

## DNA survival in Stone Age samples with enantiomeric D/L values of aspartic acid far greater than $80 \times 10^{-3}$

Alfred Czarnetzki, Graeme J. Nicholson and Carsten M. Pusch

### Abstract

A feature discovered by archaeologists in 1996 at the Stone Age burial grounds at al-Buhais 18 (Sharjah, UAE) which contained the remains of four simultaneously interred persons raised questions of the possible kinship relations between the individuals. Analysis of the residual nuclear deoxyribonucleic acid (DNA) molecules from these individuals demonstrated that at least two of the four skeletons share identical alleles at the polymorphic CD4 pentanucleotide (TTTTC)<sub>n</sub> repeat locus. Additional experimental procedures were introduced to the study in order to ensure authenticity of the obtained results. Furthermore, we show that there is no correlation between the degree of racemization of certain amino acids and the prediction of ancient DNA survival. Measuring absolute values of proline and hydroxyproline which are - amongst glycine - indicative of collagen appears more promising in determining informative samples that are applicable to PCR.

### Zusammenfassung

Im Jahr 1996 wurden steinzeitliche Gräber in der Nähe von al-Buhais 18 (Sharjah, Vereinigte Arabische Emirate) ausgegraben; eines dieser Gräber brachte die Überreste von vier simultan begrabenen Personen zu Tage und führte zu Spekulationen über eine mögliche Verwandtschaft dieser Individuen. Die Untersuchung und Interpretation residueller DNA Moleküle, extrahiert aus diesem Skelettmaterial, erbrachte, dass zumindest zwei der vier Individuen einen identischen CD4 Genotyp hatten. Die Analysen konnten allerdings bisher noch nicht in vollem Umfang durchgeführt werden, da die DNA durch Oxidation und/oder Hydrolyse erheblich fragmentiert war und auch in erheblichem Masse quantitativ reduziert vorlag. Zusätzliche experimentelle Prozeduren, unter Verwendung alternativer PCR-Oligonukleotide, wurden zur Untermauerung bzw. Replikation dieses Resultates durchgeführt. Es konnte ebenfalls gezeigt werden, dass die Bewertung des Razemisierungsgrades bestimmter Indikator-Aminosäuren nur eine bedingte Voraussage über den DNA-Erhalt im Knochenmaterial erlaubt. Das Messen des absoluten Aminosäuregehaltes von Prolin und Hydroxyprolin, die - neben Glyzin - indikativ für Knochenkollagen sind, erscheint hingegen für eine prognostische Bewertung PCR-tauglicher Proben weitaus vielversprechender zu sein.

### Introduction

During the 1996 archaeological excavations at al-Buhais 18 (United Arab Emirates, UAE), a Pre-pottery Neolithic site in which hundreds of human burials as well as associated settlement finds and features have been documented (for further details see [URL: [http://www.uni-tuebingen.de/uni/afa/index\\_de.html](http://www.uni-tuebingen.de/uni/afa/index_de.html)]), the remains of four simultaneously interred individuals and their grave goods were discovered (Fig. 1). After the documentation and recovery of the burials, the osteological analysis and interpretation of this unique feature as well as potential of a relationship among the interred persons remained open.

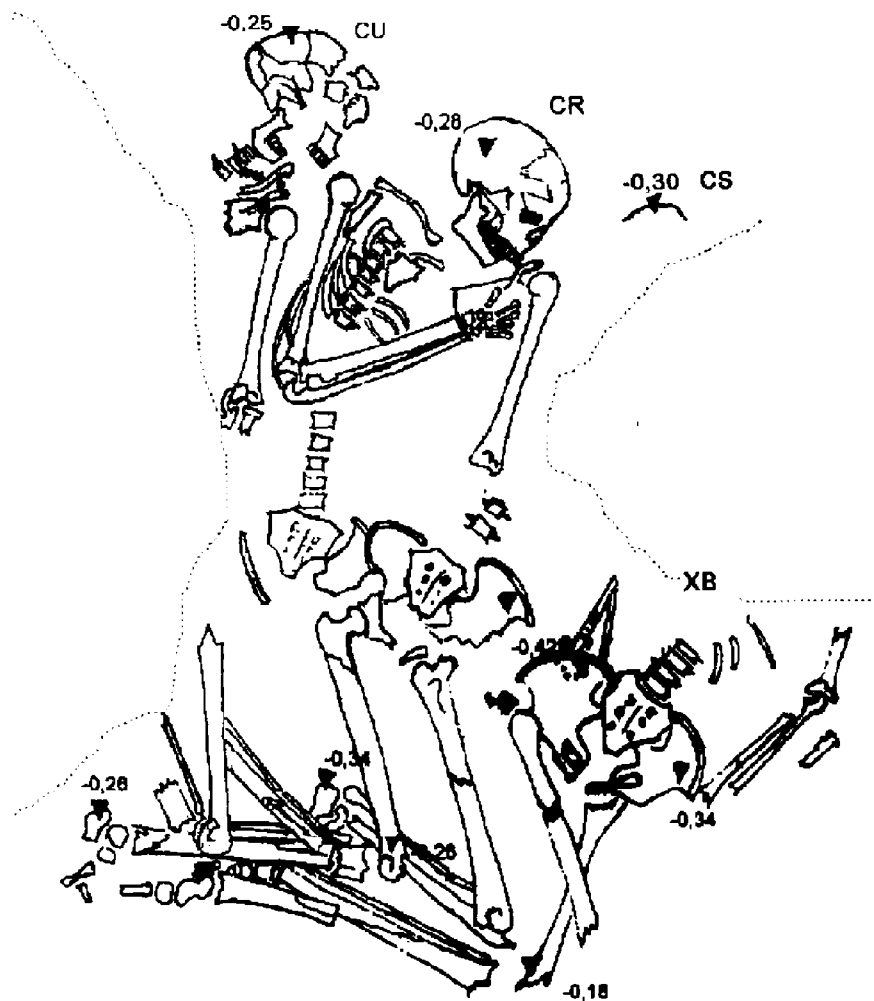


Fig. 1: Multiple burial consisting of individuals XB, CR, CS, CU at al-Buhais 18. Disturbed areas (during previous excavations) are indicated at both sides of the burial pit (drawing: Archaeological Archives Tübingen, modified).

