masse war man in der Lage, eine populationsbiologische Differenzierung aufzuzeigen, die mit linguistischen und soziokulturellen Eigenheiten koinzidiert. Erst das auffällige Mass an Heterogenität innerhalb der Stichprobe und ein Vergleich mit anderen synchronen indianischen Bestattungsplätzen, die einen wesentlich homogenen Charakter aufwiesen, konnten letztendlich den Verdacht einer horizontalen Stratigraphie erhärten. Umgekehrt kann der Grad an Homogenität beziehungsweise Heterogenität auch für Binnenanalysen herangezogen werden (vgl. Königsberg 1988).

Das Aufspüren von Binnentrends

Da man in der Regel keinerlei Hinweise auf eine mögliche Binnendifferenzierung hat, gilt es zunächst, dass zu untersuchende Datenmaterial vorsichtig auf Unterschiede zu prüfen. Besonders geeignet scheint hier die Explorative Datenanalyse (EDA), die sowohl das Ausfindigmachen als auch die zusammenfassende Darstellung unbekannter Strukturen ermöglicht - dies vor allem bei unklarer Fragestellung, fehlender (unbekannter) Grundgesamtheit, kaum geplanter Datenerhebung, Unklarheit über die Auswahl der Modelle sowie bei quantitativ nicht fassbarer Aussagegenauigkeit (vgl. Hartung et al. 1995). Im wesentlichen handelt es sich dabei um die althergebrachten Methoden aus dem Spektrum der deskriptiven Statistik. Diese Verfahren werden zum Teil direkt übernommen oder zumindest den EDA-Kriterien angepasst. Teilweise entstehen so auch neue, interessante Aspekte der deskriptiven Datenanalyse. Im Gegensatz zur Beurteilenden Statistik baut die EDA jedoch nicht auf einem vorformulierten Wahrscheinlichkeitsmodell auf. Deshalb ist die Anwendung resistenter Schätzverfahren von eminenter Bedeutung, da die schlechten beziehungsweise ausreisserverdächtigen Daten weniger Angriffsfläche bieten. Vorteilhaft erweist sich auch die Tatsache, dass sowohl uni-, bi- als auch multivariate explorative Analyseverfahren zur Verfügung stehen (vgl. nachfolgende Aufstellung nach Hartung et al. 1995. Kursiv angeführte Verfahren können im SPSS/ PC +4.0 beziehungsweise im SPSS für Windows 6.0 Programmpaket angewählt werden).

◆ Univariate explorative Analysen

- Kenngrößen für Lage und Streuung einer Beobachtungsreihe
 - * *Median; empirisches 0.5-Quantil*
- Empirische Kenngrößen bei gruppierten Daten
- Symmetrisierung der Daten durch *Datentransformation*
- graphische Darstellung
 - * *Box-Plots; Stamm-und-Blätter-Darstellung*
- *Histogramme* und *empirische Verteilungsformen*
- Empirische Dichten
 - * *Dichteschätzer; Kernschätzer*
- Wurzeldiagramme
- *Q-Q-Plots* zur Überprüfung von Verteilungsannahmen

◆ Bivariate explorative Analysen

- *Glättung* einer Punkteschar im zweidimensionalen Koordinatensystem
- Explorative Regressionsgraden (schnell und gegen Ausreisser robust)
- Linearisierung zweidimensionaler Punktescharen durch *Datentransformation*

◆ Multivariate explorative Analysen

- *Scatter-Plot*
- Multidimensionale Skalierung (MDS)

- Clusteranalyse
- Faktorenanalyse
- diverse graphische Verfahren

Die bereits angesprochenen robusten Schätzungen erweisen sich vor allem gegenüber Ausreißern resistent. So können viele Schätzfunktionen wie z.B. das arithmetische Mittel unbefriedigende Werte liefern, wenn diese Ausreißer nicht zuvor eliminiert werden. Robuste Schätzfunktionen werden hingegen von Ausreißern nicht oder zumindest wenig beeinflusst. Das geläufigste Beispiel für einen robusten Schätzer ist der Median. Die Robustheit des Medians gegenüber Ausreißern wird allerdings beim Vorliegen normalverteilter Daten mit einer im Vergleich zum arithmetischen Mittel reduzierten Güte erkauft. Daher ist es oftmals vorteilhaft sog. Skalen- oder Lokationsschätzern den Vorzug zu geben (vgl. Tabelle 2).

Tab. 1: Gegenüberstellung von Skalen- und Lokationsschätzern (nach Hartung et al. 1995). Kursiv gedruckte Verfahren können im SPSS-PC +4.0 beziehungsweise im SPSS for Windows 6.0 Programmpaket angewählt werden.

Skalenschätzer	Lokationsschätzer
Standardabweichung	<i>M-Schätzer für die Lokation</i> <i>- Huber-k-Schätzer</i> <i>- Andrew's weight und Tukey's biweight</i>
Median der absoluten Abweichungen vom Median (MAD)	<i>L-Schätzer für die Lokation</i> <i>- α-getrimmte Mittel</i> <i>- α-winsorisierte Mittel</i> <i>- α-Gastwirth-Cohen-Mittel</i>
Quartilabstand	<i>R-Schätzer für die Lokation</i>

Fallstudien

Im weiteren sollen zwei Binnenanalysen beispielhaft auf ihren Aussagewert und die sinnvolle Anwendung der gewählten statistischen Verfahren evaluiert werden. Die Auswahl der im folgenden besprochenen Literaturbeispiele wurde in erster Linie durch ihren Grad an Aktualität respektive Innovativität bestimmt. Anthropologischer und statistischer Ansatz werden gesondert, aber gleichberechtigt beurteilt.

Exkurs I: T. Molleson; Social implications of mortality patterns of juveniles from Poundbury Camp, Romano-British Cemetery.

Diese Studie, ein Beispiel für den klassischen auf einer Serie beruhenden Ansatz, umfasst etwa 1200 Bestattungen, deren Erhaltungszustand als sehr gut anzusprechen ist. Dabei handelt es sich schätzungsweise nur um ein Viertel des aus dem 1. bis 5. Jahrhundert überlieferten Friedhofes, womit die Gesamtzahl der Bestattungen bei etwa 5000 anzusetzen ist. Da alle Alters- und Geschlechtsgruppen gleichmäßig über das Gesamtareal verteilt sind und zudem Häufungen bestimmter epigenetischer Merkmale beobachtet werden konnten, liegt die Vermutung nahe, dass es sich bei diesen lokalen Gruppierungen um Familienbestattungen handelt. Wesentlich auffälliger schien Molleson jedoch ein ungleiches Geschlechtsverhältnis in der juvenilen Altersklasse: Mädchen waren offensichtlich auf das gesamte ergrabene Areal

bezogen etwa dreimal so häufig vertreten wie Jungen. Aufgrund der historischen Quellenlage wird die Übersterblichkeit der Mädchen auf die sozio-ökonomischen Verhältnisse innerhalb einer agrarisch orientierten Gesellschaft zurückgeführt, die den männlichen Mitgliedern eine höhere Wertschätzung innerhalb der Orts- oder Familiengemeinschaft entgegenbringt. Die Argumentationsbasis fusst auf einer Sterbetafelanalyse sowie dem Vergleich der eruierten Altersverteilung mit zwei alters- und geschlechtsdokumentierten Serien (vgl. Abb. 2 sowie Tab. 2).

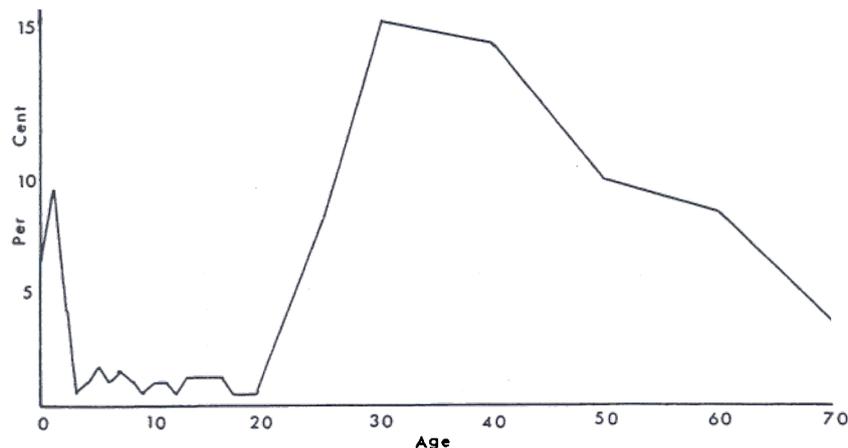


Abb. 2: Sterbeverteilung der Poundbury-Serie (Molleson 1989, S. 30; Fig. 1).

Diese Interpretation scheint auf den ersten Blick plausibel. Betrachtet man aber den Verlauf der Altersverteilung genauer (vgl. Abb. 2), so fällt zunächst einmal der steile Anstieg im perinatalen Abschnitt auf sowie ein zweiter Sterbegipfel in den frühadulten Lebensjahren. Somit ist zwar visuell der Beweis erbracht, dass tatsächlich eine geringe Kinder- und Jugendlichersterblichkeit vorzuliegen scheint, eine Verifikation des damit auch implizierten Kleinkinderdefizits (vgl. Angel 1969, Ledermann 1969, Brothwell 1971, Bocquet/Masset 1977) wird aber nicht vorgenommen. Da darüber hinaus keine Geschlechtsdifferenzierung im Verlauf der Altersverteilung vorgenommen wird, bleibt unklar, ob männliche und weibliche Individuen tatsächlich nur in der Altersklasse „juvenis“ oder eventuell auch in den übrigen Alterskategorien differentielle Sterblichkeiten aufweisen; denn es ist mit Sicherheit unwahrscheinlich, dass die Strategie eines differentiellen Elterninvestments erst ab der juvenilen Altersstufe einsetzt. Wenn der Reproduktionswert eines Kindes vom Geschlecht abhängig ist, wird geschlechtsdiskriminierendes Elternverhalten bereits kurz nach der Geburt einsetzen (vgl. Voland 1992). Zudem ist die Argumentation, dass beobachtete geschlechtsspezifische Missverhältnis sei in erster Linie in Agrargesellschaften vorzufinden, nicht ohne weiteres aufrechtzuerhalten. Von seiten der Historiker werden - für zugegebenermassen andere Zeithorizonte - weitere Interpretationsmodelle aufgezeigt, denen zwar auch sozialgeschichtliche und somit kulturell geprägte Verhaltensmuster zugrunde liegen, die aber nicht auf eine geringere Wertschätzung des weiblichen Geschlechts zurückzuführen sind (vgl. Nitschke 1989). Bedenkt man also, dass der fragliche Friedhof nur zu einem Viertel ergraben wurde, was die Frage der Repräsentativität aufwirft, und zudem die Altersgruppe „juvenis“ nur ein Drittel der Stichprobe ausmacht, so scheint - vor allem vor dem Hintergrund der unsicheren Geschlechtsbestimmung subadulter Skelette (vgl. Schutkowski 1990) - diese Schlussfolgerung nicht ganz stimmig.

Tab. 2: Vergleich der Altersverteilungen von Poundbury mit einer ungarischen Rezentserie und einer weiteren alters- und geschlechtsdokumentierten historischen Serie (nach Molleson 1989, S. 34; Table 1).

Referenzserie	Prämaturo	Perinatal	Kind	1-4	5-9	10-14	15-19	Adult
Poundbury	0.4	5.7	9.9	8.0	4.5	3.5	3.1	65
Ungarn (1959-60)	0	5.1	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4	93.3
Spitalfields (1729-1869)	0	0.5	8.9	9.2	1.0	1.0	2.6	76.8

Schliesslich ist auch die Gegenüberstellung der Sterbeverläufe der in Tabelle 2 aufgeführten Stichproben nicht ohne weiteres zulässig. Einmal wird dieser Mortalitätenvergleich zwischen den einzelnen Serien allein auf numerischer Ebene durchgeführt, d.h. ohne statistische Überprüfung auf Unterschiede. Darüber hinaus wird die Verteilung des Schätzalters² der Poundbury-Serie mit den Verteilungen des chronologischen Alters zweier dokumentierter Serien verglichen. Dies ist allein schon aufgrund der Diskrepanz zwischen biologischem und chronologischem Alter nicht zu empfehlen, zumal es sich bei der ungarischen Referenzserie um eine Anatomieserie handelt, deren Alters- und Geschlechtsaufbau naturgemäss anderen Einflussfaktoren unterliegen als die einer Friedhofsserie (vgl. Kemkes-Grottenthaler 1996b).

Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass die Quintessenz der Binnengruppenanalyse aus anthropologischer Sicht methodisch wenig abgesichert ist. Statistische Grundlagen, die reale Unterschiede in den Sterblichkeitsverteilungen verifizieren würden, fehlen gänzlich.

Exkurs II: K.N. Schneider und D.J. Blakeslee; Evaluating residence patterns among prehistoric populations: Clues from dental enamel composition.

Stellvertretend für den auf mehreren Serien fussenden Ansatz soll diese Untersuchung, der vier verschiedene Serien aus dem Zeithorizont der prähistorischen Arikara zugrunde liegen, exemplarisch herangezogen werden. Trotz des Serienpools ist die Zahl der Bestattungen mit 94 als relativ gering anzusetzen. Über Erhaltungszustand sowie Grössenordnung der Gesamtstichprobe werden bedauerlicherweise keine näheren Angaben gemacht. Dies ist besonders unter dem Gesichtspunkt der Stichprobenrepräsentativität ein grundsätzliches Defizit dieser Arbeit, da nicht einmal annäherungsweise Aussagen über die Qualität der Serie(n) gemacht werden können.

Aufgrund einer geschlechtsspezifischen Zusammensetzung des Zahnschmelzes wird für die vier untersuchten Serien eine Ernährungsumstellung für die Männer im Jugendalter postuliert. Untersucht wurden die essentiellen Elemente Kalzium und Phosphor, die essentiellen Spurenelemente Magnesium, Kupfer, Mangan, Schwefel, Zink und Eisen, die nichtessentiellen Spurenelemente Aluminium und Strontium sowie das nichtessentielle toxische Spurenelement Blei. Die differentielle Konzentration der genannten Elemente wird durch eine temporäre Abnabelung der männlichen Jugendlichen von der Gruppe im Rahmen eines Initiationsritus erklärt. Die Interpretation der Befunde fusst zum einen auf ethnohistorischem Quellenmaterial, zum anderen dienen eine Korrespondenz- sowie eine Vergleichsanalyse als statistische Grundlage (vgl. Abb. 3 und 4).

² Unabhängig von der zugrundeliegenden Schätzmethode, kann das Sterbealter - im Gegensatz zum chronologischen oder kalendarischen Alter - immer nur als Altersspanne angegeben werden. Im Anschluss daran erfolgt zumeist eine Altersklassentransformation im Rahmen der Sterbetafelanalyse. Die resultierende Altersverteilung wird durch diese Umverteilungsprozedur unverhältnismässig geglättet, wobei grössere Altersintervalle in noch grösserem Masse betroffen sind als kleine. Reale Sterbepfägel werden solchermassen maskiert.

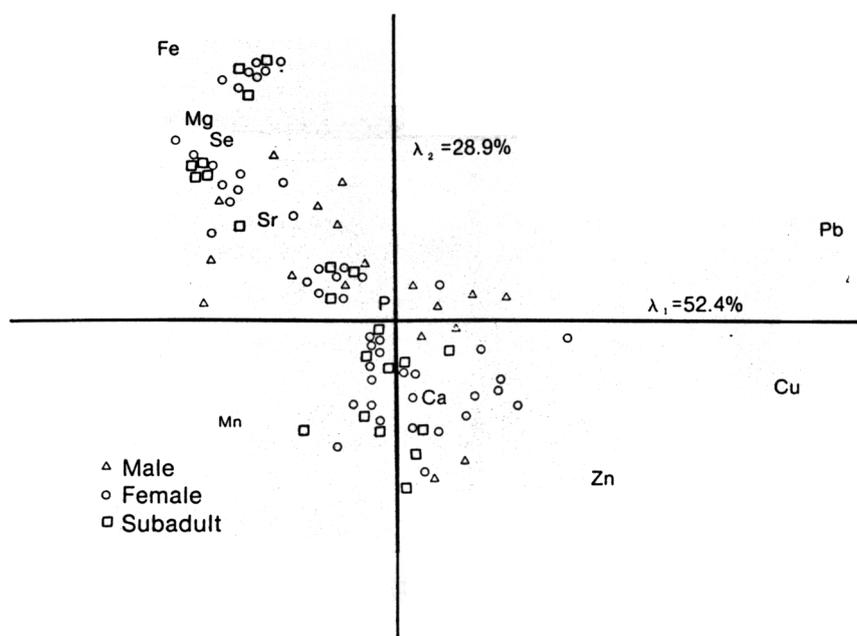


Abb. 3: Korrespondenzanalyse; Gesamtstichprobe ohne weitere Alters- oder Geschlechtsdifferenzierung in Relation zur Spurenelementkonzentration (Schneider/Blakeslee, 1990, S. 76; Fig. 2).

Um das Prinzip einer Korrespondenzanalyse exemplarisch darzustellen, sollen die folgenden Ausführungen genügen; für detaillierte Angaben wird auf die Primärliteratur verwiesen. Abbildung 4 zeigt die alters- und geschlechtsundifferenzierte Gesamtstichprobe, bei der sich keinerlei Binnentrends beobachten lassen. Abbildung 5 gewährt nach erfolgter Durchführung einer Korrespondenzanalyse - mittels der programmgesteuerten Ellipsen - Einblicke in die vorliegenden Binnenstrukturen. Dass diese Gruppierungen nicht nur Zufallsprodukte eines aufwendigen Graphikverfahrens sind, lässt sich durch eine Kontrollanalyse aufzeigen. Dies ist im vorliegenden Fall durch einen detaillierten Vergleich der Männer zu den Frauen der jeweils anderen Serien erfolgt. Würden sich bei diesen Gegenüberstellungen nämlich Regelmäßigkeiten zeigen, müsste das Ergebnis im Sinne exogamer Heiratssysteme interpretiert werden. Da aber anhand der vorgelegten Analysen weibliche Exogamie als Erklärungsmodell auszuschliessen ist - vor allem auch in Hinblick auf den hohen Grad an Homogenität innerhalb einer lokalen Stichprobe (vgl. dazu auch Königsberg 1988) - scheint das vorgestellte Szenario einer „out-migration“ durchaus plausibel.