Traditionally, physical anthropologists use morphological features on human remains to directly assess information about an individual's gender, age and the conditions under which they lived. The statistical analysis of epigenetic, morphological variants (discreta) can, under conditions with good bone preservation, allow anthropologists to make inferences about the genetic structure of and thus, the kinship relations within prehistoric societies. However, it should be noted that a direct association between the genetic character of an individual and epigenetic variants has not yet been demonstrated (Hauser/de Stefano 1989, Czarnetzki 2000). In addition, scientists from different fields of research have begun to analyze prehistoric bone material with alternative methods (Poinar et al. 1996, for reviews see Kelman and Kelman 1999 as well as Hofreiter et al. 2001, Pfitzschner 2000a and 2000b, Pfitzschner 2001). The analysis of trace elements for example has been used to determine patterns in nutritional practices within prehistoric populations (e.g. Sealy et al. 1991). It seems therefore logical that questions of kinship between individuals in an archaeological setting can best be addressed by the investigation of the fragmentary remains of residual ancient DNA (aDNA) present in hard and soft tissues (e.g. Hagelberg/Clegg 1991, Kurosaki

et al. 1993, Handt et al. 1994, Salo et al. 1994, Handt et al. 1996, Scholz et al. 1997a, Scholz et al. 1997b, Scholz et al. 1997c, Kelman/Kelman 1999, Gerstenberger et al. 1999, Schultes et al. 2000). Moreover, to determine the state of DNA survival within the hyaline collagen structure of prehistoric bone, the investigation of the content of ancient amino acids and certain D/L values thereof is believed to be a necessary prerequisite (Poinar et al. 1996).

Encoded hereditary information (i.e. DNA) specific to every individual is present in both the mitochondria and nucleus of every cell; thus also in the osteocytes of the bone matrix. After death, natural decomposition begins to degenerate the DNA macromolecule. Further decay of DNA is dependent on the intensity of weathering, the soil chemistry and further damaging reactions such as hydrolysis and oxidation. Under certain conditions of preservation, various sized (i.e. those with a low molecular weight) fragments of the original, high molecular weight DNA may be preserved in bone. Briefly, fortunate circumstances for a good molecular preservation is expected in environments with high salt concentrations at neutral pH or when frost or fast dehydration (i.e. mummification) occurs (Pääbo/Wilson 1991, Lindahl 1993). The condition and amount of highly degraded nucleic acids requires that sensitive methods are developed to extract these residual biomolecules from prehistoric bone samples. As shown below, the successful extraction, analysis and interpretation of residual aDNA has led to the identification of two possibly related individuals at al-Buhais 18.

## Materials and Methods

### Processing of bone samples and preparation for lysis

Only certain regions of the human skeleton are suitable for the successful extraction of residual DNA. Samples are preferably removed from the mid-distal or mid-proximal ends of the diaphyses of long bones where both compact and trabecular bone is present. Thus, under conditions with good bone preservation, sufficient organic components (collagen etc.) can be recovered for the isolation of residual DNA. In order to avoid any contamination while taking the samples, a number of precautions must be taken. Briefly, all steps in the processing and preparation took place under sterile conditions and were conducted on a clean bench with laminar flow (Bachofer Corp.). Latex gloves were worn during all experimental procedures; additionally, mouth masks and plexiglas face masks were worn at critical steps. With a dental drill up to three bone chips of 1-2 cm<sup>2</sup> per sample were excised and a 1-3 mm thick layer of the bone surface was removed to avoid any impurities attached to the sample. In order to maximize the surface for the following lysis process, the bone samples were reduced to a powder in liquid nitrogen. This procedure resulted in approximately 3-5 g of bone powder. Additionally, sample processing was also performed on a mock control (pig bone).

### Amino acid racemization

About 1.0 mg of dried pulverized bone taken from the compacta was hydrolyzed at 110C for 24 h in 200 µl 6 N <sup>2</sup>HCl in <sup>2</sup>H<sub>2</sub>O. After evaporation to dryness, the sample was first esterified (200 µl 2 N <sup>2</sup>HCl in CH<sub>3</sub>O<sup>2</sup>H for 15 min at 110C) and then trifluoroacetylated (100 µl trifluoroacetic anhydride (TFAA) for 10 min at 110C). The acylation reagent TFAA containing the amino acid derivatives was then decanted leaving the bulk of the inorganic salts adhering to the walls of the reaction vial. No further purification was found to be necessary. After removal of excess TFAA, the amino acid derivatives were dissolved in 20 µl of toluene and analyzed by selected-ion gas chromatography-mass spectrometry (SIM-GCMS) on a Chirasil-Val

column. The ions  $m/z$  140, 182 and 156 corresponding to alanine (ala), leucine (leu) and aspartic acid (asp), respectively, were selectively monitored. These ions are essentially free of deuterium in the -C position (Hodges/Smith 1994).

#### Extraction of ancient DNA

A series of tests for the optimization of aDNA protocols indicated that the phenol/chloroform treatment was found to be the most effective method for extracting the severely degraded nucleic acids from prehistoric bones of al-Buhais. In this study, a modified method utilizing this "phenolic crack" has been applied.

To 3.0 g of bone powder 15 ml of a lysis buffer containing 10 mM Tris (pH 8.0), 100 mM EDTA, and 1% SDS is added with a pipette. The mixture was incubated under constant rotation at 250 rpm (Cellshaker GS, Bachofer Corp.) at 37°C overnight. On the following day, the test tubes were centrifuged at room temperature at 6,000 xg for 15 min. Subsequently, three phenol and two chloroform extractions were performed. The aqueous mixture was transferred into a new tube and precipitated with 2 Vol. of isopropanol for 20 min at -20°C. The DNA was then pelleted at 16,000 xg for 20 min and dissolved into 400 µl of Tris-EDTA buffer (TE, pH 8.0). In an Eppendorf reaction vessel, two treatments were conducted with the addition of 0.4 U collagenase enzyme (stock solution 1.0 ng/ml) and 1.0 µl proteinase K (stock solution 20 mg/ml) for 50 min at 37°C and 60°C, respectively. The extractions described above were repeated twice with 1 Vol. of the recommended chemicals (approx. 400 µl). A second precipitation was done O/N with 45 µl 3 M NaOAc (pH 5.3) and 900 µl ethanol at -20°C. The precipitate was then centrifuged at 14,000 xg for 10 min, the pellet washed with 1.0 ml of 70% ethanol and resuspended in 50 µl TE (pH 7.6). After the DNA solution has been prepared the extract itself was further purified from substances (humic acids, fulvic acids, iron ions, tannins etc.) that may have an inhibitory effect on the polymerase chain reaction (PCR). For this purification we used DNA miniprep columns of the respective kits (Qiagen, Macherey & Nagel). For equilibrating and loading of the columns we followed the instructions as specified by the manufacturer. After extraction and purification, the isolated DNA was further analyzed via PCR.

#### Application of human-specific short tandem repeat systems

The DNA in the cell nucleus is of the greatest importance in addressing questions concerning heredity and kinship relations of two or more individuals. A second "type" of DNA resides in the mitochondria of cells. However, due to the nature of its strictly maternal mode of transmission (without recombination processes), mitochondrial DNA (mtDNA) is not suitable for addressing the questions of heredity posed in this study.

On the basis of short tandem repeats (STRs) individual polymorphisms can be analyzed with respect to close hereditary relationships. STR systems are therefore well-suited for typing individuals and are thus also used in forensic medicine (e.g. Hagelberg et al. 1991, Gill et al. 1994). STRs are short sections of DNA (ca. 80-500 base pairs (bp)) which include a repetition of prominent nucleotide motifs of 2-6 bp in length. In this study, individual DNA was typed with both the STR system HumVWA (allele sizes: 134-166 bp, Möller et al. 1994) and HumCD4 (allele sizes: 86-126 bp, Edwards et al. 1991, Wall et al. 1993) utilizing the test kits for DNA typization, namely catalog nos. FK02 and FK05 (Serac Corp.).

### Polymerase chain reaction

Residual aDNA of the four sampled individuals from al-Buhais 18 was investigated with both the HumVWA and the HumCD4 STR system using a combination of hot start, two step, and feeding PCR (i.e. additional application of 2.0 U *Taq*-Polymerase after 15 cycles). The PCR assessments were carried out in a total volume of 50  $\mu$ l which included 0.5-15  $\mu$ l aDNA extract, 200 nM of each primer (Serac), 2.0 U of *Taq*-Polymerase (Goldstar), 200  $\mu$ M of each dNTP in a 1x buffer containing 1.5 mM MgCl<sub>2</sub>, 50 mM KCl, 10% DMSO, 5% glycerol, and 10 mM Tris-HCl (pH 8.9). The PCR program was conducted at 94°C for 4 min, 30 cycles at 94°C for 30 sec, 72°C for 75 sec, and a final step at 72°C for 7 min. PCR products were separated on 9% polyacrylamide gels, and surveyed under UV transillumination (254 nm) after staining with ethidium bromide.

### Controls

The greatest critique of results obtained from the isolation and analysis of aDNA is the possible contamination of samples through non-target modern or vintage DNA. In order to monitor the presence of contaminant DNA, several tests were performed along with the experiments. In this regard, a number of protocols have been published elsewhere and will therefore not presented here in detail (e.g. Pusch/Scholz 1997, Scholz/Pusch 1997, Pusch et al. 1998, Scholz et al. 1998). In addition, a highly sensitive PCR-mediated assay for contamination monitoring was applied to the mock control and the blank extractions as well (Pusch et al. 2000).

### Results

#### Analysis of degraded amino acids

Despite recent methodological and analytical criticism (Collins et al. 1999, Kolman/Tuross 2000) Poinar and colleagues (1996) proposed the degree of amino acid racemization as an indicator of the extent of DNA survival in prehistoric material. We also measured the extent of racemization of the indicative amino acids aspartic acid, alanine and leucine with the SIM-GCMS method using deuterium exchange to differentiate between racemate originally present in the sample and racemate arising from the hydrolysis and processing of the sample (Hodges/Smith 1994). The racemate contents of the four ancient samples XB, CR, CS and CU together with that of a modern control (pig) are listed in table 1. Only one criterion proposed by Poinar et al. (1996) as prerequisite for the presence of amplifiable DNA in ancient samples ( $D/L_{ala}$  and  $D/L_{leu} < D/L_{asp}$ ) was fulfilled by the samples measured. This indicates that the bone powder was not contaminated. The second criterion ( $D/L_{asp} < 80 \times 10^{-3}$ ), however, could not be met by the samples, thus indicating that the DNA extracts are refractory to PCR amplification. Alternatively, the presence of collagen was exemplary determined in one of the samples.

Tab. 1: Racemate content (D/L ratio) of bone samples.

sample	alanine	leucine	aspartic acid
XB	$190 \times 10^{-3}$	$56 \times 10^{-3}$	$293 \times 10^{-3}$
CR	$137 \times 10^{-3}$	$47 \times 10^{-3}$	$309 \times 10^{-3}$
CS	$157 \times 10^{-3}$	$68 \times 10^{-3}$	$338 \times 10^{-3}$
CU	$121 \times 10^{-3}$	$50 \times 10^{-3}$	$351 \times 10^{-3}$
modern control	$2 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$8 \times 10^{-3}$

For this, absolute values of the two indicative amino acids proline and hydroxyproline were measured and compared to values obtained from the modern pig bone. The amount of collagen in the ancient samples was 21.6% of the amount determined in modern bone which is within the values recovered from prehistoric samples displaying good preservation (DeNiro 1985, Ovchinnikov et al. 2000); with a moderate degree of racemization of proline (3.18% D-enantiomer; 1.71% in pig) and hydroxyproline (4.54% D-enantiomer; 2.38% in pig) suggesting that there are moderate levels of diagenetic modification (Ovchinnikov et al. 2000).