Vorteilhaft bei diesem statistischen Ansatz erweist sich vor allem die Tatsache, dass eine Korrespondenzanalyse auch für Teilstichproben sinnvoll angewendet werden kann (vgl. Abb. 4). So lässt sich z.B. anhand der Gruppe der Subadulten nachweisen, dass die vier Serien sehr unterschiedliche Elementpräferenzen zeigen. Für Mobridge ist dies in erster Linie Selen, für Stony Point Phosphor, für Four Bear Kalzium und für Swan Creek Mangan. Vergleicht man entsprechend die erwachsenen Frauen mit der Gruppe der Kinder, so zeichnen sich die Frauen zwar durch eine grössere Variabilität aus, beide Teilstichproben clustern aber dennoch gemäss ihrer Herkunftsserie. Kleine Überlappungen zwischen einzelnen Serien können im Sinne eines lokal begrenzten mikrogeographischen Einflusses beziehungsweise abweichender Ernährungsgewohnheiten interpretiert werden. Deutlich zeigt sich ebenfalls, dass sich im Fall A die Männer nie zu den weiblichen und subadulten Individuen gruppieren. Die Fälle B, C und D sind hingegen weniger eindeutig: B besticht durch seinen Männerunterschuss (nur 2 männliche Individuen); C zeigt sogar zwei Cluster für Männer an, und D ist durch die geringfügige Überlappung aller drei Teilstichproben gekennzeichnet. Unverständlicherweise wird keine

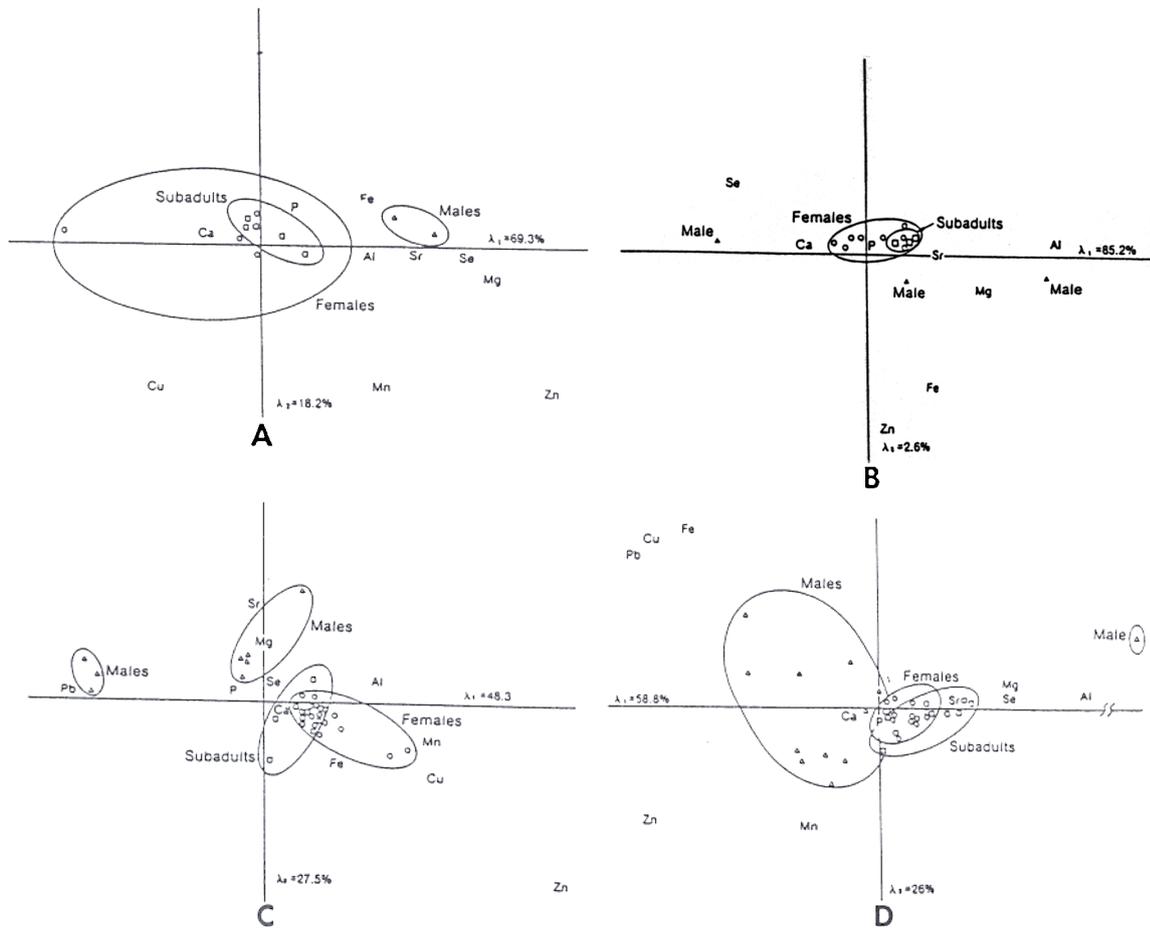


Abb. 4: Korrespondenzanalyse; geschlechts- und altersspezifische Verteilung in Relation zur Serienzugehörigkeit und Spurenelementkonzentration: (A) Four bear, (B) Stony Point, (C) Mobridge, (D) Swan Creek; Δ Männer; \circ Frauen; \odot Kinder (Schneider/Blakeslee 1990, S. 79; Fig. 5).

dieser Auffälligkeiten in der anschließenden Diskussion auch nur kommentiert beziehungsweise sinnvoll interpretiert.

Im Gegensatz zur exemplarischen Analyse I sind von statistischer Seite keine Bedenken anzumelden. Die Korrespondenzanalyse ist im Prinzip nur die graphische Aufbereitung einer zwei- oder mehrdimensionalen Kontingenztafel, die die Häufigkeiten aller auftretenden Merkmalskombinationen durch die Projektion sämtlicher Merkmalsausprägungen in den durch sie aufgespannten Raum darstellt. Objekte können so in eine sinnvolle Reihenfolge - etwa im Sinne einer chronologischen Abfolge oder natürlichen Anordnung in einem taxonomischen System - gebracht werden. Kritik kann sich demnach einzig gegen methodische Fehler richten. So fehlen Angaben zur genauen Alters- und Geschlechtszusammensetzung der Stichprobe sowie zum Erhaltungszustand. Grundlegend für eine abschliessende Bewertung ist zudem die Klärung, ab welchem Zeitraum sich eine Ernährungsumstellung im Knochen- beziehungsweise Zahns substrat nachweisen lässt und inwiefern die Dauer beziehungsweise das Zurückliegen dieser Umstellung Einfluss auf den Spurenelementgehalt des Untersuchungsmaterials ausübt. So wird im vorliegenden Fall postuliert, dass die jungen Männer ihre heimische Gruppe im Rahmen eines Initiationsritus verlassen haben, offensichtlich aber nach einiger Zeit wieder zurückkehrten. Da in puncto Spurenelementanalyse, trotz der allgemeinen Euphorie, noch ein Grossteil an Grundlagenforschung zu bewältigen ist, muss die Interpretation der-

artiger Befunde zunächst unter Vorbehalt erfolgen. Neben externen Faktoren (Subsistenzniveau, Ernährungspräferenzen) sind zudem interne Faktoren (individueller Metabolismus, Gesundheitszustand) sowie die post mortem Diagenese für den Spurenelementgehalt bodengelagerter Knochen verantwortlich (vgl. Herrmann et al. 1990). Methodenkritische Arbeiten warnen daher vor einer zu grossen Akzeptanz der bislang eruierten Befunde (Sandford 1992).

Zusammenfassung

Die Binnenanalyse wird zukünftig immer grösseren Raum in der prähistorischen Anthropologie einnehmen. Die Attraktivität der damit verknüpften innovativen Fragestellungen beruht vor allem darin, dass aus dem primär osteologischen Datenmaterial, Rückschlüsse auf elementare sozio-kulturelle Phänomene gezogen werden können, die über eine klassische Skelettbearbeitung hinausgehen. Die post mortem Rekonstruktion von Heiratssystemen, Familienverbänden oder Siedlungsstrukturen einzelner Serien beziehungsweise ganzer Serienpools kann somit zum Verständnis längst vergangener Kulturen beitragen.

So verlockend die Ergebnisse entsprechender Analysen auch sein mögen, so ist eine kritische Bestandsaufnahme der angewandten Verfahren - nicht zuletzt hinsichtlich ihrer Aussagekraft - von immenser Bedeutung. Die Kritik, die an den aufgeführten Beispielen geübt wird, ist in erster Linie dazu gedacht, einige Grundprobleme des binnenanalytischen Ansatzes aufzuzeigen.

Literaturverzeichnis

Angel J.A. 1969

Bases of paleodemography. *Am. J. Phys. Anthrop.* 30, S. 427-438.

Bocquet J.P., Masset C. 1977

Estimateurs en paléodémographie. *L'Homme* 17, S. 65-90.

Bortz J. 1989

Statistik für Sozialwissenschaftler. Springer, Berlin.

Brothwell D.R. 1971

Paleodemography. In: Brass W. (Hg.), *Biological aspects of demography. Symposia of the Society for the Study of Human Biology*, Vol. X, S. 111-130. Taylor & Francis Ltd., London.

Byrd J.E., Jantz R.L. 1994

Osteological evidence for distinct social groups at the Leavenworth site. In: Owsley D.W./Jantz R.L. (Hg.), *Skeletal biology in the Great Plains. Migration, warfare, health and subsistence*, S. 203-208. Smithsonian Institution Press, Washington.

Crist T.A.J. 1995

Bone chemistry analysis and documentary archaeology: dietary patterns of enslaved African Americans in the South Carolina Low Country. In: Grauer A.L. (Hg.), *Bodies of evidence*, S. 197-220. Wiley-Liss, New York.

Drenhaus U. 1992

Methoden der Paläodemographie. In: Martin R./Knussmann R. (Hg.), *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*, Bd. I, 2. Teil, S. 602-616. Gustav Fischer, Stuttgart.

Esenwein-Rothe I. 1982

Einführung in die Demographie. Franz Steiner, Wiesbaden.

- Hartung J., Elpelt B., Klösener K.-H. 1995
Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik, S. 825-886. R. Oldenbourg Verlag.
- Herrmann B., Grupe G., Hummel S., Piepenbrink H., Schutkowski H. 1990
Prähistorische Anthropologie. Leitfaden der Feld- und Labormethoden. Springer, Berlin.
- Katzenberg M.A., Pfeiffer S. 1995
Nitrogen isotope evidence for weaning age in a nineteenth century Canadian skeletal sample. In: Grauer A.L. (Hg.), Bodies of evidence, S. 221-236. Wiley-Liss, New York.
- Kemkes-Grottenthaler A. 1996a
Critical evaluation of osteomorphognostic methods to estimate adult age at death: A test of the „complex method“. *Homo* 46(3), S. 280-296.
- Kemkes-Grottenthaler A. 1996b
Sterbealterbestimmung anhand des ectocranialen Nahtverschlusses. Eine Evaluierung der Meindl-Lovejoy-Methode. *Rechtsmedizin* 6(6), S.177-184.
- Key P.J., Jantz R.L. 1990
Statistical measurements of intrasample variability. *Hum. Evol.* 5(5), S. 457-469.
- Konigsberg L.W. 1988
Migration models of prehistoric postmarital residence. *Am. J. Phys. Anthrop.* 77, S. 37-52.
- Larsen C.S., Craig J., Sering L.E., Schoeninger M.J., Russell K.F., Hutchinson D.L., Williamson M.A. 1995
Cross Homestead: Life and death on the Midwestern Frontier. In: Grauer A.L. (Hg.), Bodies of evidence. Reconstructing history through skeletal analysis. Wiley-Liss, New York, S. 139-160.
- Ledermann S. 1969
Nouvelles tables-types de mortalité. *Inst. Nat. d'Etudes Démograph. Travaux et Documents* 53, Paris.
- Macchiarelli R., Salvadei L. 1994
Paleodemography and selective funerary practices at Latium Vetus, Middle-Tyrrhenian Italy. *Anthrop. Anz.* 52(1), S. 37-52.
- Meindl R.M., Lovejoy C.O., Mensforth R.P., Carlos L.D. 1985
Accuracy and direction of error in the sexing of the skeleton: implications for paleodemography. *Am. J. Phys. Anthrop.* 68, S. 79-85.
- Molleson T.I. 1989
Social implications of mortality patterns of juveniles from Poundbury Camp, Romano-British Cemetery. *Anthrop. Anz.* 47(1), S. 27-38.
- Molleson T.I., Cox M. 1993
The Spitalfields Project. The middling sort. *The Anthropology*, Vol. 2. CBA Research Report 86.
- Murray E.A., Perzigian A.J. 1995
A glimpse of early nineteenth century Cincinnati as viewed from Potter's Field: An exercise in problem solving. In: Grauer A.L. (Hg.), Bodies of evidence, S. 173-184. Wiley-Liss, New York.
- Nitschke A. 1989
Beobachtungen zur Kindersterblichkeit im Mittelalter. Schwierigkeiten und Möglichkeiten der historischen Forschung. *Anthrop. Anz.* 47(1), S. 51-55.
- Owsley D.W., Jantz R.L. (Hg.) 1994
Skeletal biology in the Great Plains. Migration, warfare, health and subsistence. Smithsonian Institution Press, Washington.

Sandford M.K. 1992

A reconsideration of trace element analysis in prehistoric bone. In: Saunders SR & Katzenberg M.A. (Hg.), *Skeletal biology of past peoples: research methods*, S. 79-103. Wiley-Liss, New York.

Saunders S.R., Hoppa R.D. 1993

Growth deficit in survivors and non-survivors: Biological mortality bias in subadult skeletal samples. *Yb. Phys. Anthropol.* 36, S. 127-151.

Schneider K.N., Blakeslee D.J. 1990

Evaluating residence patterns among prehistoric populations: Clues from dental enamel composition. *Hum. Biol.* 62(1), S. 71-83.

Schutkowski H. 1990

Zur Geschlechtsdiagnose von Kinderskeletten. Morphognostische, metrische und diskriminanzanalytische Untersuchungen. Diss., Göttingen.

Schwidetzky I. 1967

Sonderbestattungen und ihre paläodemographische Bedeutung. *Homo* 16, S. 230-247.

Sutter R.C. 1995

Dental pathologies among inmates of Monroe County Poorhouse. In: Grauer A.L. (Hg.), *Bodies of evidence*, S. 185-196. Wiley-Liss, New York.

Rösing F.W. 1986

Zwischenanalyse und Binnenanalyse von Bevölkerungen. Zur Innovativität der Skeletbiologie. In: Herrmann B. (Hg.), *Innovative Trends in der prähistorischen Anthropologie. Mitteilungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte. Bd. 7*, S. 75-80.

Voland E. 1992

Reproduktive Konsequenzen sozialer Strategien. Das Beispiel der Krummhörner Bevölkerung im 18. und 19. Jahrhundert. In: Voland E. (Hg.), *Fortpflanzung: Natur und Kultur im Wechselspiel*, S. 290-305. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 989.

Wahl J. 1994

Zur Ansprache und Definition von Sonderbestattungen. In: *Beiträge zur Archäozoologie und prähistorischen Anthropologie. 8. Arbeitstreffen der Osteologen in Konstanz 1993*, S. 85-106. Konrad Theiss, Stuttgart.

Weiss K.M. 1972

On the systematic bias in skeletal sexing. *Am. J. Phys. Anthropol.* 37, S. 239-250.

Winchell J., Rose J.C., Moir R.W. 1995

Health and hard times: A case study from the middle to the late nineteenth century in Eastern Texas. In: Grauer A.L. (Hg.), *Bodies of evidence*, S. 161-172. Wiley-Liss, New York.

Anschrift

Dr. Ariane Kemkes-Grottenthaler
Institut für Anthropologie
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Colonel-Kleinmann-Weg 2 (SB II)
D - 55099 Mainz

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, Genève

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 Ulrich@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

Cementochronologie - eine Methode zur Bestimmung des Individualalters¹

Birgit Grosskopf

Abstract

The cementum layer of human teeth displays incremental lines, which are formed in an annual rhythm. They represent an advantageous criterion for a quantitative age determination. Their formation is independent of both, function of the set of teeth and dental diseases. The incremental lines are a suitable criterion for determining the chronological age of recent, archaeological, recent cremated and ancient cremated teeth. The averaged accuracy amounts to ± 3.2 years.

Einleitung

Anthropologische Bestimmungen der basalen biologischen Daten wie Alter und Geschlecht stellen die wesentlichen Voraussetzungen für die Rekonstruktion von Lebensbedingungen historischer und prähistorischer Bevölkerungen dar. Je exakter die Methoden sind, desto differenziertere Aussagen über die Menschen vergangener Zeiten sind möglich.

Zuwachsringe im Zahnzement stellen ein probates Kriterium zur individuellen Altersdiagnose dar, auch wenn die Genese des Zementgewebes noch nicht gänzlich geklärt ist. Das Zahnzement bedeckt als mineralisiertes Bindegewebe die Wurzeloberfläche und dient der Verankerung der Zahnwurzel in der Alveole. Es besteht aus verschiedenen stark mineralisierten Schichten, welche im circaannualen Rhythmus lebenslang gebildet werden. Auf dieser Grundlage basiert die Cementochronologie.

Wildbiologen nutzen die Zuwachsringe für die Altersbestimmung von Tieren seit den 60er Jahren. Für menschliche Zähne wurde die Methode erstmals 1982 (Stott et al.) zur Altersdiagnose angewandt und ihre Eignung in weiteren Arbeiten bestätigt (z.B. Naylor et al. 1985, Condon et al. 1986, Lipsinic et al. 1986 und Grosskopf 1990). Inzwischen ist die Methode etabliert und erreicht für Anthropologen „die höchste Präzision in bezug auf das chronologische Sterbealter“ (Turban-Just/Grupe 1995).

Methode

Die Zuwachsringe in der Zementschicht werden in Wurzelquerschnitten gezählt. Rezente oder gut erhaltene bodengelagerte Zähne können nativ gesägt werden; schlecht erhaltene oder verbrannte Zähne sollten in Kunststoff, z.B. Biodur, eingebettet werden. Aus dem mittleren und oberen Drittel der Zahnwurzel werden ca. 100 μm dicke Querschnitte hergestellt. Das apikale Drittel der Wurzel eignet sich nicht zum Auszählen der Zuwachsringe; in diesem Bereich befinden sich zahlreiche Zementocyten in der Zementschicht. Es sollten möglichst viele Schnitte von jeder Wurzel hergestellt werden, da sich die Ringe nicht über den ganzen Wurzelquer-

¹Beitrag zur AGHAS-Tagung vom 27. April 1996 in Basel.

schnitt gleich gut erkennen lassen. Wichtig ist dies insbesondere für verbrannte Zähne, da bei ihnen lichtdichte Bereiche das Auszählen der Zuwachsrings erschweren können.

Die Ringe lassen sich im Durchlicht bei 200facher Vergrößerung gut erkennen (Abb. 1). Die Darstellung kann durch die Verwendung eines Phasenkontrastmikroskopes, bei dem der Phasenkontrast dezentriert ist, verbessert werden. Die Zählungen sollten an möglichst vielen verschiedenen Bereichen und auch Schnitten durchgeführt werden. Das Auszählen kann auf Fotografien oder mit etwas Routine direkt am Mikroskop erfolgen. Zur Berechnung des Individualalters wird der Mittelwert aus ca. 20 Zählungen zu dem durchschnittlichen geschlechts-spezifischen Zahndurchbruchstermin addiert. Dabei handelt es sich um eine Festlegung, da der genaue Zeitpunkt, zu dem die Ringbildung einsetzt, bisher nicht bekannt ist.

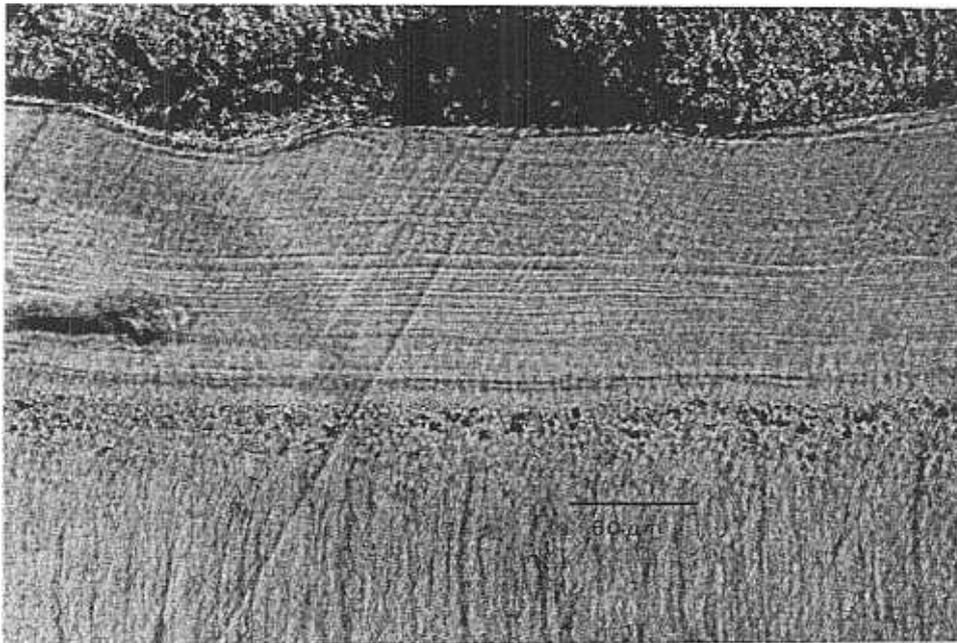


Abb. 1: Zementschicht mit 41 Zuwachsrings, rezenter Zahn (32), Breite der Zementschicht 135 μm .

Die Zuwachsrings lassen sich in allen Zahnwurzeln nachweisen. Die dritten Molaren eignen sich aufgrund ihrer schwankenden individuellen Zahndurchbruchzeiten nur eingeschränkt für eine Altersdiagnose.

Möglichkeiten und Einschränkung von Altersdiagnosen mit Hilfe der Cementochronologie

Die Cementochronologie ist, unabhängig von der Liegedauer und dem Liegemilieu, für eine Altersdiagnose bodengelagerter Zähne ebenso gut geeignet wie für rezente Zähne. Bei verbrannten Zähnen ist die optische Darstellbarkeit der Zuwachsrings leicht verändert; sie erscheinen ein wenig „griesig“ (Grosskopf 1990). Die Eignung der Cementochronologie für die Altersdiagnose von bodengelagerten Leichenbränden wurde von Grosskopf/Hummel (1993) bestätigt. Bisher haben Zähne bei der Bearbeitung von Leichenbränden nur eine untergeordnete Rolle gespielt; Zahnwurzeln lassen sich jedoch durchschnittlich in jeder zweiten Partie finden (Grosskopf 1996).

Für die Anwendung der Cementochronologie, insbesondere für den Bereich der Rechtsmedizin, ist relevant, ob sich Erkrankungen der Zähne oder des Zahnhalteapparats auf die Ringbildung auswirken. Zahnkaries und Parodontitis sind weit verbreitete Krankheiten in der rezenten Bevölkerung. Bei Zahnkaries werden die Hartsubstanzen des Zahnes zerstört; eine Beeinflussung des Ringwachstums lässt sich nicht beobachten (Grosskopf 1990). Bei Parodontitis sind der Zahnhalteapparat sowie das umgebende Gewebe entzündet. Im fortgeschrittenen Stadium kann dies zu einem Alveolarabbau führen, welcher ohne zahnärztliche Behandlung den Ausfall des Zahnes zur Folge hat. Ergebnisse von Condon et al. (1986) und Grosskopf et al. (1996) weisen darauf hin, dass Parodontitis keinen signifikanten Einfluss auf die Cementochronologie hat. Zu abweichenden Ergebnissen kommen Kvaal/Solheim (1995). Sie beobachten bei Individuen mit Parodontitis eine geringere Korrelation zwischen dem Individualalter und der Anzahl der Zuwachsringe. Gleichzeitig stellen sie bei fortschreitendem Lebensalter eine abnehmende Korrelation zwischen der Anzahl der Zuwachsringe und dem Alter fest. Da parodontale Erkrankungen mit zunehmendem Alter gehäuft auftreten, kann möglicherweise weniger die Parodontitis als vielmehr das fortgeschrittene Alter zu der Schlussfolgerung von Kvaal/Solheim geführt haben. Eine geringe Korrelation mit zunehmendem Alter wird von anderen Autoren nicht beobachtet (Grosskopf 1990, Stein/Corcoran 1994) und ist möglicherweise methodisch bedingt. So reichen z.B. methodische Empfehlungen zur Schnittdicke von 5 µm bis 500 µm. Weitere Variationen betreffen das Auszählen der Ringe in Wurzellängs- oder Querschnitten, im unteren bzw. mittleren und oberen Drittel der Zahnwurzel, die Anzahl der Zählungen sowie die Verwendung von gefärbten und ungefärbten bzw. demineralisierten Präparaten (vgl. z.B. Stott et al. 1982, Lipsinic et al. 1986, Miller et al. 1988, Grosskopf 1990, Stein/Corcoran 1994, Solheim/Kvaal 1995).

Die Ursachen für das lebenslange Wachstum der Zementschicht sind bisher nicht abschliessend geklärt. So ist auch nicht bekannt, welche Einflussfaktoren dazu führen, dass einige Individuen in ihrer Zementschicht genau doppelt so viele Zuwachsringe aufweisen, wie es dem Alter entsprechen würde. Dieses Phänomen des „Doublings“ lässt sich im Präparat bisher nicht erkennen. Es kann nur im Vergleich mit einer weiteren Methode zur Altersdiagnose bemerkt werden oder, bei rezenten Zähnen, im Vergleich mit den Patientendaten belegt werden.

Vorteile der Cementochronologie

Zähne stellen für Anthropologen ein vorteilhaftes Material für die Individualaltersbestimmung dar. Sie liegen in einer grossen Anzahl vor und sind aufgrund ihrer mineralischen Zusammensetzung häufig besser als Knochen überliefert. Aufgrund des geringen Anteils organischer Substanz ist eine Zerstörung der Binnenstruktur durch Einwirkung von Mikroorganismen, wie es bei bodengelagerten Knochen häufig zu beobachten ist, bei Zähnen eher unwahrscheinlich.

Im Vergleich zu konventionellen Methoden führt die Cementochronologie zu recht genauen Ergebnissen. Die morphologische Altersdiagnose ermöglicht nur eine ungefähre Einschätzung des biologischen Alters. Bei schlecht erhaltenem Skelettmaterial kann die Unsicherheitsspanne bis zu 20 Jahren betragen (Szilvássy 1988). Mit der Cementochronologie kann dagegen das chronologische Individualalter mit einer durchschnittlichen Abweichung von ± 3.2 Jahren bestimmt werden (Grosskopf 1990). Selbst in Fällen, in denen eine Zahnwurzel nicht eindeutig zu identifizieren ist, lässt sich die Cementochronologie anwenden. In diesem Fall wird das berechnete Alter mit einer Spannbreite von 6.2 Jahren angegeben. Dabei handelt es sich um die Differenz zwischen dem Zahndurchbruch des unteren Schneidezahnes, mit 6.3 Jahren und dem des oberen zweiten Molaren mit 12.5 Jahren.

Weiterhin lässt sich mit der Cementochronologie das chronologische und nicht das biologische Alter diagnostizieren, welches mit den konventionellen Methoden bestimmt wird. Das

biologische Alter kann von den äusseren Lebensbedingungen wie Erkrankungen, Ernährung oder Arbeitsbedingungen stark beeinflusst sein. Die Bildung der Zuwachsringe erfolgt dagegen funktionsunabhängig. Sie lassen sich in verschiedenen Gebisstypen (Raubtier-, Wiederkäuer- oder Nagergebiss) ebenso beobachten wie in retinierten menschlichen Zähnen (Grosskopf 1990). Auch Pathologien scheinen keinen Einfluss auf die Zementbildung zu haben (Condon et al. 1986, Grosskopf 1990, Grosskopf et al. 1996). Somit stellen die Zuwachsringe ein sehr stabiles Merkmal dar. Weiterhin weist die Zementschicht keinen Umbau, sondern nur einen Anbau auf (Lindskog et al. 1987) und morphologische Veränderungen an den Zähnen, die durch pathologische Einflüsse entstehen, sind grundsätzlich irreversibler Natur (Zuhrt et al. 1978). Damit stellt das Zahnzement für Anthropologen eine einzigartige Informationsquelle dar; sie bietet gewissermassen einen „konservierten Nachweis über die Lebensgeschichte eines Individuums“. Da es sich bei der Cementochronologie um eine quantitative Methode handelt, kann der Beobachtereinfluss minimiert werden. z.B. können aufgrund der unbewussten Erwartung einer geringeren Lebenserwartung bei historischen Populationen Einordnungen von Individuen fortgeschrittenen Alters in eine niedrigere Altersgruppe erfolgen. Cipriano-Bechtle (1994) stellte fest, dass von dem frühmittelalterlichen Gräberfeld Wenningumstadt 69.9% der morphologisch als spät matur bestimmten Individuen nach einer Altersdiagnose mit Hilfe der Cementochronologie in die Altersklasse senil einzuordnen waren. Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass die durchschnittlich geringen Lebenserwartungen historischer Populationen nicht nur durch eine hohe Kindersterblichkeit bedingt sind. So sollte die Cementochronologie aufgrund der zahlreichen Vorteile, welche sie bietet, routinemässig bei einer jeden anthropologischen Skelettbearbeitung genutzt werden.

Zusammenfassung

Die Zementschicht menschlicher Zähne weist annual gebildete Zuwachsringe auf. Ihre Bildung erfolgt funktionsunabhängig. Erkrankungen der Zähne und des Zahnhalteapparates haben offensichtlich keinen Einfluss auf die Zementogenese. Die Zuwachsringe eignen sich bei rezenten, bodengelagerten und verbrannten Zähnen gleichermassen als Kriterium für eine quantitative Bestimmung des chronologischen Individualalters. Die durchschnittliche Abweichung vom realen Alter beträgt ± 3.2 Jahre.

Literaturverzeichnis

Cipriano-Bechtle A. 1994

Altern und Lebenserwartung in präindustriellen Bevölkerungen. Diplomarbeit an der Fakultät für Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Condon K., Charles D.K., Cheverud J.M., Buikstra J.E. 1986

Cementum annulation and age determination in Homo sapiens. II. Estimates and accuracy. Am. J. Phys. Anthropol. 71, S. 321-330.

Grosskopf B. 1990

Individualaltersbestimmung mit Hilfe von Zuwachsringen im Zement bodengelagerter Zähne. Z. Rechtsmed. 103, S. 351-359.

Grosskopf, B. 1996 (in press)

Counting incremental lines in teeth - a valid method for age determination in cremations. In: Smits, Iregren & Drusini (eds.).

Grosskopf B., Denden J.M., Krüger W. 1996

Untersuchungen zur Zementapposition bei Parodontitis marginalis profunda. Dtsch. Zahnärztl. Z. 51, S. 295-297.

Grosskopf B., Hummel S. 1992

Altersdiagnose an Leichenbränden - Beobachtungen an Zuwachsringen im Zahnzement. *Archäol. Korr.* 22, S. 567-569.

Kvaal S.I., Solheim T. 1995

Incremental lines in human dental cementum in relation to age. *Eur. J. Oral. Sci.* 103, S. 225-230.

Lindskog S., Blomlöf L., Hammarström L. 1987

Comparative effects of parathyroid hormone on osteoblasts and cementoblasts. *J. Clin. Periodontol.* 14, S. 386-389.

Lipsinic F.E., Paunovich E., Houston G.D., Robinson S.F. 1986

Correlation of age and incremental lines in the cementum of human teeth. *J. For. Sci.* 31, S. 982-989.

Miller C.S., Dove S.B., Cottone J.A. 1988

Failure of use of cemental annulations in teeth to determine the age of humans. *J. For. Sci.* 33, S. 137-143.

Naylor J.W., Miller W.G., Stokes G.N., Stott G.G. 1985

Cemental annulation enhancement: A technique for age determination in man. *Am. J. Phys. Anthrop.* 68, S. 197-200.

Stein J.S., Corcoran J.F. 1994

Paradicular cementum deposition as a criterion for age estimation in human beings. *Oral. Surg. Oral. Med. Oral. Pathol.* 77, S. 266-270.

Stott G.G., Sis R.F., Levy B.M. 1982

Cemental annulation as an age criterion in forensic dentistry. *J. Dent. Res.* 61, S. 814-817.

Szilvássy, J. 1988

Altersdiagnose am Skelett. In: Knussmann R. (Hg.), *Wesen und Methoden der Anthropologie*, S. 421-443. Fischer, Stuttgart, New York.

Turban-Just S., Grupe G. 1995

Post-mortem-Rekonstruktion von Stoffwechselraten mittels Histomorphometrie bodengelagerter menschlicher Knochenkompakta. *Anthrop. Anz.* 53, S. 1-25.

Zuhrt R., Rottstock F., Winterfeld R.I. 1978

Möglichkeiten und Methoden der Stomatologie bei der Identifizierung. In: *Hunger/Leopold, Identifikation*, S. 287-340. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.

Anschrift

Birgit Grosskopf
Institut für Anthropologie
der Georg-August-Universität Göttingen
Bürgerstrasse 50
D - 37073 Göttingen

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, Genève

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 Ulrich@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

Die Bedeutung der Abrasion der Zahnkrone in der prähistorischen Anthropologie

Alfred Czarnetzki

Abstract

The degree of the reduction of the dental crown through time of occlusion will be used within the prehistoric Anthropology as a criterion for the estimation of the real age at death. The differentiation by the modern dentistry of this phenomenon caused by the distinguishable factors will give a good information about the complexity of this process. The traceable individual degree of strength of the Substantia adamantina (enamel) gives a good information that by the assumption of the same abrasive forces one can find individual differences in the degree of the reduction of the hard dental tissue through the same time. Furthermore one has to consider that all the different published methods are not developed with a material of people with know calendaric age. Nevertheless the evaluation of the different degrees of reduction of the hight of the tooth crown will be important for comparison purposes between different populations.

Résumé

En anthropologie préhistorique, le degré de réduction post-éruptive de la hauteur de la couronne dentaire est un critère approximatif d'estimation de l'âge réel du décès. Les variations de ce phénomène, qui par ailleurs, ont pu être définis clairement par les moyens modernes utilisés en médecine dentaire, sont très complexes. Cependant, on note une différence individuelle de la résistance de la substantia adamantina. Ces variations individuelles montrent qu'un abrasion de même force peut produire, selon les cas, différents degrés de perte de substance. D'autre part, on remarque qu'il n'existe pas de schéma de référence élaboré à partir d'un matériel dont l'âge est clairement défini (tableau chronique). En conclusion, les schémas d'abrasion dentaire utilisés actuellement en anthropologie préhistorique ne sont pas suffisamment exactes pour estimer l'âge au décès d'un individu.

Einleitung

Bekanntlich wird in der Anthropologie und speziell im Teilgebiet der prähistorischen Anthropologie fast ausschliesslich der okklusale Verlust der Zahnhartsubstanz als einer der Faktoren benutzt, um eine Schätzung des individuellen Alters zu erreichen. Andere Fragestellungen oder andere Formen des Verlustes der Zahnhartsubstanz werden kaum berücksichtigt. In der modernen Zahnmedizin wird der Begriff der Abrasion nicht mehr allein für den Verlust von Zahnhartsubstanz benutzt. Vielmehr differenziert man ihn zusätzlich in den Vorgang der Attrition, Demastikation und Erosion. Bei Untersuchungen am Lebenden können anhand einer gezielten Anamnese selbstverständlich die Verluste der Zahnhartsubstanz mit den entsprechenden Begriffen in die angesprochenen differenzierten Phänomene annähernd genau unterteilt werden. Die angesprochene möglichst präzise Anamnese der zu untersuchenden Individuen ist verständlicherweise bei prähistorischem wie bei historischem Untersuchungsgut nicht in gleichem Masse möglich. Daher finden sich auch in Publikationen, die sich mit dem zuletzt angesprochenen Untersuchungsgut befassen, derartig differenzierte Unterscheidungen der Ur-

sachen für den Verlust der Zahnhartsubstanz noch nicht. Um so mehr muss aufgrund dieser Erkenntnisse auch in der prähistorischen Anthropologie davon ausgegangen werden, dass das allgemein als „Abrasion“ bezeichnete Phänomen durch unterschiedliche Ursachen hervorgerufen werden kann. Neben der okklusalen Abrasion wird im Gegensatz zu Untersuchungen an prähistorischen Skelettresten in der modernen Zahnmedizin bekanntlich auch der Verlust der Zahnhartsubstanz im approximalen (interdentalen) Bereich für die Erklärung der Mesialwanderung mit zunehmendem Alter als ein nicht zu vernachlässigender Faktor berücksichtigt. Während die okklusale Abrasion durchaus zur Bestimmung des Sterbealters eines Individuums in der prähistorischen Anthropologie Berücksichtigung findet, gibt es bisher noch keine Untersuchungen, die den Grad der Mesialwanderung entsprechend in die Altersbestimmung mit einbeziehen.

Die Wurzeln für die Beurteilung der Abrasion der okklusalen Fläche gehen, wie allgemein bekannt, auf die Erfahrungen in der Veterinärmedizin zurück. Damit stellt das Merkmalsystem der „okklusalen Abrasion“ neben der Karies eines der ältesten untersuchten Phänomene des Kauapparates (Broca 1879 bis Reith 1990) dar. Weniger berücksichtigt wird allerdings die Tatsache, dass vor allem in der heutigen Zeit wesentliche Faktoren für die Reduktion der Kronenhöhe durch abreibende Faktoren verloren gingen. Diese Reduktion der Faktoren muss aber bereits zu einem Zeitpunkt angesetzt werden, zu dem der Mensch dazu übergegangen ist, seine Nahrung nicht nur in einer Art vorzubereiten, die ihr den grössten Teil der Hartsubstanzen, die nicht direkt identisch sind mit Ballaststoffen, entzieht, sondern auch durch den Gebrauch des Essbestecks dem Frontzahngewebiss seine eigentlichen Funktionen nimmt. Es ist daher nicht weiter verwunderlich, wenn bis heute noch keine Untersuchungen vorgelegt werden konnten, die sich mit der Korrelation von kalendarischem Lebensalter und dem Grad der Abrasion befassen. Dieser Zusammenhang ist aber unabdingbar, um ein Mass zu erhalten, das es ermöglicht, das kalendarische Sterbealter prähistorischer oder auch historischer Menschen so genau wie eben möglich zu erfassen. Erst auf dieser Basis aber wäre ein direkter Vergleich zwischen Altersangaben und den davon abhängigen Parametern heutiger und prähistorischer Menschen möglich.

Derartige Versuche wurden unter Vorlage kalendarischer Altersangaben bisher mit grösserem Erfolg für den Ossifikationsverlauf der Epiphysenfugen, das Verhältnis von vollständigen zu unvollständigen Osteonen im Querschnitt der Kortikalis (Kósa et al. 1992 an Sektionsmaterial von 25 Individuen im Alter von 13-87 Jahren), den im Querschnitt ringartigen Aufbau der Zahnwurzeln bestimmter Zähne (Charles et al. 1986 und Condon et al. 1986) oder die Obliteration der Schädelnähte (Perizonius 1984) sowie mit einigen Vorbehalten für die Symphysis ossis pubis (Lovejoy 1985) durchgeführt. Selbstverständlich trifft diese Aussage nur für das Stadium der Erwachsenen zu. Im Gegensatz dazu sind vor allem für die Altersstufen Infans I und II, wie allgemein bekannt, die Entwicklungsstadien der Zähne und die Länge der Diaphysen (Olivier 1960) herangezogen worden. In Einzelfällen geht auch die Reduktion der Kronenhöhe der Molaren durch abrasive Kräfte mit in die Altersbestimmung ein.