#### Analysis of degraded nucleic acids

The bone samples of individuals XB, CR, CS and CU provided aDNA in differing quantity and quality (Tab. 2, Fig. 2). In order to amplify defined fragments of prehistoric DNA by PCR, it was necessary to use small sequence tagged sites (STSs) in the range of <150-200 bp.

Tab. 2: Spectrophotometric measurement of aDNA extracts. Isolated soil DNA from al-Buhais 18 ground was also measured and was then used as reference value for the bone extracts. The amount of 20 ng/ $\mu$ l soil DNA was subtracted from the respective values obtained for the total isolates of XB, CR, CS and CU. This procedure gives insight into the proportion of human-specific DNA within raw extracts.

sample	total aDNA	corrected values
XB	85 ng/ $\mu$ l	65 ng/ $\mu$ l
CR	85 ng/ $\mu$ l	65 ng/ $\mu$ l
CS	30 ng/ $\mu$ l	10 ng/ $\mu$ l
CU	35 ng/ $\mu$ l	15 ng/ $\mu$ l
soil	20 ng/ $\mu$ l	_____

This increases the possibility of amplifying minute fragments of even severely degraded aDNA (e.g. Handt et al. 1996, Höss et al. 1996, Krings et al. 1997). In a number of attempts with the HumVWA system producing allele sizes of 134 bp-166 bp (modern Caucasian population) we have been unable to reach conclusive results. In contrast, with the smallest STR tested (i.e. HumCD4), PCR products could be amplified (Fig. 3). In a total volume of 50 l of PCR mixture the samples from individuals XB and CR produced identical amplicates. Both displayed heterozygosity at the nuclear CD4 locus with genotype 6-7 (i.e. 91 bp / 96 bp). In individual XB allele 7 was identified after reamplification of a 1/100 volume of the first round PCR whereas the individuals CS and CU were refractory to both amplification and reamplification. These results were independently confirmed by two other PCR approaches using further template aliquots. Compared to the modern allele sizes in Caucasian populations, the CD4 variant 7 (EMBL accession number Y11945) is a not yet described length polymorphism in modern DNA (Pusch/Scholz 1998). In order to prove the authenticity of this allele, PCR was performed with CD4-specific primers flanking the pentanucleotide (CTTTT)<sub>n</sub> polymorphic region in 5' and 3' direction, 103-bp upstream (position 199-217) and 108-bp downstream (position 520-499), respectively. This procedure has already been successfully applied to individuals from the Middle Ages (Pusch/Scholz 1998). The overall PCR results using informative primer constellations assigned this 96 bp-long sequence variant of the examined CD4 segment to human 12p13 (data not shown).

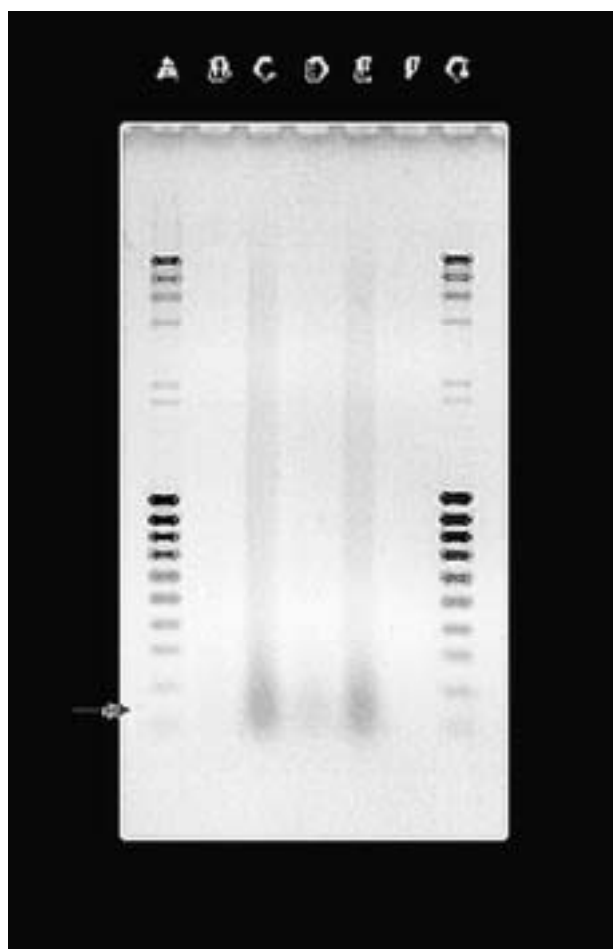


Fig. 2: Gelectrophoretic separation of the isolated aDNA derived from individuals XB, CR, CS and CU. A 1.2% agarose gel was stained with ethidium bromide and the nucleic acids were viewed under 254 nm UV transillumination (EASY plus; Herolab Corp.). Lanes A and G: 100 bp ladder (MBI). B: CS; C: CR; D: CU; E: XB; and F: blank extraction. DNA location on the gel is indicated by an arrow.

## Discussion

It is noteworthy that the PCR results obtained from individuals XB and CR demonstrate the presence of amplifiable as well as authentic DNA. Authenticity of the obtained results is provided by the numerous control experiments that accompanied each step in the analysis of ancient remains (see Materials and Methods). Authenticity is further supported by (i) the state of collagen preservation which appears to be compatible with DNA preservation, (ii) the quantitation of nucleic acid molecules via subtractive UV/vis spectrophotometry indicating the presence of endogenous DNA, (iii) the absence of amplification products from negative, water and mock controls utilizing different contamination monitoring protocols, (iv) amplification of the used STR loci in a well-separated laboratory (i.e. no carry-over contamination with modern trace DNA), (v) reproducibility of results between extracts and when different primer pairs were used, and the fact that (vi) an obviously rare allelic variant has been retrieved.