Begriffsbestimmung

Da die in der Einleitung erwähnte mehrfache Unterteilung der Faktoren, die im klinischen Bereich zur genauen Definition des posteruptiven Verlustes von Zahnhartsubstanz für die Entscheidung über entsprechende therapeutische Massnahmen benutzt werden und folgerichtig mit unterschiedlichen Begriffen belegt sind, in der prähistorischen Anthropologie kaum Verbreitung gefunden haben, seien sie hier unter dem Aspekt ihrer Anwendung in der prähistorischen Anthropologie inhaltlich kurz zusammengefasst. Die Abrasion beschränkt sich nur noch auf den Verlust von Zahnhartsubstanz, der durch Fremdkörper im weitesten Sinne entsteht. Dazu gehören unter anderen die Bewegung von Speisen unter Ausschluss des Effektes der

Zermahlung, also des eigentlichen Kauvorganges, sofern nicht die Hartsubstanzen in diesen Speisen an der oralen oder fazialen Seite entlanggleiten und dort Schleifeffekte verursachen. Ferner werden als Ursachen Schleifmittel zur Reinigung, vor allem die in Zahnpasten, angeführt. Sie können von Speisen, die eine abrasive Wirkung haben, insofern unterschieden werden, als Reinigungsmittel mit Sicherheit keine Plaque bilden, was bei Speisen nicht völlig ausgeschlossen werden kann. Auch die Auswirkung von harten Gegenständen, die zur Beseitigung von Speiseresten aus den Interdentalräumen benutzt werden (im weitesten Sinne als Zahnstocher bezeichnet), müssen hier einbezogen werden und damit ihrer Wirkung auf die Zahnhartschubstanz wegen als abrasive Kräfte bestimmt werden. Nicht auszuschliessen ist in dieser Definition auch die Auswirkung von Gegenständen, die mit den Zähnen bearbeitet werden (Zähne als Werkzeuge). Deren Wirkung fällt also ebenfalls unter den Begriff der Abrasion. Nicht ganz eindeutig geklärt ist die Entstehung der approximalen Abrasionen. Hier kann nur dann von einer Abrasion gesprochen werden, wenn in die Interdentalräume Fremdkörper im weitesten Sinne gelangen, die dann während der Kautätigkeit dort die Zahnhartschubstanz abradieren.

Die Attrition beinhaltet nur die Auswirkungen des direkten Kontaktes der Zähne miteinander. Es dürfen also keine Fremdkörper zwischengeschaltet sein. Daher ist für die unter diesem Begriff erfassten Ursachen für den Verlust von Zahnhartschubstanz der normale Kauvorgang zur Zermahlung von Speisen auszuschliessen. Als einer der wesentlichen Faktoren, die hier wirksam werden, ist vor allem das Knirschen (Bruxismus) zu nennen. Nach dem heutigen Kenntnisstand wird es fast ausschliesslich durch psychischen Stress provoziert und gilt als Kompensation desselben. Sein Kriterium sind spezielle exzessive und alle scharfrandig begrenzten Schlifffacetten. Der interdental Verlust von Zahnhartschubstanz kann auch auf Attrition allein zurückgeführt werden. Denn beim Pressen oder Knirschen finden Bewegungen im Interdentalraum statt, ohne dass Speisen an der gleichen Stelle ähnliche Phänomene hervorrufen können. Bei der nötigen Kenntnis der entsprechenden Schlifffacetten kann die stressbedingte Attrition von solchen Verlusten der Zahnhartschubstanz unterschieden werden, die durch den Kauvorgang allein entstehen. Dieser wird in der modernen Zahnmedizin unter der Bezeichnung Demastikation geführt. Der Vorgang des Zermahlens von Speisen wird aber nicht nur auf die okklusalen Flächen beschränkt. So kann unter anderem die Bewegung von Speisen, welche in die Interdentalräume gepresst oder in den Interdentalräumen bewegt werden, ebenfalls hier einbezogen werden. Selbstverständlich können damit Phänomene, die unter den Begriff der Abrasion fallen, auch als Zeichen einer Demastikation beurteilt werden. Offen bleiben muss die Frage, ob die Benutzung der Incisivi als Schneidwerkzeuge (Abbeißen kleinerer Teile von grösseren) bei der Aufnahme von Nahrung unter diesen Begriff subsumiert werden muss beziehungsweise kann oder ob dieser Vorgang als Abrasion aufgefasst werden muss, da dabei kein Kauvorgang stattfindet.

Die Erosion ist durch einen Vorgang definiert, der nicht mechanische Kräfte voraussetzt wie Attrition und Demastikation, sondern im weitesten Sinne chemische Abbauprozesse beinhaltet. Hier steht ursächlich die Wirkung von Säuren im Vordergrund, die nicht als Ausscheidungsprodukte von Bakterien aufgefasst werden können. Diagnostisch hebt sie sich von den anderen hier beschriebenen Arten durch einen umschriebenen Defekt ab. Er führt auch in der Regel zu eher näpfchen- oder rinnenartigen Vertiefungen, die deutlich von Schmelzrezessionen, bedingt durch Abweichungen in der Tätigkeit der Ameloblasten, zu unterscheiden sind. Am häufigsten kann die Auswirkung von stark säurehaltigen Speisen als Ursache beobachtet werden. Seltener dürften ähnliche Phänomene wie Vomitus (Erbrechen), der unterschiedlichster Genese sein kann, entsprechende Erosionen provozieren. Letztere heben sich durch ihre bevorzugte Lokalisation ab. Obwohl die Karies ebenfalls ein Produkt ist, das seine Entstehung primär der Wirkung von Säuren verdankt und erst sekundär all den Faktoren, die die Ausbreitung der säurebildenden Bakterien oder die Wirkung der Säure selbst begünstigen, wird sie nicht unter den Begriff der Erosionen erfasst. Es ist selbstverständlich nicht von der Hand zu

weisen, dass mit zunehmender Dauer der Exposition der Zähne gegenüber abrasiven Kräften vor allem die zu beobachtende okklusale Abrasion zunimmt. Daher wurde in neueren Untersuchungen (Reith 1990) der Obliterationsgrad der grossen Schädelnähte mit dem Grad der Abrasion korreliert. Daraus ergab sich, dass die Altersbestimmung nach den grossen Schädelnähten sehr gut mit der durchschnittlichen Abrasion der Molaren übereinstimmt (Reith 1990). Allerdings wurden diese Untersuchungen einschliesslich der errechneten Korrelation zwischen den beiden Parametern an frühneolithischen Serien erarbeitet. Die Altersbestimmung erfolgte nach „den üblichen fachspezifischen Kriterien“ und der Grad der Abrasion wurde den biologischen Altersbestimmungen angepasst.

Die approximalen Abrasionen verstärkten sich in der Regel ebenfalls mit zunehmendem Alter (Reith 1990, S. 34-35). Nach eigenen Beobachtungen erreichen auch diese einen individuell unterschiedlichen Grad. Sie wurden bisher nicht in die Bestimmung des Lebensalters einbezogen, weil die Unterschiede im Grad der Abrasion höchstens im REM genau genug erfasst werden können, denn sie bewegen sich im μ -Bereich. Auch die Abrasionen der oralen und fazialen Seite wurden zwar vor allem bei der Untersuchung der Perikymatien beobachtet, Unterschiede im Grad der Einschleifung im Verhältnis zum Alterungsprozess aber nicht erarbeitet. Es ist allerdings auch ein Allgemeinplatz, dass individuell starke Unterschiede beobachtet wurden, da bei ca. 50% aller Individuen im spätadulten Alter die Perikymatien im schräg einfallenden Licht makroskopisch sichtbar sind. Es fehlen aber auch im wesentlichen möglichst objektive Gradienten, um das Mass ihrer Reduktion bestimmen zu können.

Die durch „Geräte“ bedingten Abrasionen müssen heute als die echten Abrasionen geführt werden. Während in der modernen Zeit mit Sicherheit der Bürsteffekt bestimmte Abrasionsformen provoziert (z.B. keilförmige Defekte, Mierau 1987 u. 1992), trifft das selbstverständlich für die Zeit vor der Einführung der Zahnbürste nicht zu. Hier sind vor allem bis in die Zeit des Paläolithikums interdentale Abrasionen zu beobachten, die offensichtlich auf ein häufigeres und kontinuierliches Durchziehen härterer Gegenstände etwa im Sinne von Zahnstochern zurückzuführen sind. Nicht zu übersehen sind jedoch auch die Faktoren, die durch die Herstellung von Werkzeugen mit den Zähnen zu einer echten Abrasion führen.

Während, wie gezeigt, allein die exogenen Faktoren, die zu einem Verlust der Zahnhartsubstanz beitragen, vielfältig und komplex sind, kommen, wie das verschiedentlich in der Literatur diskutiert wird, auch individuelle Parameter hinzu, die nicht auf die rein exogenen Faktoren allein zurückgeführt werden können. Am bekanntesten ist die Wechselwirkung zwischen dem individuellen Grad des pH-Wertes in der Mundhöhle und dessen Auswirkung auf den Wirkungsgrad der bakteriell erzeugten Säuren zur Entstehung der Karies. Daneben finden sich auch noch weitere Faktoren, deren Existenz im Zusammenhang mit dem hier zu behandelnden Phänomen nicht allgemein bekannt sind.

Biologische Parameter der Abrasion

Neben den oben erwähnten, individuell jeweils kaum exakt genug fassbaren exogenen Faktoren, die die Abrasion provozieren, muss vor allem auf die biologischen Voraussetzungen geachtet werden. Das ist im wesentlichen der Aufbau der Substantia adamantina (Schmelz) und die Art der Okklusion.

Die Art und Weise, wie der Schmelz individuell aufgebaut ist, hängt ganz allgemein sowohl von entsprechenden genetischen Steuermechanismen als auch von exogenen Faktoren ab, die während der Genese der Substantia adamantina aktiv Einfluss auf deren Entwicklung nehmen können. So zeigen etwa REM-Aufnahmen unter entsprechender Anätzung (Abb. 1), dass nicht nur die Breite des sogenannten Raumes der Matrixresorption (= Anteil des Bereiches

der Matrixresorption der Ameloblasten) von unterschiedlicher Grösse sein kann. Auch die Dichte der Kristallite lässt individuelle Abweichungen erkennen. Da die Härte der Substantia adamantina in bezug auf die Abrasion unter anderem von der Dichte der Kristallite abhängig ist, muss sich diese unter identischen abrasiven Kräften in einem individuell unterschiedlich raschen Abbau der Substantia adamantina bemerkbar machen. Das bedeutet, dass bei gleicher Nahrungszusammensetzung, gleicher Kauweise und gleicher Dauer der Exposition die abrasiv wirkenden Faktoren individuelle Abweichungen im Grad der Abrasion erzeugen können. Trotz fehlender Untersuchungen kann theoretisch davon ausgegangen werden, dass auch Art und Dimension des Bereiches der Matrixresorption einen Einfluss auf die Geschwindigkeit der Abrasion, immer vorausgesetzt, dass die abrasiven Kräfte identisch sind, haben kann. Einen Hinweis auf diese Annahme erhält man aus der vergleichenden Zahnmorphologie. Bekanntlich bilden vor allem Species aus der Gruppe der Ungulaten, die aufgrund ihrer spezifischen Nahrung einer extremen Abrasion der Hartsubstanz der Zähne ausgesetzt sind, innerhalb des Dentins harte Grate aus der Substantia adamantina auf, die der Abrasion offensichtlich weitestgehend entgegenwirken. Diese Grate können vergleichend-anatomisch ähnlich denen betrachtet werden, die durch die Bereiche der Matrixresorption gebildet werden. Unter dieser Prämisse würde die Entwicklung kräftiger Grate begünstigend für einen geringeren Abrasionsgrad unter gleichen Bedingungen wirken. Das würde wiederum mit der Beobachtung übereinstimmen, dass die Reduktion dieser Räume nach eigenen Beobachtungen mit der Reduktion der Zahngrösse korreliert zu sein scheint, unabhängig von der Grösse der Prismen selbst, nicht aber von ihrem Neigungswinkel. Denn eine Reduktion der Zahngrösse lässt den Schluss zu, dass auch die Funktion der Zähne reduziert wird, wie die phylogenetische Entwicklung des dritten Molaren erkennen lässt.

In diesem Zusammenhang ist die Beobachtung von Frank (1984) von Bedeutung. Ihre Untersuchungen an neolithischen Populationsstichproben, die annähernd unter gleichen Bedingungen gelebt haben dürften, zeigen, dass eine direkte Korrelation zwischen dem Grad der Abrasion und der Dichte der Perikymatien im okklusalen (koronalen) Teil der Zähne besteht (Abb. 2) mit einem Regressionskoeffizienten von $b = 5.5464$. Diese Beobachtung trifft nicht für die Dichte der Perikymatien im medialen oder zervikalen Teil zu. Die Korrelation ist hoch signifikant ($r = 0.8414$) und besagt, dass die Abrasion bei zunehmender Dichte pro Messeinheit durchschnittlich zunimmt. Die koronale Dichte ist also individuell unterschiedlich. Zwischen der Perikymatiendichte und der Lokalisation im Zahn konnte keine Korrelation nachgewiesen werden, obwohl nach Scott et al. (1949) die Perikymatiendichte von koronal/inzisal nach zervikal zunehmen soll. Das Ergebnis steht nicht im Widerspruch zu den Befunden von Frank (1984), die individuelle Unterschiede der Dichte nur im koronalen Bereich beurteilte. Damit liegt mit der relativen Dichte der Perikymatien ein individueller Faktor vor, der unter annähernd gleichen Bedingungen zu unterschiedlichen Graden der Abrasion führen kann. Welche Faktoren die unterschiedliche Dichte, die nicht identisch ist mit den irregulären Perikymatien, verantwortlich sind, konnte bisher noch nicht ermittelt werden. Eine gegenwärtig laufende Untersuchung (Keller, Dissertation in Vorbereitung) an merowingerzeitlichen Skelettresten geht unter anderem der Frage nach, ob ein Zusammenhang zwischen der Dichte der Perikymatien und der Grösse der Prismen ebenso wie des Raumes der Matrixresorption besteht. Hinweise auf mögliche Faktoren bieten Ergebnisse, die im Zusammenhang mit den vorher erwähnten Untersuchungen von Frank (1984) an Neolithikern ermittelt wurden.

Nach diesen ist, wie erwähnt, die Anfälligkeit gegen Karies in neolithischen Populationen ebenfalls abhängig von der Dichte der Perikymatien. Dabei nimmt offensichtlich die Anfälligkeit gegenüber Karies mit zunehmender Dichte der Perikymatien zu. Geht man von der Hypothese aus, dass die Anfälligkeit gegenüber Karies unter vielen anderen Faktoren (Zusammensetzung des Speichels, bakterieller Befall und Nahrungszusammensetzung bzw. Nahrungsgewohnheiten) als eine Funktion der Reduktion der Resistenz der Substantia adamantina gegenüber Säuren darstellt, so muss folgerichtig davon ausgegangen werden, dass bei

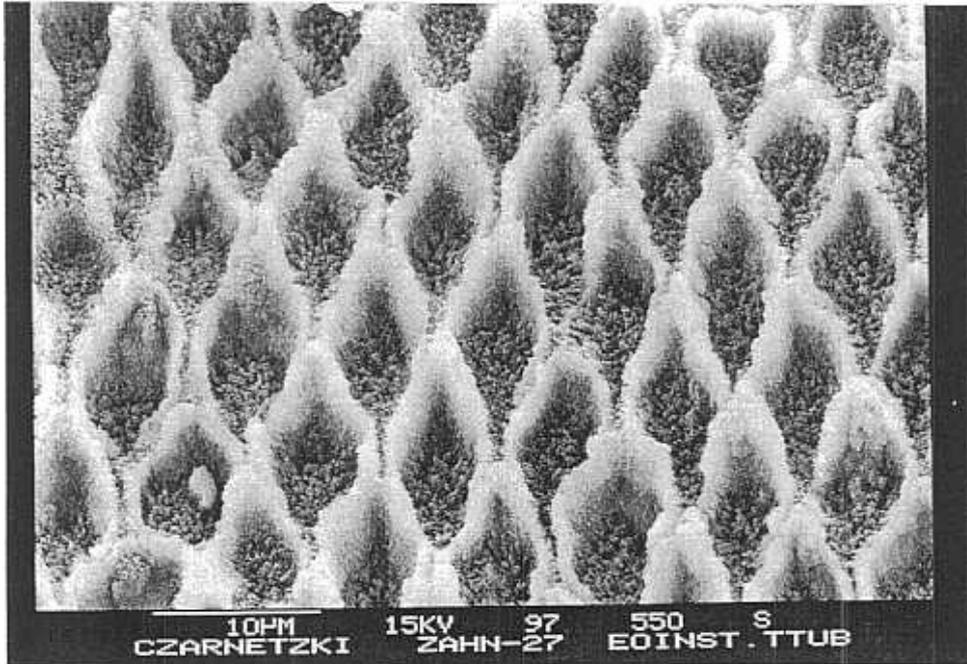


Abb. 1a.

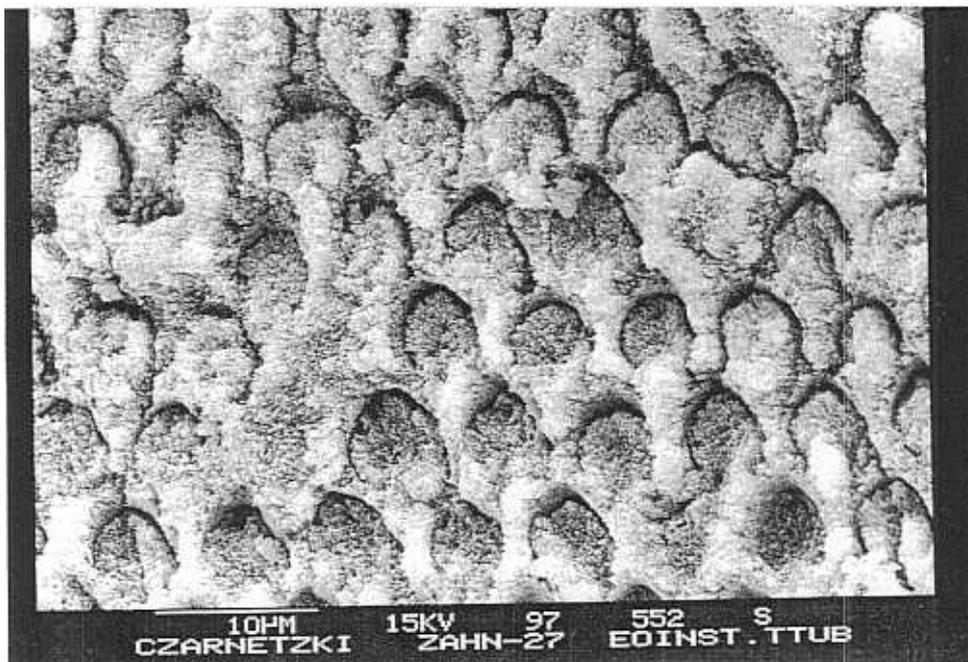


Abb. 1b.

Abb. 1: REM-Aufnahme zur Darstellung der Weite des Raumes der Matrixresorption und der Dichte der Kristallite insgesamt bei relativ gleicher Grösse der Prismen.

- a) Weiter Raum der Matrixresorption (0.9-1.8 μm) und
- b) enger Raum der Matrixresorption (0.4-0.9 μm).

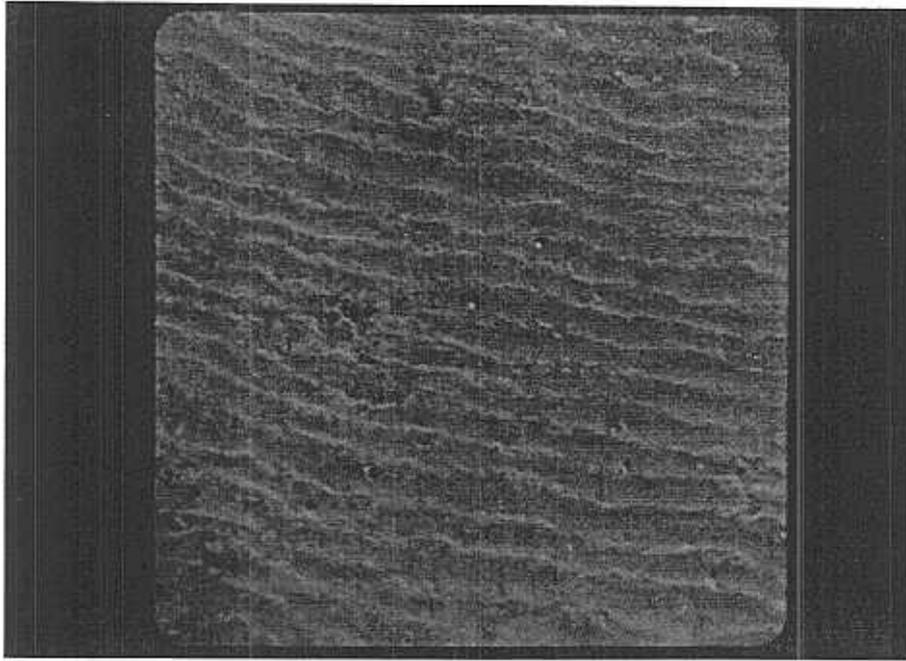


Abb. 2a.

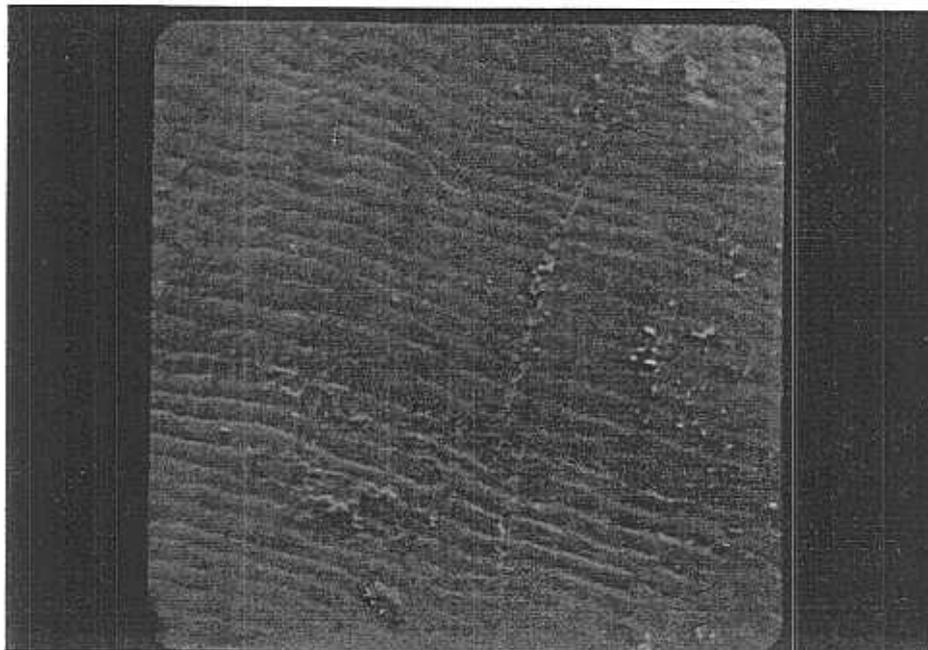


Abb. 2b.

Abb. 2: Zwei Beispiele für die unterschiedliche Dichte der Perikymatien im koronalen Bereich.
a) 34 Perikymatien pro 100 Messeinheiten.
b) 26 Perikymatien pro 100 Messeinheiten.

einer geringeren Perikymatiendichte der durchschnittliche Anteil von 86% Kristallite innerhalb eines Prisma deutlich unterschritten wird und umgekehrt. Das steht im Einklang mit der altersbedingten Reduktion der organischen Matrixanteile durch Dehydrierung mit einer Verdichtung der Kristallite und der daraus folgenden höheren Resistenz gegenüber Zahnkaries. Des weiteren lässt sich daraus in Analogie ableiten, dass die geringere Dichte der Kristallite zu einer rascheren Abrasion führen müsste, wie umgekehrt dann folgerichtig eine höhere Dichte der Kristallite zu einer grösseren Härte der Substantia adamantina führen müsste.

Die Abrasion im heute gebräuchlichen Sinne ist sicherlich auch zum Teil abhängig von der konstitutionellen Azidität im Bereich der Mundhöhle. Die Azidität kann zusätzlich erhöht sein, wenn stark säurehaltige Nahrung aufgenommen wird. Denn es ist allgemein bekannt, dass nach dem Genuss von säurehaltigen Speisen im Zusammenhang mit abrasiven Kräften eine raschere Reduktion der Zahnhartsubstanz beobachtet werden kann. Sie ist bisher jedoch noch nicht als ein wirksamer Faktor für die Reduktion der Zahnhartsubstanz oder die Begünstigung der Entstehung der Karies bei individuell relativ hohem pH-Wert eindeutig nachgewiesen, sondern lediglich im Zusammenhang mit Erosionen. Da die Art der Bissform (Kopfbiss, Neutralbiss, Progenie, Prognathie usw.), die im wesentlichen genetisch determiniert ist, zu unterschiedlichen Verzahnungen vor allem im Molarenbereich führt, kommt es auch zu unterschiedlichen Kontaktpunkten und Bewegungen der einzelnen Höckerareale. Es ist leicht ersichtlich, dass über diesen Faktor bei identischer Nahrung die verschiedenen Zahntypen unterschiedlich abradert werden können.

Exogene Parameter

Die teilweise bereits einleitend angesprochenen exogenen Faktoren, die ihren Niederschlag in der Differenzierung der Art der posteruptiven Reduktion der Kronenhöhe finden, sind im Gegensatz zu den physiologischen wesentlich häufiger im Zusammenhang mit den Kriterien zur Beurteilung der Abrasion und Demastikation behandelt worden. Unter diesen rangiert an erster Stelle die Beimengung von mineralischer Fremdschubstanz (z.B. Quarzkörner und Staub unterschiedlichster Mineralien) in der Nahrung oder deren Aufnahme durch die Mundatmung (Hickel 1989). Seltener wird die bereits einleitend erwähnte aufgrund der technischen Weiterentwicklung zunehmend stärkere Entfernung der Hartsubstanzen aus der Nahrung in prähistorischer und historischer Zeit oder aber deren völlige Entfernung in moderner Zeit als Ursache für unterschiedliche Demastikationsgrade in Populationen unterschiedlicher Zeiten und Entwicklungsstufen angeführt. Letztlich wird auch hin und wieder auf individuell unterschiedliche Ernährungsweisen oder Kaubewegungen hingewiesen, um individuell abweichende Abrasionsgrade zu erklären.

Auch die Funktion der Zähne als Werkzeuersatz wird in die Auseinandersetzung um Abweichungen im Grad der Abrasion kaum erwähnt. Dennoch ist für prähistorische Zeiten durchaus zu postulieren, dass die Zähne sowohl des Frontzahngebisses als auch des Mahlzahnbereiches im Sinne von Werkzeugen benutzt wurden. Hier muss allerdings vorab geklärt werden, wie weit der Begriff des Werkzeuges gefasst werden darf und wird. Soweit die Benutzung der Zähne zur Erstellung von Dingen dient, die nicht für die direkte Nahrungsaufnahme bestimmt sind, bestehen kaum Diskrepanzen in der Beurteilung von Abrasionsphänomenen. Das bekannteste Beispiel ist sicherlich die Benutzung der Frontzähne als Pfeifenhalter und die daraus resultierende allgemein bekannte lokal begrenzte typische Abrasion. Schwieriger wird die Beurteilung von Abrasionen, die auf den Gebrauch der Frontzähne im Sinne des heute üblichen Messers zurückgeführt werden müssen. Bekanntlich zeigen gerade heute die Frontzähne mehr als der Mahlzahnbereich einen geringeren Grad an Abrasion, der noch bis in den Beginn des 19. Jh. AD vor Einführung des heute üblichen Essbestecks den des Mahlzahnbereiches bei Frauen und Männern in gleicher Weise übersteigen kann (Lehnert 1993 und Staudenmayer

1993). Am deutlichsten wird der Gebrauch der Frontzähne als Werkzeuge im weitesten Sinne in dem Abrasionsschema von Lovejoy (1985). Deren Abrasionsgrad übertrifft nicht nur deutlich den des Mahlzahnbereiches, sondern auch den des Abrasionschemas von Reith (1990), erarbeitet an frühneolithischen Serien. In den bisherigen Überlegungen über die Wirkweise exogener Faktoren bei der Entstehung der Reduktion der Zahnhartsubstanz fehlt bisher völlig die aus der modernen Zahnmedizin bekannte Beobachtung, dass durch Knirschen und Pressen im Sinne von Parafunktionen die Attrition unabhängig von der Art der Nahrung erhöht werden kann. Während die moderne Zahnmedizin aufgrund der Beobachtung exzessiver Schliffacetten in der Lage ist, übersteigerte Abrasionen auf diese Mechanismen zurückzuführen, wurden entsprechende Phänomene bei prähistorischen oder historischen Populationsstichproben bisher nicht untersucht.

Alle übrigen in der Literatur aufgeführten exogenen Faktoren sind so breit gefächert wie die Kenntnis der jeweiligen Autoren über unterschiedliche Kulturen. Es wäre also nicht mehr als Spekulation, sollten alle bisher genannten auf vergleichenden Analysen basierenden Faktoren aufgezählt werden, die stärker als normal den Vorgang der Abrasion beeinflussen.

Diskussion

Die hier dargestellten rein physiologischen Faktoren, die Einfluss auf den Grad der Abrasion nehmen können, zeigen in ihrer Komplexität, die der exogen wirkenden Faktoren kaum nachsteht, wie schwierig es sein dürfte, die Abrasion als einen Faktor zu fassen, der allgemein gültig die Möglichkeit bietet, das kalendarische Alter eines Individuums annähernd genau zu schätzen. Das dürfte sich noch erheblich erschweren, wenn die Abrasion in ein Schema gepresst werden sollte, das populationsübergreifend zuverlässige Schätzungen zulassen soll. Denn hier wirken nicht nur der Unterschied im Genpool und damit in der Genese und Strukturierung der *Substantia adamantina* mit, sondern, wie allgemein bei genetisch determinierten Merkmalen, auch noch ein nicht exakt fassbarer Anteil an modifizierenden exogenen Faktoren.

Dem Wert der posteruptiven Reduktion der Kronenhöhe entsprechend, bedingt durch die vorher genannten Phänomene, sei hier kurz auf die Bedeutung der verschiedenen, in der Anthropologie gebräuchlichen Schemata zur Schätzung des kalendarischen Sterbealters hingewiesen. Am häufigsten wird das Schema von Miles (1963) angewendet, das vor allem durch die Publikation von Brothwell (1963) eine rasche und weite Verbreitung fand. Wie bereits einleitend erwähnt wurde, beruht auch die Erarbeitung dieses Schemas nicht auf der Untersuchung von Individuen mit bekanntem kalendarischem Alter, sondern auf der Untersuchung einer bronzezeitlichen Skelettserie. Damit ist a priori ausgeschlossen, dass dieses Schema zur annähernden Schätzung des kalendarischen Lebensalters eines Individuums geeignet ist. Diese Einschränkung gilt, wie bereits erwähnt, selbstverständlich für alle weiteren bereits genannten Abrasionsschemata, denn keines erfüllt die entsprechende Forderung.

Beispielhaft sei hier auch noch (Abb. 3a-c) auf die beiden Schemata von Lovejoy (1985) und Reith (1989) hingewiesen. Beide zogen Parameter zum Vergleich heran, von denen sie annahmen, dass sie besser als die Demastikation und Abrasion dem kalendarischen Alter angepasst waren. Lovejoy (1985) korreliert die verschiedenen Schemata der *Symphysis ossis pubis* mit der Reduktion der Kronenhöhe, Reith (1990) den Obliterationsstatus der grossen Schädelnähte mit den 7 von ihm erarbeiteten Stadien des Abbaues der Zahnkrone. Die von Lovejoy benutzten Schemata der *Symphysis ossis pubis* wurden bekanntlich an der „Todd-Collection“ in Cleveland erarbeitet. Ein intensives Studium der originalen Individualdatei dieser Collection durch den Autor zeigt jedoch, dass das stets zitierte bekannte „kalendarische“ Alter der in dieser Sammlung aufbewahrten Skelettindividuen nur klinisch und biologisch bestimmt wor-

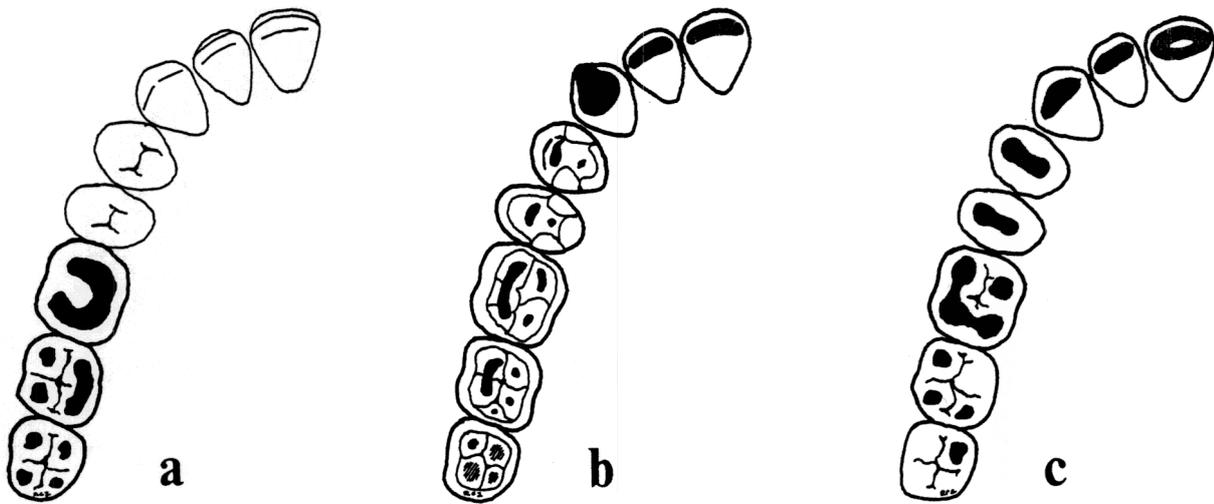


Abb. 3. a-c: Vergleich dreier Abrasionsschemata für die Altersklasse spätadult (umgezeichnet durch R. Czarnetzki).

- a) nach Miles (1963),
- b) nach Lovejoy (1984),
- c) nach Reith (1990).

den ist. Die Kriterien für diese Bestimmungen konnten nicht eruiert werden. Lediglich das Geschlecht der Individuen ist eindeutig, da es sich um Mazerationspräparate handelt. Da somit die verschiedenen Stufen der Alterung für beide Bezugsparameter nicht direkt mit dem kalendarischen Alter korreliert sind, kann grundsätzlich damit keine Korrektur des Abrasions-schemas im Sinne einer genaueren Schätzung des kalendarischen Sterbealters durchgeführt werden.

Ähnliches gilt dann auch folgerichtig für die Korrektur, die von Reith (1990) vorgenommen wurde. Hier kommt noch erschwerend hinzu, dass nicht genau angegeben wird, welches Schema für die Bestimmung des Lebensalters anhand der grossen Schädelnähte benutzt wurde, wie aus der oben zitierten Stelle hervorgeht. Auch hier muss auf eine Besonderheit der Obliterationsschemata hingewiesen werden. Das von Vallois (1937) erarbeitete und von verschiedenen Autoren modifizierte Schema für die Obliteration der Schädelnähte an der Tabula externa wurde letztlich von Rösing (1977) anhand einer prähistorischen ägyptischen Serie, bei der das exakte Alter der verschiedenen Individuen nicht bekannt war „korrigiert“. Es baut zudem auf der Bestimmung nach dem Oliterationsstatus der Nähte an der Tabula externa auf, der bekanntlich besonders variabel ist (Perizonius 1984) im Gegensatz zum Obliterations-schemata, das anhand der Tabula interna, bezogen auf das tatsächlich bekannte kalendarische Alter, entwickelt wurde. Dennoch findet es letztlich auch durch die als Neuauflage des Lehrbuches von Martin (1928) gedachte Herausgabe der „Anthropologie“ (Knusmann 1988) gerade in der Anthropologie deutschsprachiger Länder seine weite Verbreitung und Anwendung. Da sich also aufgrund des Fehlens entsprechender sicherer Parameter mit einem derartigen Schema das kalendarische Alter nicht genau genug schätzen lässt, was auch aus der ständigen und zum Teil heftigen Kritik an dieser Methode leicht abzuleiten ist, kann die Korrektur für die Bestimmung des kalendarischen Sterbealters nicht wesentlich sicherer sein als sein Korrelationsparameter.

Offensichtlich materialbedingt finden sich die entsprechenden, vorher erwähnten unterschiedlichen Abrasionschemata. Auf die von Brothwell (1963) und Molnar (1971) wurde bereits verwiesen. Sie können als allgemein bekannt vorausgesetzt werden. Weniger bekannt ist das bereits erwähnte, von Lovejoy (1985) entwickelte System zur Altersbestimmung adulter Individuen und die von ihm durchgeführte Korrektur der Bestimmung des Symphysenalters anhand der Skelettreste aus der „Todd-Collection“. In diesem Schema fallen vor allem die starken Abrasionen im Frontzahngewebiss auf. Sie übertreffen weit die im Seitenzahnbereich, vor allem die der Molaren. Es besteht dennoch ein deutlicher Unterschied gegenüber den Ergebnissen über den Verlust von Zahnhartsubstanz im Frontzahngewebiss und im Bereich der Molaren aus der Stichprobe von Esslingen (Staudenmayer 1993 und Lehnert 1993), obwohl auch diese Unterschiede gegenüber heute statistisch gesichert sind. Da Lovejoy (1985) keine Angaben macht, welchen Ethnien die einzelnen Individuen zuzuordnen sind, muss vermutet werden, dass das spezielle Muster der Reduktion der Zahnhartsubstanz auch durch die Einbeziehung der Skelettreste von nordamerikanischen Indianern beeinflusst ist. Es kann als allgemein bekannt vorausgesetzt werden, dass gerade diese Bevölkerungen ihre Steinartefakte, gehüllt in ein Lederfutteral, mit den Frontzähnen hergestellt haben. Das aber würde bedeuten, dass die vorgefundenen Muster der Reduktion der Kronenhöhe auch durch den Vorgang der Abrasion bedingt sein können. Dieses Agens kann solange bei der Beurteilung des Schemas von Lovejoy nicht unberücksichtigt bleiben, solange die genaueren Angaben zur Herkunft dieses Untersuchungsgutes fehlen. Damit hat auch dieses Schema ausschliesslich seine Gültigkeit für Populationsstichproben, die ähnliche Lebensgewohnheiten hatten wie die zugrunde gelegte Stichprobe.

Die angeführten Unwägbarkeiten in den Versuchen, Abrasion und Demastikation zur möglichst genauen Bestimmung des Sterbealters zu benutzen, werden durch die vorher erwähnten Parameter noch zusätzlich in ihrer Präzision reduziert. So wurde bei allen Untersuchungen nicht berücksichtigt, ob und in welchem Masse die Perikymatiendichte zu individuell unterschiedlich raschem Abbau im kalendarischen Sinne beigetragen hat. Auch erosive Vorgänge wurden nicht erwähnt, obwohl diese bekanntlich auch an der okklusalen Fläche angreifen können. Auf das Fehlen der Beobachtung und Berücksichtigung der Attrition wurde bereits hingewiesen.

Die Abgrenzung der heute in der Zahnmedizin üblichen Unterscheidungen der verschiedenen Ursachen und der damit verbundenen Bezeichnungen für den Abrieb der Zahnhartsubstanz sind mit Sicherheit im gleichen Masse an prähistorischen Skelettserien auch nicht mit der annähernd gleichen Genauigkeit nachzuvollziehen. So fällt bei der Definition der Abrasion auf, dass auch die Speisen, die mit dem Kauapparat zermahlen werden, im weitesten Sinne als Fremdkörper im Mund aufgefasst werden können. Es dürfte am Gebiss schwerlich zwischen dem Zerkauen von pflanzlicher Nahrung zur direkten Ernährung, also Demastikation, oder dem Zerkauen von Blättern zur Herstellung eines Produktes, also Werkzeuggebrauch, im Sinne der Abrasion zu unterscheiden sein. Zudem können sich Überlagerungen der verschiedenen Vorgänge bemerkbar machen. In Abhängigkeit vom individuellen Grad der verschiedenen abrasiven Kräfte kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Attrition mit ihren bekanntlich scharfrandig begrenzten Schlifffacetten durch die Demastikation, die eher zu verrundeten Schlifffacetten führt, eingeschliffen wird oder umgekehrt, so dass der eine oder andere Faktor nicht mehr eindeutig genug nachweisbar ist.