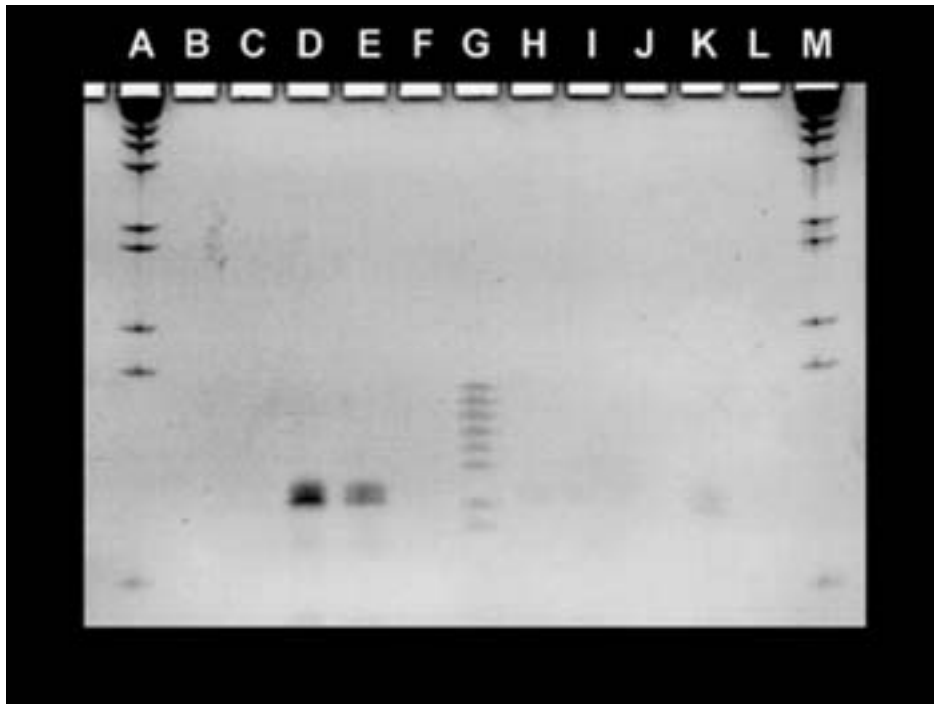


Fig. 3: PCR products amplified from aDNA templates of al-Buhais 18 individuals. HumCD4-specific DNA segments were separated on a 9% polyacrylamide gel, stained with ethidium bromide and viewed under UV transillumination with the EASY plus documentation system (Herolab Corp.). Lanes D and E were positive assays. Lanes A and M: DNA standard marker X (Boehringer Mannheim Corp.). PCR-assay 1/10 B: CS; C: CU; D: XB; E: CR; F: blank extraction I; G: CD4-specific allelic marker (Serac Corp.); PCR-assay 1/100 H: CS; I: CU; J: XB; K: CR; L: blank extraction II.

The racemization values of aspartic acid, leucine and alanine, however, show that all four samples should be refractory to PCR-based amplifications. We conclude therefore that the method proposed by Poinar and colleagues (1996) is only of minor application for palaeogenetic analyses. Further examination concerning the correlation between the amino acid content of bone material and the expected condition of DNA is currently employed and will no doubt elucidate the utility of such a diagnostic system (see also Collins et al. 1999). Our preliminary data from the analysis of the residual collagen content appears to be a promising starting point in this regard. Osteocytes are embedded into lacunae within the bone matrix, and are the sole target for DNA extraction. Given the fact that in mammalian bones the compact bone matrix contains about 80% (of weight) apatite  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{Cl}, \text{F}, \text{CO}_3)$ , water, non-collagen proteins, lipids and mucopolysaccharides, but only ~18% (of weight) is due to the protein collagen, it is a strong correlative for the presence of the minute amounts of nucleic acids. The proven survival of less abundant collagen structures in bone thus indicates that other biomolecules may also be preserved. In case of DNA preservation, we here show that it may even serve as an informative template in PCRs. Interestingly, the recent molecular genetic analysis of a ~29,000 years old Neanderthal recovered from the Mezmaiskaya Cave in the northern Caucasus (Golovanova et al. 1999) yielded comparable collagen preservation. Here, the amount of collagen-type debris extracted from a rib fragment was 22% of the average level extracted from modern bones, with 41.6% carbon and 14.7% nitrogen (Ovchinnikov et al. 2000). It appears that both, the influence of frost (Mezmaiskaya) and rapid desiccation (al-Buhais) may produce almost identical conditions for macromolecule preservation in the bone. Consistently, the Mezmaiskaya Neanderthal yielded mitochondrial amplification prod-



ucts of the HVR I D-loop control region of remarkable length (232 bp and 256 bp). Unfortunately, neither the absolute amount of aspartic acid, alanine, and leucine nor enantiomeric D/L values thereof have been determined in the specimen. Thus, a detailed comparison between the racemate contents of al-Buhais and Mezmaiskaya bone is not possible.