Differenzen bestehen auch zwischen der modernen klinischen Medizin und der Analyse prähistorischer Skelettserien bezüglich der Beurteilung des Grades der Abbauvorgänge. Während man heute im klinischen Bereich etwa den Grad 5 nach Miles (1963) bereits als pathologisch einzustufen bereit ist, dürfte das für prähistorische Gebisse nicht zutreffen. Zur besseren Differenzierung zwischen pathologischen und normalen (= physiologischen) Abbauvorgängen bietet sich ein für beide Seiten eindeutigeres Kriterium an, die Bildung von Sekundärdentin.

Hält diese mit der fortschreitenden Abrasion, Demastikation und Attrition Schritt, indem durch diesen Vorgang das Pulpenkavum verschlossen werden kann, kann von normalen Abbauvorgängen ausgegangen werden. Laufen diese Vorgänge rascher ab als die Bildung von Sekundärdentin beim jeweiligen Individuum, sollte von einem pathologischen Vorgang gesprochen werden. Denn die biologischen Faktoren - Resistenz gegen Abrasion im Zusammenspiel mit der Bildung von Sekundärdentin - können den exogen wirkenden Kräften nicht entgegenwirken. Somit kann dieser biologische Prozess nicht zur Wirkung kommen.

Der besondere Einfluss der Reduktion der Kronenhöhe auf die *Articulatio mandibulae* und die Stellung des *Ramus mandibulae* darf in diesem Zusammenhang nicht übersehen werden. Zunächst wandert durch die starke Abrasion der Molaren das *Corpus mandibulae* nach frontal. Dadurch wird der in prähistorischen Populationen häufig beobachtete Zangenbiss erzeugt, ohne dass er anlagebedingt vorhanden gewesen sein muss. Dieser wiederum verursacht eine stärkere Abrasion des Frontzahngebisses. Die frontale Wanderung des *Corpus* bedingt nicht nur eine relative Öffnung des Astwinkels des Unterkiefers, sondern auch eine Verlagerung des *Processus condylaris* in die gleiche Richtung. Damit sind Arthropathien bekanntlich vorprogrammiert.

Schlussfolgerung

Wie einleitend bereits erwähnt wurde, zielt die Beurteilung des Grades der Reduktion der Kronenhöhe durch Abrasion und/oder Demastikation bei der Schätzung des Sterbealters prähistorischer und historischer Skelettindividuen in erster Linie darauf ab, anhand dieses Parameters deren kalendarisches Sterbealter so genau wie eben möglich zu schätzen, um Vergleiche mit heute Lebenden durchführen zu können oder demographische Parameter zu schätzen. Die aufgezählten unterschiedlichen Faktoren, die diesen Prozess beeinflussen, machen deutlich, dass die Reduktion der Kronenhöhe auch im Vergleich mit anderen Alterungsmerkmalen nur ein ganz grober Parameter für diese Schätzung sein kann. Selbst unter der Bedingung, dass bei zwei Individuen, die diesen Prozess posteruptiv beeinflussen, alle exogenen Faktoren völlig identisch sind, lässt die Beurteilung der Reduktion der Kronenhöhe aufgrund der Möglichkeit der Entstehung unterschiedlicher Abrasionsgrade nicht einmal den Schluss zu, dass beide Individuen biologisch oder kalendarisch gleich alt sein müssen. Eine Aussage darüber, ob sie ein bestimmtes kalendarisches Alter erreicht haben, ist also allein anhand dieses Merkmales nicht möglich. Dennoch kann grob gesagt werden, dass mit der Zunahme des Grades der Abrasion bei ein und demselben Individuum ein höheres Alter erwartet werden kann als bei einem geringeren. Die Reduktion der Kronenhöhe durch den Verlust von Hartschubstanz sollte daher nur dann als Schätzmaß für die individuelle Alterung herangezogen werden, wenn keine anderen Merkmale, deren Korrelation mit dem kalendarischen Alter besser sind als das hier aufgezeigte, beurteilt werden können. Vor allem sollten solche Merkmale gemieden werden, die anhand historischer oder prähistorischer Stichproben aufgestellt oder „präzisiert“ wurden, solange die Korrektur nicht auf der Untersuchung von Individuen besteht, deren Alter und Geschlecht nach Kalenderjahren und -tagen bekannt ist.

Zusammenfassung

In der prähistorischen Anthropologie wird der Grad der posteruptiven Reduktion der Kronenhöhe als ein Kriterium für die annähernde Schätzung des tatsächlichen Sterbealters benutzt. Die Differenzierung in verschiedene Arten der posteruptiven Reduktion der Kronenhöhe durch die moderne Zahnmedizin zeigt deutlich, wie komplex das Geschehen um diesen Vorgang ist. Auch die individuell unterschiedliche Widerstandsfähigkeit der *Substantia adamantina* weist darauf hin, dass bei gleichen abrasiven Kräften unterschiedliche Grade des Sub-

stanzverlustes entstehen können. Ferner wird darauf aufmerksam gemacht, dass bis heute keine Schemata über diesen Vorgang vorliegen, die an einem eindeutig altersbestimmten (kalendarisch) Material erarbeitet wurden. Es wird der Schluss gezogen, dass die in der prähistorischen Anthropologie übliche Verwendung eines Abrasionsschema nicht exakt genug ist, um das kalendarische Sterbealter eines Individuums annähernd genau schätzen zu können. Für vergleichende Untersuchungen sind die unterschiedlichen Abrasionsgrade und -phänomene jedoch von grosser Bedeutung.

Literaturverzeichnis

Broca P. 1879

Instructions relative à l'étude anthropologique du système dentaire. Bull. Soc. Anthropol. Paris 2, S. 128-152.

Brothwell D.R. 1963

Digging up bones. The excavation, treatment and study of human skeletal remains. British Museum (N. H.), London.

Charles D.K., Condon K., Cheverud J.M., Buikstra J.E. 1986

Cementum annulation and age determination in Homo sapiens. I. Tooth variability and observer error. Am. J. Phys. Anthropol. 71, S. 311-320.

Condon K., Charles D.K., Cheverud J.M., Buikstra J.E. 1986

Cementum annulation and age determination in Homo sapiens. II. Estimates and accuracy. Am. J. Phys. Anthropol. 71, S. 321-330.

Frank G. 1984

Die Korrelation zwischen Abschleifgrad und Dichte der Perikymatien im Endneolithikum. Untersuchungen zur Überprüfung der Härte des Zahnschmelzes. Med. dent. Diss. Tübingen.

Hickel R. 1989

Zahnabrasion und beruflich bedingte Einflüsse bei Steinbrucharbeitern. Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V. St. Augustin.

Keller S.-K. (in Vorb.)

Perikymatiendichte in Abhängigkeit von Abrasion und Karies. Med. dent. Diss. Tübingen.

Knussmann R. (Hg.) 1988

Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Stuttgart.

Kósa F., Antal A., Farkas I. 1992

Scanning electron microscopic study of the human adult bones for determining the individual age. Anthropologie (Brno) XXX (1), S. 13-20.

Lehnert M. 1993

Stomatologische Untersuchungen an den Skelettresten der Bewohner Esslingens a.N. von der Gotik (1230 AD) bis zur Neuzeit. Med. dent. Diss. Tübingen.

Lovejoy C.O. 1985

Dental wear in the Libben population: Its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death. Am. J. Phys. Anthropol. 68, S. 47-56.

Martin R. 1928

Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung. Jena.

- Meindl R.S., Lovejoy C.O., Mensforth M.P., Walker R.A. 1985
A revised method of age determination using the Os pubis, with a review and test of accuracy of other current methods of pubic symphyseal aging. *Am. J. Phys. Anthrop.* 68, S. 29-45.
- Mierau H.-D. 1992
Der freiliegende Zahnhals. *DZZ* 47, S. 643-653.
- Miles A.E.W. 1963
The dentition in the assessment of individual age in skeletal material. In: Brothwell D.R. (Hg.), *Dental Anthropology. Symposia Soc. Study*, S. 191-208.
- Molnar S. 1971
Human tooth wear, tooth function and cultural variability. *Am. J. Phys. Anthrop.* 34, S. 175-190.
- Olivier G. 1960
Pratique Anthropologie. Vigot Frères, Paris.
- Perizonius W.R.K. 1984
Closing and non-closing sutures in 256 crania of known age and sex from Amsterdam (A.D. 1883 - 1909). *J. Hum. Evol.* 13, S. 201-216.
- Reith Th. 1990
Untersuchungen zur Altersbestimmung der Individuen zweier frühneolithischer Skelettserien aus Baden-Württemberg anhand verschiedener Abrasionsphänomene. *Med. dent. Diss. Tübingen*.
- Rösing F.W. 1977
Methoden der Aussagemöglichkeiten der anthropologischen Leichenbrandbearbeitung. *Archäologie und Naturwissenschaft* 1, S. 53-80.
- Scott D.B., Kaplan H., Wyckhoff R.W.G. 1949
Replica studies of changes in tooth surface with age. *J. Dent. Res.* 28, S. 31-36.
- Smith B.H. 1984
Patterns of molar wear in hunter-gatherers and agriculturists. *Am. J. Phys. Anthrop.* 63, S. 39-56.
- Staudenmayer J. 1993
Stomatologische Befunde an der Bevölkerung Esslingens a.N. vom Früh- (775 AD) zum Hochmittelalter (1240 AD). *Med. dent. Diss. Tübingen*.
- Vallois H.V. 1937
La durée de la vie chez l'homme fossile. *L'Anthropologie* 47, S. 499-532.

Anschrift

Dr. Alfred Czarnetzki
Osteologische Sammlung
der Universität Tübingen
Wilhelmstrasse 27
Postfach 1271
D - 72002 Tübingen

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, Genève

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 Ulrich@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

Eine partiell persistierende Chorda dorsalis an einer frühmittelalterlichen Bestattung aus Neresheim

Michael Scholz

Abstract

The skeletal remains of an early adult female from the medieval graveyard of Neresheim (Ost-Alb-Kreis) in South West Germany were examined. Typical signs for a persisting of the chord (Chorda dorsalis) were found at the fifth lumbar vertebrae. This feature is supposed to be the result of a malfunction in the expression of the specific genes which are responsible for the normal development of the spine.

Résumé

Nous avons examiné les fragments d'un squelette féminin daté du début du Moyen Age. L'analyse anthropologique a été menée conjointement avec l'étude données archéologiques. Nous avons remarqué, lors d'un prélèvement d'ADN sur la cinquième vertèbre lombaire, des modifications osseuses qui ne sont pas liées à un problème de conservation. Un examen macroscopique et radiologique détaillé (grossissement x100) a montré de façon explicite la persistance de la corde dorsale. On en a déduit que ce phénomène devait être lié à un problème de traduction de l'information génétique, ou bien à un manque complet de cette information sur un segment particulier du génome. Lors d'une diagnose différentielle, nous nous sommes rendus compte qu'une cause pathologique seul ne pouvait être à l'origine de ce phénomène.

Material und Methode

Zur Untersuchung lagen die Skelettreste aus Grab Nr. 59 der merowingerzeitlichen Nekropole von Neresheim (Knaut 1993) vor. Das Material wurde makroskopisch morphologisch sowie radiologisch untersucht. Zudem fand zum besseren Verständnis der intravitalen Situation eine plastische Ergänzung der Weichteile der Wirbelsäule zwischen L3 und S1 statt. Die Skelettreste gehören zu einer Frau, die im früh-adulten Alter (20-30) verstarb.

Ergebnisse

Der Wirbelkörper ist etwas asymmetrisch von dorsal nach ventral zweigeteilt. Seinen zentralen Teil charakterisiert eine in jeder Hälfte erkennbare halbrunde Ausbuchtung, die den Eindruck eines kreisförmigen Durchlasses von kranial nach kaudal vermitteln. Da die rechte Wirbelkörperhälfte stärker ausgeprägt ist als die der linken Seite (Abb. 1a-b), nimmt die Dicke des Wirbelkörpers in der Vorderansicht keilförmig von rechts lateral nach links lateral, jeweils von der proximalen zur distalen Facies intervertebralis gemessen, ab.

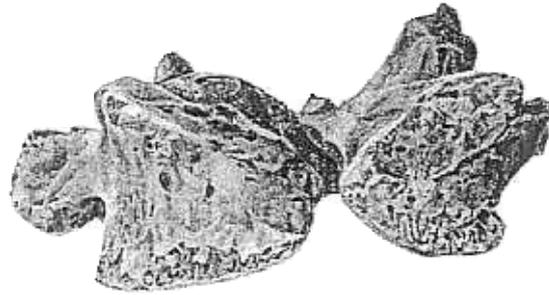


Abb. 1a: Neresheim Nr. 59: 5. Lumbalwirbel, ventral/dorsal-Ansicht (für die zeichnerische Darstellung des Befundes danke ich Herrn Claus P. Jakob, Nürnberg).

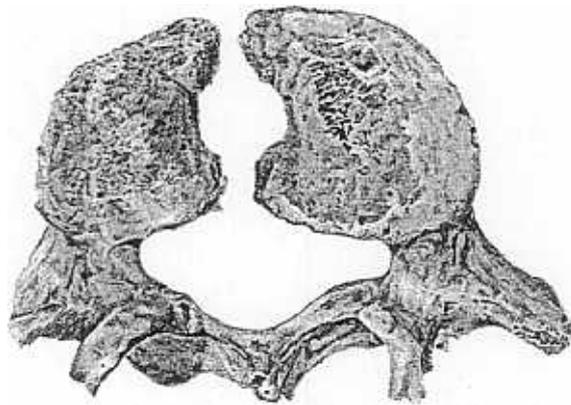


Abb. 1b: Neresheim Nr. 59: 5. Lumbalwirbel, kranial/kaudal-Ansicht.

Die Gelenkfläche am rechten Processus articularis inferior ist deutlich degeneriert. Das Fehlen des linken Processus costalis und spinosus ist aufgrund der typischen Merkmale einer postmortalen Fraktur durch die Bergung der Skelettreste zu erklären. Spondylopathische Veränderungen des Wirbels im Sinne spondylitischer bzw. spondylarthritischer und ähnlicher Läsionen sind nicht festzustellen. Seine Oberflächenstruktur zeigt auch im Bereich der Durchlassöffnung eine unauffällige und geschlossene Corticalis.

Am nur fragmentiert erhaltenen Os sacrum fällt eine nach links verlängerte Basis ossis sacri auf, welche sich in der Frontalansicht deutlich nach distal lateral in den Bereich der linken Ala sacralis neigt (Abb. 2a-b). Die postmortal entstandene Läsion im Bereich des rechten Processus articularis superior lässt, wie oben bereits angedeutet, nur die Vermutung einer, wenn überhaupt, dann nur unvollständig ausgeprägten Facies articularis an dieser Stelle zu.

Diskussion

Um diesen seltenen Befund, welcher nach Töndury/Theiler (1990) bevorzugt im Lumbalwirbelbereich auftreten soll, erklären zu können, sei kurz auf die Epigenese des Wirbelsäulenskelettes eingegangen.

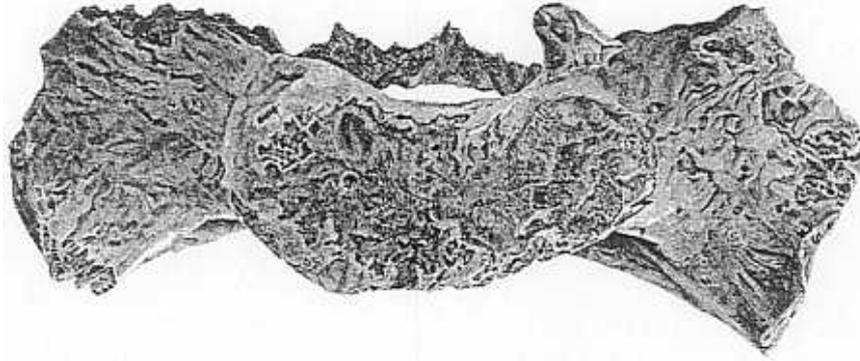


Abb. 2a: Neresheim Nr. 59: Kreuzbein, kranial/kaudal-Ansicht.

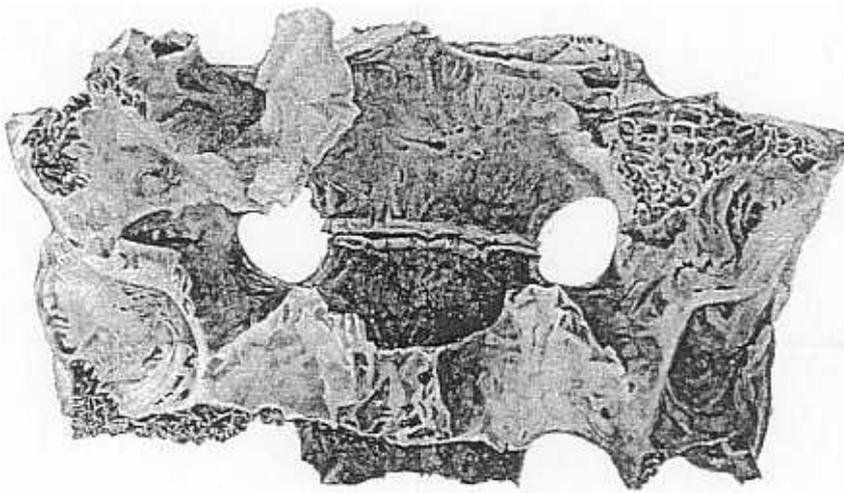


Abb. 2b: Neresheim Nr. 59: Kreuzbein, dorsal/ventral-Ansicht. Verlängerte Basis ossis sacri und fehlender Proc. art. sup. M 1:2.

Zu Beginn der Wirbelsäulenentwicklung entsteht bekanntlich bei allen Vertebraten eine aus grossen blasigen Zellen bestehende Rückensaite, welche durch eine fibrilläre Scheide zusammengehalten wird (Clara 1938). Diese als Chorda dorsalis bekannte Struktur wird bei höher entwickelten Wirbeltierformen durch die Bildung der ossären Wirbelsäule ersetzt, welche sich aus dem perichordalen Mesenchym bildet. Aus histologischer Sicht verläuft die ontogenetische Entwicklung des Wirbelskelettes beim Menschen in drei Schritten, dem mesenchymalen, dem Verknorpelungs- und dem Verknöcherungsschritt (Abb. 3). Für den hier vorgestellten Befund ist der zweite Entwicklungsschritt von besonderer Bedeutung, denn während des Verknorpelungsprozesses, also etwa ab dem zweiten Monat i.u. (in utero), entwickelt sich der Wirbelkörper, anders als die Wirbelfortsätze, aus beiden Sclerotomanteilen. Dies geschieht, indem sich der jeweils aus lockerem Mesenchym bestehende kaudale Teil eines Sclerotoms mit dem kranialen des jeweils kaudalwärts folgenden Sclerotoms zusammenschliesst. Durch diesen wichtigen Entwicklungsschritt wird die zu Beginn angelegte Gliederung der Wirbelsäulenanlage aufgehoben. Somit liegt das ursprünglich aus einem Ursegment entstandene Myotom bzw. Sclerotom nicht mehr auf einer Höhe.