According to recent research, the common occurrence of allele 7 in individuals XB, CS and CR is not surprising. In an early medieval cemetery at Neresheim, Germany, this allele was also observed in three individuals (Pusch/Scholz 1998). Within closed populations in which a limited exchange of genetic material takes place the common mechanism influencing on genotypes is mainly random genetic drift. Thus, rare alleles are disproportionately present or will become lost within populations that are restricted by numerous barriers (e.g. geographical, cultural). It is unlikely that a negative selection of a specific DNA variant of the nuclear genome occurs completely (e.g. by bottleneck effects). Differently, such effects are known from mitochondrial haplotypes, where maternal lineages are quite easily lost in small populations. However, the unknown allelic variant at the CD4 locus (allele 7) is also evidenced by a recent serological sampling from Portugal. This means that modern allele frequencies as traced through a modern Caucasian reference population cannot be compared with that of a prehistoric population, regardless of spatial and temporal constraints. However, the genetic make-up of the individuals XB and CR at the CD4 locus is identical. With this feature it can be concluded that these two individuals are "most likely related"; but there is neither evidence for a first or second degree kindred nor do the data sufficiently demonstrate an unequivocal (i.e. statistically significant) kinship relationship. Moreover, the other allele, namely allele 6 is with ~30% one of the most frequent CD4 alleles in Caucasian populations (allele 5: 34.74%, allele 6: 30.53% and allele 10: 30.69%; Serac Corp.). Therefore, a significantly higher amount of confidence is required, as performed in multiple test series known from the application of nuclear DNA markers in forensic medicine. For research of aDNA, however, the use of particular polymorphic nuclear DNA markers is required. These should have an effective amplification size of approximately 100 bp (e.g. D17S928, 67-99 bp; D18S52, 114-130 bp; D18S57, 88-112 bp D18S70, 109-127 bp; ABI PRISM linkage mapping set, Perkin Elmer). These markers are currently used to further prove the relationship between XB and CR. The first three loci mentioned indicate homozygosity for XB and CR, whereas CU was refractory to any of the primer pairs tested (Broghammer et al.; unpublished data). It is necessary to further test the reliability of the XB and CR genotypes by repeating these data at least twice (Hofreiter et al. 2001). Also, we have to exclude that these homozygous allele combinations are erroneously created by allelic drop-out phenomena. The aim of further studies must also include the improvement of quantity and quality of the isolated residual DNA so that other, more effective methods may be utilized for the analyses performed on al-Buhais specimens. Nonetheless, the current data demonstrate that multidisciplinary collaboration among the fields of molecular genetics, palaeogenetics, prehistoric anthropology, archaeobiology and organic chemistry can efficiently answer questions about the prehistoric. Even more attractive in the case of the Neolithic station al-Buhais 18 is the opportunity to establish allele frequencies for the entirety of this prehistoric population. Comparison between al-Buhais and modern populations may lead to an understanding of geographically restricted genome diversities that originated within the last 7,000 years.

#### Acknowledgements

We are indebted to N. Blin (Institute of Anthropology and Human Genetics, Tübingen) for his continuous and invaluable commitment in establishing interdisciplinary work groups. Special thanks to H.-

P. Uerpmann (Institute of Archaeobiology, Tübingen) for generously donating the ancient bone samples, and also to S. Hengst (BfaV, Tübingen) and M. Broghammer (MGL, Tübingen) for technical assistance. Furthermore, we are grateful to I. Giddings (MGL, Tübingen) and T. Prindiville (Institute of Proto- and Prehistory) for critical comments on the manuscript.

#### Literature

Collins M.J., Waite E.R., van Duin A.C.T. 1999

Predicting protein decomposition: the case of aspartic-acid racemization kinetics. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 354, p. 51-64.

Czarnetzki A. 2000

Epigenetische Skelettmerkmale im Populationsvergleich. Eine Apologie. *Bull. Soc. Suisse d'Anthrop.* 6(1), p. 1-88.

DeNiro M.J. 1985

Postmortem preservation and alteration of *in vivo* bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. *Nature* 317, p. 806-809.

Edwards M.C., Clemens P.R., Tristan M., Pizzuti A., Gibbs R.A. 1991

Pentanucleotide repeat length polymorphism at the human CD4 locus. *Nucleic Acids Res.* 19, p. 4791.

Gerstenberger J., Hummel S., Schultes T., Hack B., Herrmann B. 1999

Reconstruction of a historical genealogy by means of STR analysis and Y-haplotyping of ancient DNA. *Eur. J. Hum. Genet.* 7 (4), p. 469-77.

Gill P., Ivanov P.L., Kimpton C., Piercy R., Benson N., Tully G., Evett I., Hagelberg E., Sullivan K. 1994

Identification of the remains of the Romanov family by DNA analysis. *Nat. Genet.* 6, p. 130-135.

Golovanova L.V., Hoffecker J.F., Kharitonov V.M., Romanova, G.P. 1999

Mezmaiskaya Cave, p. A Neanderthal occupation in the Northern Caucasus. *Curr. Anthropol.* 40, p. 77-86.

Hagelberg E., Bell L.S., Allen T., Boyde A., Jones S.J., Clegg J.B. 1991

Analysis of ancient bone DNA, p. techniques and applications. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci.* 333, p. 399-407.

Hagelberg E., Clegg J. 1991

Isolation and characterization of DNA from archaeological bone. *Proc. R. Soc. Lond. Biol.* 244, p. 45-50.

Handt O., Krings M., Ward R.H., Pääbo S. 1996

The retrieval of ancient human DNA sequences. *Am. J. Hum. Genet.* 59, p. 368-376.

Handt O., Richards M., Trommsdorff M., Kilger C., Simanainen J., Georgiev O., Bauer K., Stone A., Hedges R., Schaffner W., Utermann G., Sykes B., Pääbo S. 1994

Molecular genetic analyses of the Tyrolean ice man. *Science* 264, p. 1775-1778.