Durch diesen Verknorpelungsvorgang wird im Bereich der Wirbelkörper die Chorda dorsalis stark zusammengedrückt und verschwindet dort im weiteren Entwicklungsverlauf normaler-

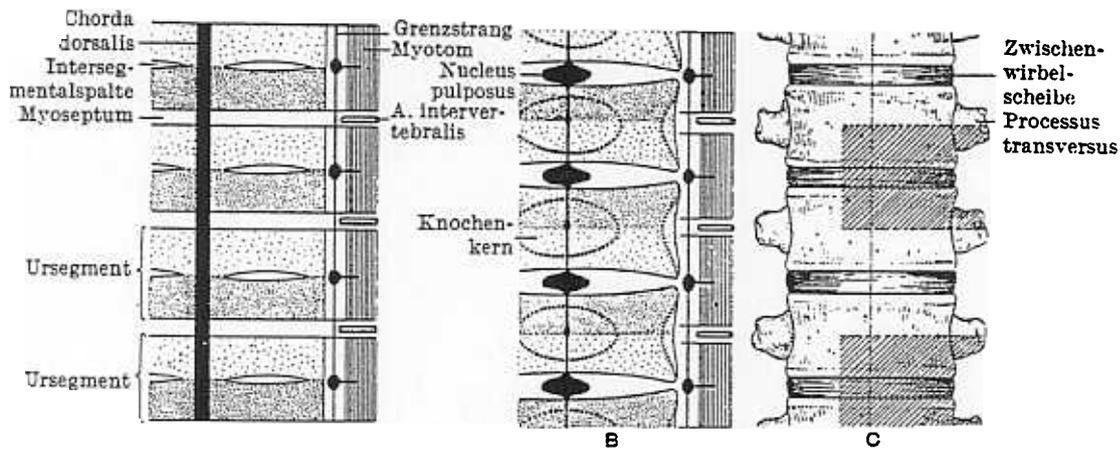


Abb. 3: Schematische Darstellung des mesenchymalen (A), knorpeligen (B) und knöchernen (C) Entwicklungsabschnittes der Wirbelsäule (aus: Clara 1938, S.158).

weise vollständig. Lediglich im Intervertebralbereich schwillt sie knotenartig an und bildet im weiteren Entwicklungsverlauf den Nucleus pulposus in der Zwischenwirbelscheibe (Discus intervertebralis). Zu Beginn des dritten Monats i.u. schliesslich beginnt die Verknöcherung der Wirbelsäule, in dem bis auf die Steissbeinwirbel, in jedem Wirbel drei Knochenkerne angelegt werden, je einer im Wirbelkörper und je einer in der rechten und linken Wirbelbogenhälfte.

Bei einer oberflächlichen Betrachtung des vorgestellten Befundes wäre es unter Umständen denkbar, die Anomalie des beschriebenen Wirbelkörpers in ihrer Ursache als pathologisch, im Sinne einer erworbenen Missbildung (durch Unfall oder Krankheit), anzusehen. Eine so verstandene mögliche Interpretation könnte beispielsweise die Diagnose eines schweren Morbus Scheuermann (Raney/Shands 1967) sein, bei dem Läsionen in der Wirbelkörperstruktur auftreten, die im schlimmsten Falle zu einem Zusammenbruch des gesamten Wirbels führen können (Abb. 4).

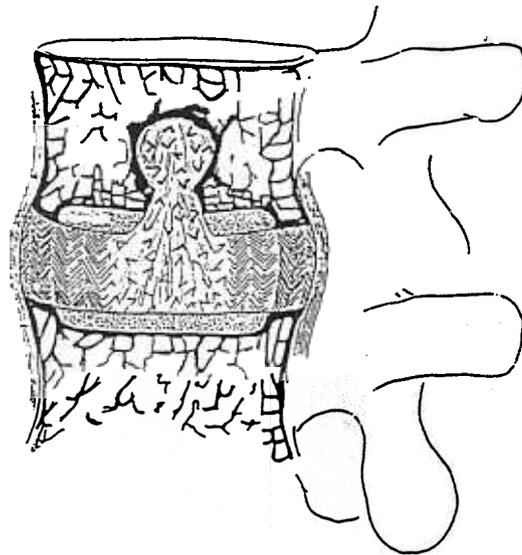


Abb. 4: Hernienartige Läsion bei Morbus Scheuermann. Der Nucleus pulposus der Zwischenwirbelscheibe drückt durch die knorpelige Wirbelplatte in die knöchernen Substanz und bildet einen Schmorl'schen Knoten.

Anders als im oben beschriebenen Beispiel ist dafür bekanntermassen allerdings eine bindegewebliche Schwäche in der Zwischenwirbelscheibe verantwortlich, wodurch es zu einem hin und her wandernden Nucleus pulposus kommt, welcher dann, durch die knorpelige Deckplatte des Wirbelkörpers hindurch, eine begrenzte Auflösung des Knochens (Schmorl'scher Knoten) im Sinne einer Druckatrophie zur Folge haben kann. Aber selbst in seiner extremsten Erscheinungsform konnte bisher bei einem Morbus Scheuermann niemals eine Teilung des Wirbelkörpers von dorsal nach ventral nachgewiesen werden, sondern, anders als dies bei vorliegendem Wirbel der Fall ist, lediglich Kompressionen des Wirbelkörpers. Dessen Morphologie weist hier eindeutig auf eine Retardation des Wachstumsvorganges hin, im Gegensatz zu den mechanisch bedingten Läsionen, welche bei einer degenerativen Erkrankung der Wirbelsäule zu erwarten wären.

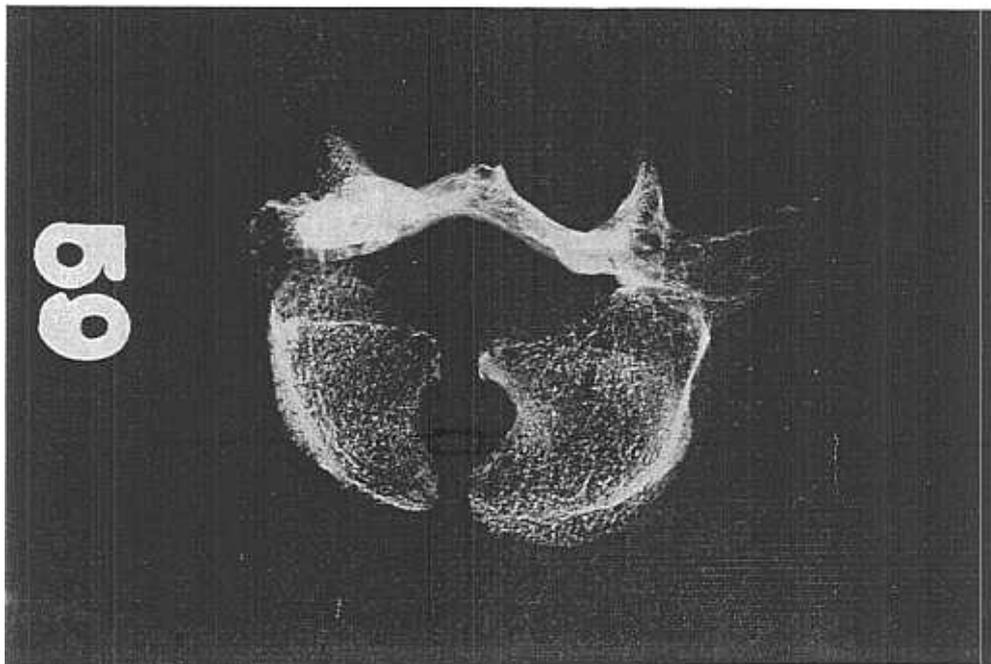


Abb. 5: Neresheim Nr. 59: 5. Lumbalwirbel, radiologische Aufnahme des Wirbels (Kaudalseite). Deutliche, asymmetrische Zweiteilung des Wirbelkörpers mit kreisförmiger Durchlassöffnung. Keine Frakturlinien oder Nachweise spondylopathischer Veränderungen sichtbar. M 1:2.

Aufgrund der radiologischen Untersuchung ist eine eventuelle Fraktur in diesem Bereich als weitere mögliche Entstehungsursache des zweigeteilten Wirbelkörpers in diesem Bereich auszuschliessen (Abb. 5), da keine Frakturlinien oder ähnliche Hinweise im Röntgenbild zu erkennen sind. Auch die Möglichkeit, ein infektiöses Geschehen, beispielsweise eine Knochentuberkulose, als ursächlich für die bestehende morphologische Gestalt des Lendenwirbels anzunehmen, muss aufgrund des abweichenden und vollkommen unterschiedlichen Erscheinungsbildes einer solchen Erkrankung im Vergleich am vorliegendem Fall ausgeschlossen werden.

Bei einem tuberkulösen Prozess in der Wirbelsäule (zumeist sind Brust- oder Lendenwirbel betroffen) kommt es im fortgeschrittenen Verlauf der Erkrankung fast immer zu einem Zusammenbruch eines oder mehrerer befallener Wirbelkörper. Dies führt dann zu einem Abknicken der Wirbelsäule nach ventral (kyphotischer Gibbus). Typisch hierbei ist die teilweise Zerstörung der äusseren Knochenschicht (Corticalis) und als direkte Folge eine offenliegende, in sich verschmolzen wirkende, sichtbare Spongiosastruktur in diesem Bereich des Wirbelkörpers.

Im vorliegenden Fall handelt es sich also demzufolge um einen Defekt, dessen Entstehung nicht durch Einwirkung exogener Faktoren oder einer Erkrankung der Wirbelsäule erklärt werden kann. Bezüglich der Genese des vorgestellten Befundes muss man vielmehr davon ausgehen, dass hier während der Verknorpelungsphase des Wirbelkörpers eine Störung dieses Entwicklungsabschnittes vorgelegen haben muss, wodurch die Chorda dorsalis innerhalb des Wirbelkörpers nicht abgeschnürt werden konnte. Die Folge war offensichtlich eine Teilung der Knochenkernanlage und des normalen Ossifikationsverlaufes des Wirbelkörpers, welcher schliesslich in der weiteren Ontogenese die oben beschriebene morphologische Ausprägung erhielt.

Eine so entstandene Fehlbildung eines oder mehrerer Skeletteile ist entweder auf eine fehlerhafte Übersetzung der genetischen Information oder aber auf das vollständige Fehlen einer solchen auf einem spezifischen DNA-Abschnitt des jeweiligen individuellen Genoms zurückzuführen. Es ist heute bekannt, dass in der Embryonalentwicklung einzelne Entwicklungsabschnitte von sogenannten „Master-Genen“ gesteuert werden. Diese Gene lösen praktisch einen bestimmten Entwicklungsprozess aus, der, einmal in Gang gebracht, ähnlich dem eines aufgezogenen Uhrwerks abläuft. Dies geschieht auch dann, wenn es innerhalb dieses Vorgangs zu einer begrenzt fehlerhaften Genexpression kommt, durch die es folgend, wie im vorliegenden Fall, zu einer partiellen Fehlentwicklung oder Missbildung kommen kann. Je nach Schwere eines solchen Defekts könnte dies im schlimmsten Falle dazu führen, dass der so entstehende neue Organismus nicht lebensfähig wäre.



Abb. 6: Neresheim Nr. 59: Teilrekonstruktion der Lendenwirbelsäule mit skoliotischer Verkrümmung nach links.

Aus der Teilrekonstruktion der Wirbelsäule des Individuums aus der Bestattung 59 des Neresheimer Gräberfeldes kann aufgrund der unterschiedlichen Dicke der beiden Wirbelkörperhälften des L5 eine deutliche linksseitig-skoliotische Verkrümmung im Lendenwirbelbereich (Abb. 6) abgeleitet werden. Wahrscheinlich ist dieser Grössenunterschied ursprünglich auf eine asymmetrische Teilung des für die Entstehung des Wirbelkörpers notwendigen Knochenkernes zurückzuführen, hervorgerufen durch die persistierende Chorda dorsalis an dieser Stelle. Unterstützt wird diese Annahme durch das Fehlen erkennbarer pathognomonischer Zeichen für Spondylopathien, TBC oder M. Scheuermann an den übrigen Lendenwirbeln. Diese wären aber sicherlich zu erwarten, wenn andere exogene Faktoren für eine solche Skoliose als ursächlich in Betracht gezogen würden.

Es ist durchaus anzunehmen, dass das Individuum durch die beschriebenen morphologischen Veränderungen der Lendenwirbelsäule bei normaler Belastung keine akuten Schmerzzustände erfahren hat, wenngleich der gesamte Verlauf der Wirbelsäule erhaltungsbedingt nicht mehr nachvollzogen werden kann.

Literaturverzeichnis

Clara M. 1938

Entwicklungsgeschichte des Menschen.

Knaut M. 1993

Die Alamannischen Gräberfelder von Neresheim und Kösing. Forsch. und Ber. zur Vor- und Frühgesch. in Bad.-Württemberg. Bd. 48.

Raney R.B., Shands A.R. 1967

Handbook of Orthopaedic surgery.

Töndury G., Theiler K. 1990

Entwicklungsgeschichte und Fehlbildungen der Wirbelsäule. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis. Bd. 98.

Anschrift

Michael Scholz

Institut für Ur- und Frühgeschichte

Abt. Archäologie

Eugenstrasse 40

D - 72072 Tübingen

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, Genève

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 Ulrich@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

Eine mittelalterliche Bestattung aus dem Berner Raum mit partiell persistierendem Chordakanal an drei Brustwirbeln

Susi Ulrich-Bochsler

Résumé

En référence à l'article de M. Scholz (dans ce volume), nous évoquerons ici le cas d'une autre inhumation datant du Moyen-Age. Le squelette présente trois vertèbres thoraciques avec une chorda dorsalis partielle. En vue ventrale, les vertèbres ont une forme caractéristique en „papillon“. Nous insisterons dans cet article sur la rareté de cette malformation.

Der folgende Kurzbericht über eine mittelalterliche Bestattung aus dem Kanton Bern entstand im Anschluss an die redaktionelle Bearbeitung des Manuskripts von M. Scholz für das vorliegende Heft des Bulletins (Scholz 1996). Scholz berichtet über eine partiell persistierende Chorda dorsalis an einem Wirbel einer frühmittelalterlichen Bestattung aus Neresheim und geht dabei insbesondere auf die entwicklungsgeschichtliche Entstehung dieser Fehlbildung ein. Als Nachtrag dazu sei ein Fall aus unserem Untersuchungsraum vorgestellt, womit vor allem auch auf das ausserordentlich seltene Vorkommen solcher Wirbel hingewiesen werden soll.

Im historischen Skelettmaterial unseres Untersuchungsraumes sind Wirbelkörper mit partiellen sagittalen Wirbelkörperfugen (Köhler/Zimmer 1982, Schmorl/Junghanns 1968, Swoboda 1969) sehr selten nachweisbar. Unter mehreren Tausend Skeletten, die in den letzten 22 Jahren im Kanton Bern ausgegraben und anthropologisch untersucht wurden, konnten nur zwei Fälle beobachtet werden. Selbst wenn man berücksichtigt, dass viele Skelette unvollständig erhalten sind und ehemals vorhandene Pathologica damit der Beobachtung entgehen, darf man davon ausgehen, dass die Häufigkeit solcher Wirbel weit unter 1% liegt.

Von den beiden erwähnten bernischen Funden soll an dieser Stelle der eine kurz beschrieben werden. Er weist grosse Ähnlichkeit zur Neresheimer Bestattung auf. Beim anderen Fund handelt es sich um eine Wirbelsäule, bei der neben einer sagittalen Wirbelkörperfuge diverse weitere Fehlbildungen wie Verschmelzungen von Wirbeln und die Ausbildung eines Halbwirbels resp. das Fehlen eines einzelnen Halbsegmentes bestehen. Die unübersichtlichen Verhältnisse im Hals- und Brustwirbelsäulenabschnitt werden zudem durch starke Verbildungen mit Verkrümmung und Verkürzung verstärkt. Die Beschreibung dieses Falles ist für eines der nächsten Hefte des Bulletins vorgesehen.

Grab 47 mit der Bestattung einer etwa 50jährigen Frau wurde als Innengrab in der Kirche von Wangen a.A. 1980 freigelegt (Ulrich-Bochsler/Schäublin 1991). Datierung: 12./13. bis 2. Hälfte 14. Jahrhundert. Mit Ausnahme der Wirbelsäule sind die Skelettreste pathologisch unauffällig. An drei Brustwirbeln besteht eine partielle Chorda dorsalis. In der Ventralansicht erinnert ihre Form an sogenannte Schmetterlingswirbel. Auf die entwicklungsgeschichtlichen Vorgänge, die zu solchen Fehlbildungen führen, geht Scholz (1996) ausführlich ein. Ergänzend soll hier der Begriff „Schmetterlingswirbel“ („butterfly vertebra“) erläutert werden (Schmorl/Junghanns 1968, S. 78 ff.).

Solche Wirbel weisen eine sagittale Wirbelkörperfuge auf: Die Wirbelkörpermitte ist in Kopf-Steiss-Richtung (am mazerierten Präparat also an der Chordadurchtrittsstelle) zylindrisch ausgehöhlt. Von dieser Aushöhlung verläuft in der Pfeilnahtebene ein schmaler mit Knorpelgewebe ausgefüllter Spalt nach vorn und nach hinten. Die obere und untere Wirbelkörperplatten senken sich trichterförmig ein. Von vorn betrachtet ähneln solche Wirbel damit einem fliegenden Schmetterling (Abb. 1).

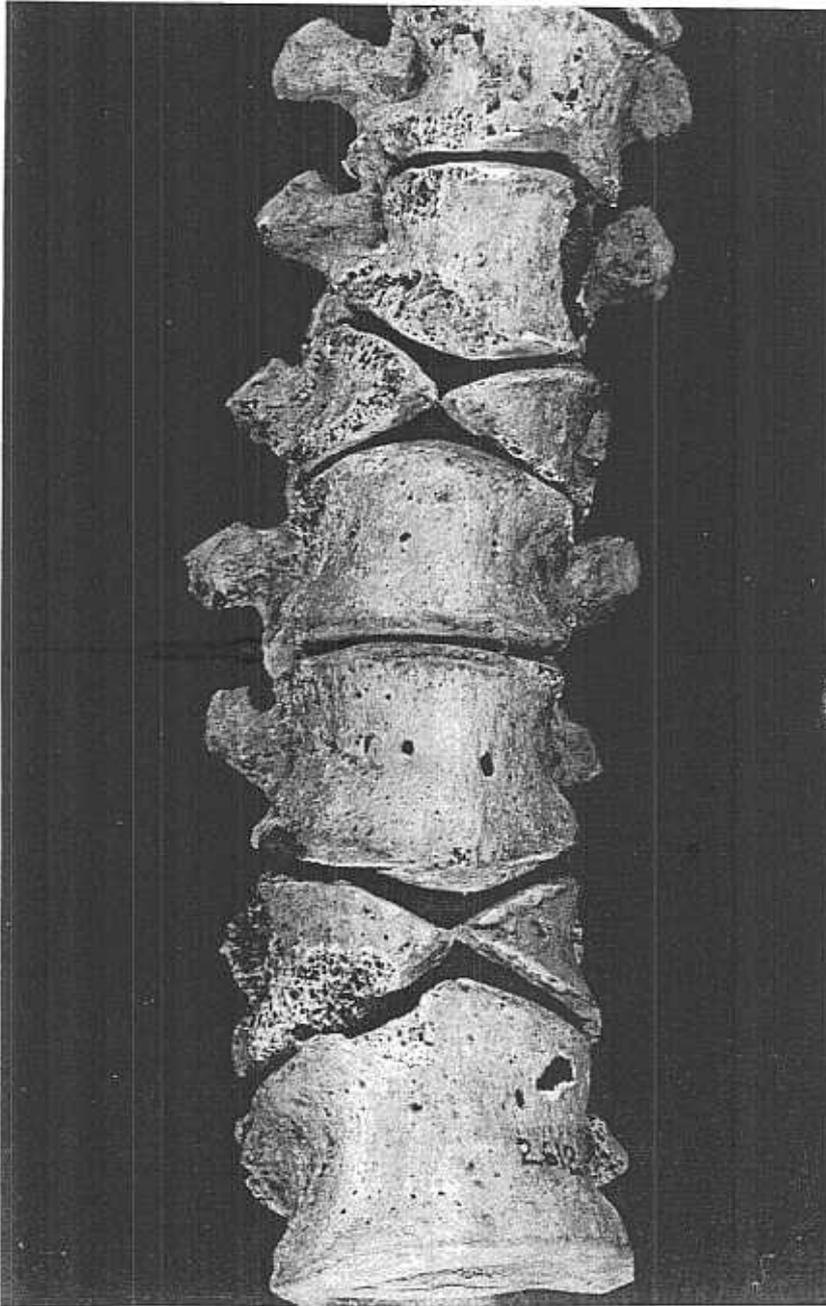


Abb. 1: Ausschnitt der Brustwirbelsäule (Th6 bis Th12) der Bestattung 47 von Wangen an der Aare, Ventralansicht mit zwei der fehlgebildeten Brustwirbel Th8 und Th11. Hochwirbelform von Th12 und Th10.