Hauser G., de Stefano G.F. 1989

Epigenetic variants of the human skull. *Schweizerbart, Stuttgart.*

Hodges R.S., Smith J.A. 1994

Peptides - Chemistry, structure and biology. *Escom, Leiden.*

- Hofreiter M., Serre D., Poinar H.N., Kuch M., Pääbo S. 2001  
Ancient DNA. *Nature Rev. Genet.* 2, p. 353-359.
- Höss M., Jaruga P., Zastawny T.H., Dizdaroglu M., Pääbo S. 1996  
DNA damage and DNA sequence retrieval from ancient tissues. *Nucleic Acids Res.* 24, p. 1304-1307
- Kelman L.M., Kelman Z. 1999  
The use of ancient DNA in paleontological studies. *J. Vertebrate Paleont.* 19, p. 8-20.
- Kimpton C.P., Walton A., Gill P. 1992  
A further tetranucleotide repeat polymorphism in the vWF gene. *Hum. Mol. Genet.* 1, p. 287.
- Kolman C.J., Tuross N. 2000  
Ancient DNA analysis of human populations. *Am. J. Phys. Anthrop.* 111, p. 5-23.
- Krings M., Stone A., Schmitz R.W., Krainitzki H., Stoneking M., Pääbo S. 1997  
Neandertal DNA sequences and the origin of modern humans. *Cell* 90, p. 19-30.
- Kurosaki K., Matsushita T., Ueda S. 1993  
Individual DNA identification from ancient human remains. *Am. J. Hum. Genet.* 53, p. 638-643.
- Lindahl T. 1993  
Instability and decay of the primary structure of DNA. *Nature* 362, p. 709-715.
- Möller A., Meyer E., Brinkmann B. 1994  
Different types of structural variations in STRs: HumFES/FPS, HumVWA and HumD21S11. *Int. J. Leg. Med.* 106, p. 319-323.
- Ovchinnikov I.V., Gotherstrom A., Romanova G.P., Kharitonov V.M., Liden K., Goodwin W. 2000  
Molecular analysis of Neanderthal DNA from the northern Caucasus. *Nature* 404, p. 453-454.
- Pääbo S., Wilson A.C. 1991  
Miocene DNA sequences – a dream come true ? *Curr. Biol.* 1, p. 45-46.
- Pfretschner H.U. 2000a  
Microcracks and fossilization of Haversian bone. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 216, p. 413-432.
- Pfretschner H.U. 2000b  
Pyrite formation in Pleistocene long bones – a case of very early mineral formation during diagenesis. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 217, p. 143-160.
- Pfretschner H.U. 2001  
Pyrite in fossil bone. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen* 220, p. 1-23.
- Poinar H.N., Höss M., Bada J.L., Pääbo S. 1996  
Amino acid racemization and the preservation of ancient DNA. *Science* 272, p. 864-866.
- Pusch C., Scholz M. 1997  
DNA Extraction from ancient human bones via enzymatic treatment. *Trends Genet.* 13, p. 417. Technical Tips Online, TTO (<http://www.biomednet.com/db/tto>) T01217.
- Pusch C., Scholz M. 1998  
A novel 96-bp allelic variant of the polymorphic CD4-pentanucleotide locus mapping to 12p13 retrieved from 1,500-year-old nuclear DNA of four alamannic individuals from Neresheim (Germany). *Bull. Soc. Suisse d'Anthrop.* 4, p. 7-11.

- Pusch C.M., Bachmann L., Broghammer M., Scholz M. 2000  
Internal *Alu*-polymerase chain reaction, p. A sensitive contamination monitoring protocol for DNA extracted from prehistoric animal bones. *Anal. Biochem.* 284, p. 408-411.
- Pusch C.M., Giddings I., Scholz M. 1998  
Repair of degraded duplex DNA from prehistoric samples using *Escherichia coli* DNA polymerase I and T4 DNA ligase. *Nucleic Acids Res.* 26, p. 857-859.
- Salo W.L., Aufderheide A.C., Buikstra J., Holcomb T.A. 1994  
Identification of *Mycobacterium tuberculosis* DNA in a pre-Columbian Peruvian mummy. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 91, p. 2091-2094.
- Scholz M., Czarnetzki A., Pusch C. 1997a  
Poster demonstration at the 5<sup>th</sup> International Conference on Molecular Biology and Evolution, 1.-4. Juni, Garmisch-Partenkirchen (Germany). Messages from the past, p. Who is who in ancient societies? Relationship determinations on prehistoric total human DNA reveal an extraordinary allele via STR system unknown in previous HumCD4-DNA standard.
- Scholz M., Giddings I., Pusch C.M. 1998  
A polymerase chain reaction inhibitor of ancient hard and soft tissue DNA extracts is determined as human collagen type I. *Anal. Biochem.* 259, p. 283-286.
- Scholz M., Hengst S., Pusch C. 1997b  
Poster demonstration at Ancient DNA IV, 5.-7. Juni, Göttingen (Germany). Archaeometry, death and burial, p. Kinship determinations at the Merovingian burial site of Neresheim, Germany.
- Scholz M., Hengst S., Pusch C. 1997c  
Poster demonstration at Medieval Europe, An International Conference of Medieval and Later Archaeology, 1.-4. October, Brügge (Belgium). Genetic determination of family relationships among individuals in an early Medieval graveyard.
- Scholz M., Pusch C. 1997  
An efficient isolation method for high-quality DNA from ancient bones. *Trends Genet.* 13, p. 249. Technical Tips Online, TTO, p. (<http://www.biomednet.com/db/tto>) T01045.
- Schultes T., Hummel S., Herrmann B. 2000  
Ancient DNA-typing approaches for the determination of kinship in a disturbed collective burial site. *Anthrop. Anz.* 58 (1), p. 37-44.
- Sealy J.C., van der Merwe N.J., Sillen A., Krueger F.J., Krueger H.W. 1991  
<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr as a dietary indicator in modern and archaeological bone. *J. Arch. Sci.* 18, p. 399-416.
- Wall W.J., Williamson R., Petrou M., Papaioannou D., Parkin B.H. 1993  
Variation of short tandem repeats within and between populations. *Hum. Mol. Genet.* 7, p. 1023-1029.