Die Wirbelsäule der Frau aus Wangen ist annähernd vollständig erhalten; es fehlen nur die Wirbelkörper der ersten drei Brustwirbel (Abb. 2, 3). Kleinere Beschädigungen entstanden bei der Freilegung des Skeletts. Wohl durch Fehlbelastung infolge skoliotischer und kyphotischer Verbiegung der Wirbelsäule sind einzelne der kleinen Wirbelgelenke im Sinne einer Spondyl-

arthrose geschädigt. Besonders auffällig sind diesbezüglich die Hals- und Lendenwirbel. Randzacken an den Wirbelkörpern, die zum Bild der Spondylosis deformans gehören, finden sich in schwacher Ausprägung an den unteren Brustwirbeln, speziell in Nachbarschaft der Wirbel mit partiell persistierendem Chordakanal. Ausserdem besteht eine mittelstark ausgeprägte Osteoporose der Wirbelsäule. Weitere Fehlbildungen wie etwa Spondylolysen, welche öfters mit Wirbelkörpermissbildungen vergesellschaftet sind, fehlen.

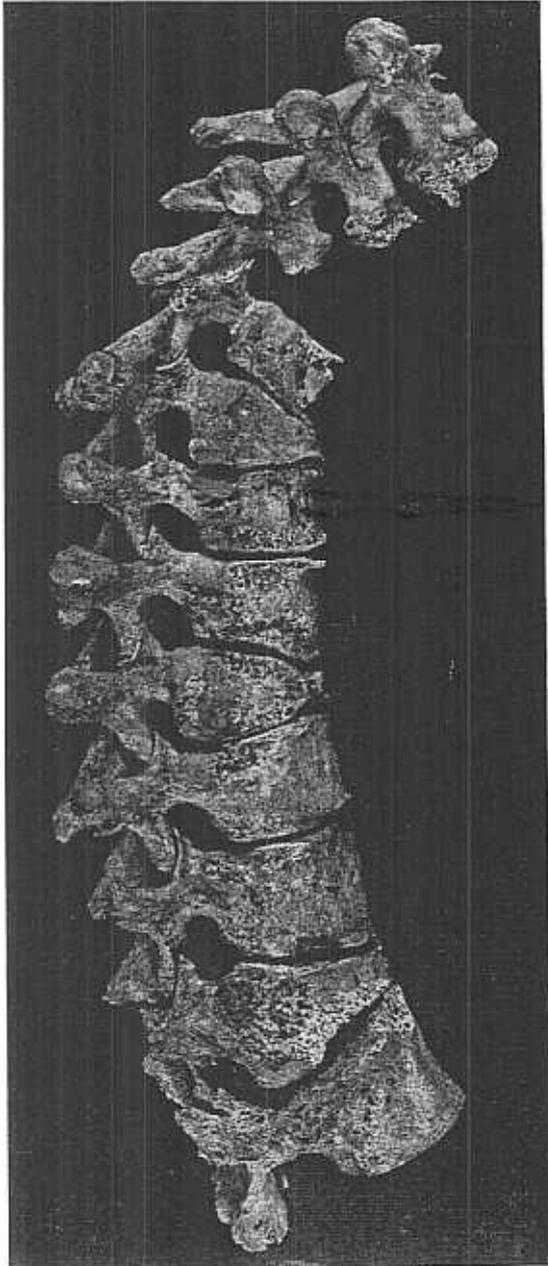


Abb. 2: Brustwirbelsäule in Seitenansicht (von rechts).

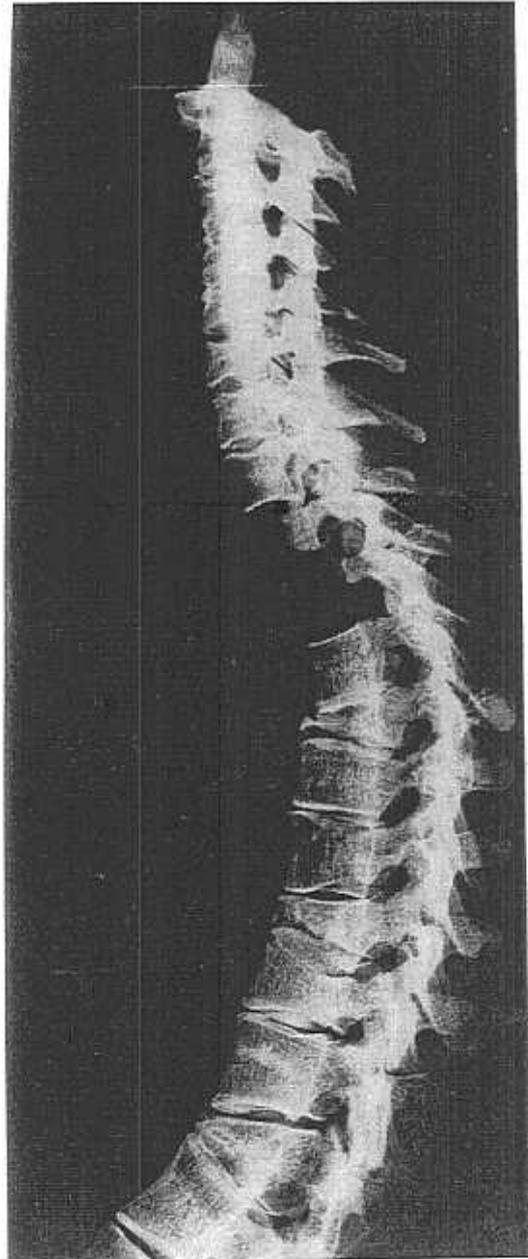


Abb. 3: Röntgenbild der Wirbelsäule (zweiter Halswirbel bis zweiter Lendenwirbel). Seitenaufnahme (von links).

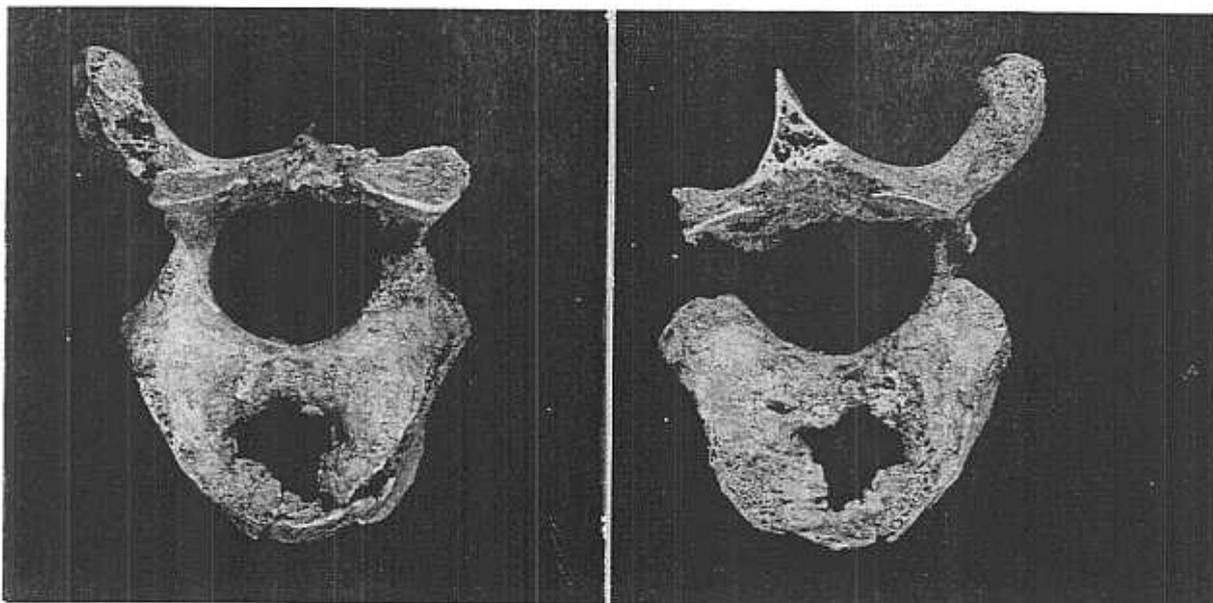


Abb. 4: Fünfter Brustwirbel von cranial (links) und von caudal (rechts).

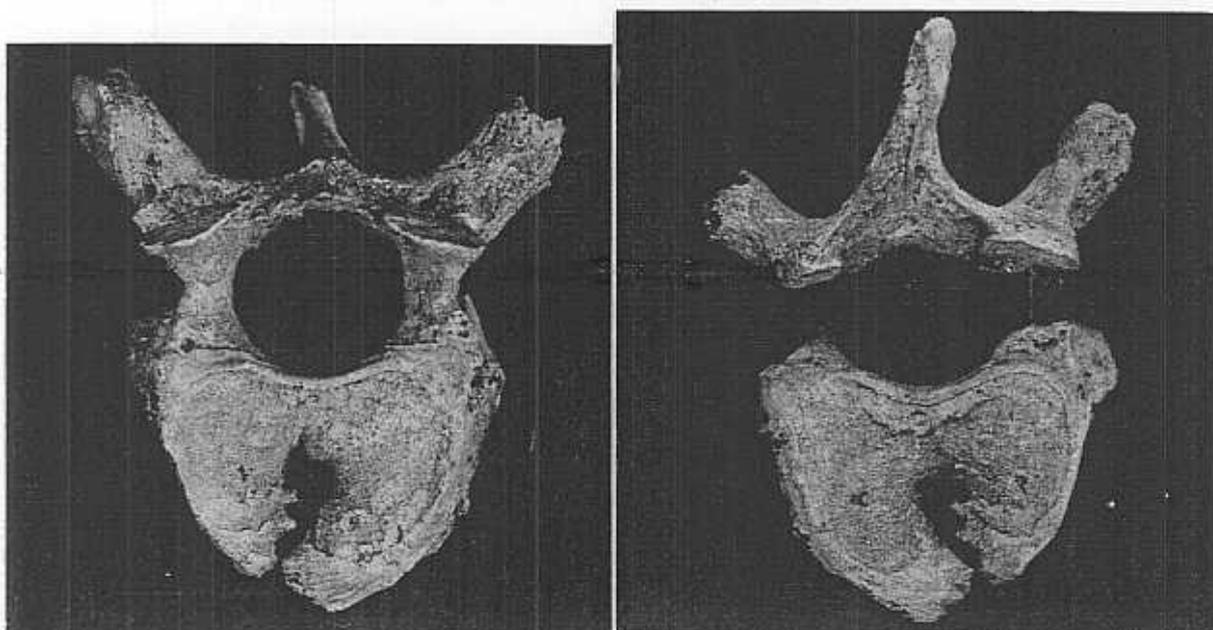


Abb. 5: Achter Brustwirbel von cranial (links) und von caudal (rechts).

Die drei fehlgebildeten Wirbel Th5, Th8 und Th11 sind in bezug auf ihre Form ungleich ausgebildet. Die stärkste Ausprägung besteht am fünften Brustwirbel (Abb. 4), indem der lochartige Durchbruch hier den grössten Durchmesser erreicht. Durch dieses Loch waren die oben und unten anliegenden Zwischenwirbelscheiben miteinander verbunden. Die Spaltbildung verläuft nur unmittelbar bis zum ventralen Wirbelkörperrand. Im dorsalen Bereich ist der Wirbelkörper geschlossen. Am achten Brustwirbel ist die lochförmige Durchtrittsstelle ebenfalls gut sichtbar, wenn auch deutlich kleiner (Abb. 5). Die Fuge ist dagegen durchgehend, so dass der Wirbel vorne gespalten ist. Am elften Brustwirbel ist der Lochdurchbruch sehr klein, und die Spaltung besteht nur am vorderen Rand (Abb. 6). Bei allen drei Wirbeln ist der Wirbelkörper ventral deutlich niedriger, also annähernd keilförmig ausgebildet.

Nach Schmorl/Junghanns (1968) geht die Keilform auf Störungen im Höhenwachstum zurück. Infolge der Belastung ist die Höhenreduktion in den vorderen Wirbelkörperanteilen markanter als im dorsalen Bereich. Im Falle von Wangen tritt eine kyphotische Verkrümmung

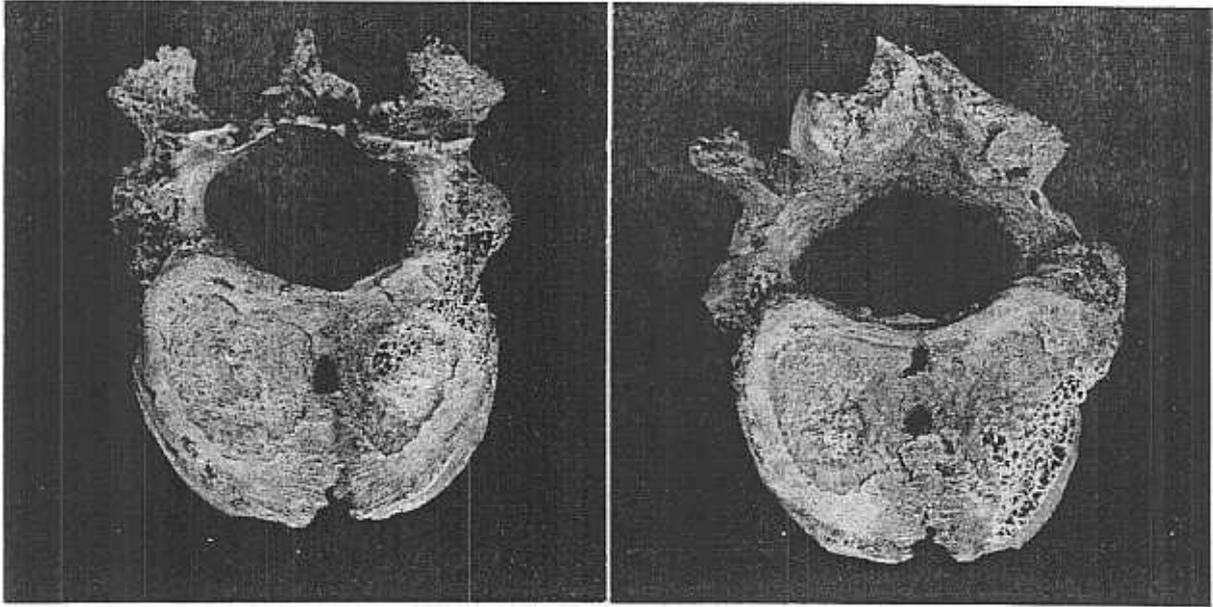


Abb. 6: Elfter Brustwirbel von cranial (links) und von caudal (rechts).

auf der Höhe des fünften und achten Brustwirbels mit Annäherung an einen Gibbus ein. Da die drei fehlgebildeten Wirbel deutlich höhenreduziert sind, dürfte die Hochwirbelform der benachbarten Wirbel, speziell des 10. und 12. Brustwirbels, als Kompensation aufgefasst werden (vgl. Abb. 1). Im oberen Teil der Brustwirbelsäule bestehen eher unregelmässige Wirbelkörperformen, die sich in den ventralen Bereichen an die Keilform der fehlgebildeten Wirbel anpassen. Durch die Asymmetrie der Wirbelkörper, die sich bis in den Lendenwirbelsäulenbereich ausdehnt, und durch die Folgen der Wachstumshemmung entstand neben einer kyphotischen auch eine leichte skoliotische Verbiegung.

An der rekonstruierten Wirbelsäule ist erkennbar, dass die lateralen Kanten der drei betroffenen Wirbel gegenüber den Konturlinien der anderen Wirbel etwas vorstehen, da die Seitenteile der „Schmetterlingswirbel“ wegen ihrer konischen Form und durch Kompressions- und Belastungsmomente etwas auseinandergedrängt werden.

Abschliessend ist nach der Bedeutung solcher Anomalien für die historische Anthropologie zu fragen. Aufgrund ihres seltenen Vorkommens bleiben sie Spezialfälle in unserem Fundgut. Besteht bei hochgradigen Wirbelkörperspaltbildungen Lebensunfähigkeit (Schmorl/Jungmanns 1968), so sollen partielle Wirbelkörperspalten in der Regel keine klinischen Beschwerden machen, sofern sie nicht Teilerscheinungen von multiplen Wirbelmissbildungen sind. Das Ausmass allfälliger Beschwerden lässt sich für die Frau von Wangen kaum sicher beurteilen. Immerhin erreichte die Betroffene ein matures Alter und dies trotz des Befalls von mehreren Wirbeln und ohne orthopädisch betreut worden zu sein, so dass mindestens auf diesem indirekten Weg eine nicht allzu starke körperliche Beeinträchtigung vermutet werden kann.

Zusammenfassung

Als Nachtrag zur Arbeit von M. Scholz in diesem Heft wurde eine mittelalterliche Bestattung vorgestellt, an der drei Brustwirbel mit partieller Chorda dorsalis ausgebildet sind. Neben der in der Ventralansicht an Schmetterlingswirbel erinnernden Wirbelform sollte vor allem auf das seltene Vorkommen dieser Fehlbildung hingewiesen werden.

Literatur

Schmorl G., Junghanns H. 1968

Die gesunde und die kranke Wirbelsäule in Röntgenbild und Klinik. 5. Aufl. Thieme, Stuttgart, New York.

Scholz M. 1996

Eine partiell persistierende Chorda dorsalis an einer frühmittelalterlichen Bestattung aus Neresheim. Bull. Soc. Suisse d'Anthrop. 2(2), S.47-53.

Swoboda W. 1969

Das Skelet des Kindes. Entwicklung, Fehlbildungen und Erkrankungen. Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin: Diagnostik, Physik, Biologie, Therapie. Ergänzungsbände. Archiv und Atlas der normalen und pathologischen Anatomie in Röntgenbildern. Bd. 78. 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage. Thieme, Stuttgart.

Ulrich-Bochsler S., Schäublin E. 1991

Anthropologische Befunde. In: Eggenberger P., Rast Cotting M., Ulrich-Bochsler S., Wangen an der Aare. Reformierte Pfarrkirche. Ehemaliges Benediktinerpriorat. Ergebnisse der Bauforschungen von 1980/81. In Zusammenarbeit mit König F.E., Specker H., Stöckli W. Staatlicher Lehrmittelverlag Bern. S. 73-100.

Köhler/Zimmer 1982

Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbild des Skeletts, 12., neubearbeitete und erweiterte Auflage von Zimmer E.A. Thieme, Stuttgart, New York.

Anschrift

Susi Ulrich-Bochsler, Dr. phil. nat.

Historische Anthropologie

Medizinhistorisches Institut der Universität Bern

Fabrikstrasse 29d

CH - 3012 Bern

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, Genève

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 Ulrich@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