Adresses

Alfred Czarnetzki  
Osteological Collection of the University of Tübingen  
Dept. of Palaeoanthropology and Osteology  
Eberhard-Karls University  
Wilhelmstrasse 27  
D-72074 Tübingen  
Tel.: (49) 7071-2976164, Fax: (49) 7071-296409  
E-mail: palaeoczarn@uni-tuebingen.de

Graeme J. Nicholson  
Institute of Organic Chemistry  
Eberhard-Karls University  
Auf der Morgenstelle 11  
D-72076 Tübingen  
E-mail: gnicholson@uni-tuebingen.de

Carsten M. Pusch  
Institute of Anthropology and Human Genetics  
Eberhard-Karls University  
Wilhelmstrasse 27  
D-72074 Tübingen  
Tel.: (49) 7071-2972192, Fax: (49) 7071-296409  
E-mail: carsten.pusch@uni-tuebingen.de

Eingang: 18. 10. 2001

## 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 ad interim:  
Andreas Cueni, Gerhard Hotz

Korreferentin (textes français):  
Isabelle Gemmerich, Brugg

Layout:  
Andreas Cueni, Kriens

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

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève  
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Berli  
(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

## Kinship and burial: first genetic evidence for familial burials during the Late Iron Age of Central Europe

Carsten M. Pusch, Mark Schmidt and Alfred Czarnetzki

### Abstract

A review of literature pertaining to burial grounds and features containing the remains of multiple individuals indicates that this first occurs in Central Europe during the Neolithic. Until the recent introduction of molecular genetic analyses in prehistoric archaeology, the investigation of these necropolis sites was based data from physical anthropology and spatial archaeology, which alone cannot provide sufficient information and as a result leave much interpretation to speculation. This contribution both discusses the usefulness of data provided in the analysis of ancient DNA at prehistoric burial sites and contextualizes the results of a genetic study of a Late Iron Age site in Germany. Data from this cemetery suggest that familial burials originated in Central Europe at some time between 7'000 and 2'300 BP.

### Zusammenfassung

Seit der Entdeckung von Bestattungen der Neandertaler (z.B. Shanidar, La Chapelle; >30.000 BP) ist durch die verschiedensten Grabbeigaben bekannt, dass Totenkult und Jenseitsglaube nicht allein kulturelle Errungenschaften des anatomisch modernen Menschen sind. Allerdings werden aus archäologischer Sicht die Begräbnissitten früher Populationen Europas erst ab dem Neolithikum (7.300–3.800 BP) interessant, da seit dieser Zeit tatsächliche Bestattungsareale (z.B. Anlage von Megalithgräbern) überliefert sind. Nicht selten bestanden in der Vergangenheit Schwierigkeiten bei der Klärung der Fragestellung, ob und wie bestimmte Individuen einer prähistorischen Nekropole angesprochen werden können; nur als Einzelbestattungen oder möglicherweise auch als Familienbestattungen. Zwei unterschiedliche Disziplinen mit ihren speziellen Auswertungsstrategien - nämlich die der geisteswissenschaftlich geprägten Archäologie und die der naturwissenschaftlich orientierten Anthropologie/Archäobiologie - sollten für den Zweck einer tiefergreifenden Analyse effektiver miteinander verbunden werden. Darüber hinaus konnten durch die Methodiken des erst seit etwa anderthalb Jahrzehnten existierenden Wissenschaftszweig Paläogenetik neue Erkenntnisse zur sozialen Strukturierung prähistorischer Nekropolen gewonnen werden. Eine derartige Kombinationsanalyse aus verschiedenen Zweigen der Forschung, zusammen mit einer sorgfältigen Literaturrecherche ergab, dass das erste Auftreten von Familiengräbern nach dem jetzigen Kenntnisstand zwischen 7'000 BP und 2'300 BP liegen muss.

### Introduction

The occurrence of Neanderthal burials in some Eurasian Pleistocene sites demonstrates that funeral ritual and belief in an afterlife precede the emergence of anatomically modern humans (e.g. La Chapelle, Shanidar; > 30'000 BP). However, only since the Neolithic do burials and burial grounds become so frequent in the archaeological record that they allow for the investigation of demographics and kinship relations as recorded in human burials. In many cases, researchers have attempted to identify kinship groups within a necropolis, however their hypothesis rarely move beyond speculation because they are limited by the methods applied in

physical anthropology and archaeology. Already the relatively young discipline palaeogenetics has made significant contributions to the understanding of ancient burial practices, demographics and kinship relations.

Traditionally, physical anthropology makes use of metric data as well as the presence or absence of epigenetic (discrete) traits to characterize individuals and define palaeopopulations (Czarnetzki 2000, Hauser/de Stefano 1989). Although an individual's phenotype is determined by the genotype, the mode in which discrete traits are transmitted from parents to offspring is not yet completely understood. So far, polygenic inheritance with so-called additive effects of gene dosage (thereby attaining certain threshold values) has been suggested as the most reasonable mechanism for the features' manifestation (Czarnetzki 2000). Using molecular genetic analyses of distinct polymorphic DNA sequences an individual's genotype may be characterized (Hummel et al. 1995, Gerstenberger et al. 1999, Schultes et al. 2000). A detailed explanation of the methods used by our workgroup in the extraction and analysis of ancient DNA (aDNA) would go beyond the scope of this paper and are described elsewhere (e.g. Pusch/Scholz 1997, Scholz/Pusch 1997, Pusch et al. 1998, Pusch/Scholz 1998b, Scholz et al. 1998). However, for the purposes of this contribution, it is noteworthy that the fragmentary nature of aDNA requires the use of short DNA sequences (Pusch/Scholz 1998b, Hummel et al. 1999), such as short tandem repeat (STR) loci in conjunction with the technique of polymerase chain reaction (PCR). PCR represents a method in which genetic material is amplified. STRs are short segments of DNA displaying remarkable length polymorphism; with flanking regions of unique base pair sequences appropriate for deducing PCR oligonucleotides. Individual-specific aDNA can be typed, i.e. fingerprinted, thus characterizing the investigated individual. Using PCR analyses in conjunction with thorough contamination monitoring, genotypes from a number of individuals can be efficiently determined (e.g. Hummel et al. 1995, Pusch/Scholz 2000, Scholz et al. 1999, Scholz et al. 2001), making the reconstruction of kinship relations between individuals possible.

In light of the recent developments in the analysis of aDNA, the potential contribution of palaeogenetics to archaeology is apparent. Here, we discuss several Central European burial sites of different archaeological periods beginning with the Neolithic, indicating the potential of palaeogenetic data in the interpretation of these sites. We finally feature the results obtained from extensive genetic analyses by using individuals from the Late Iron Age site nearby Nebringen (Germany) (Scholz et al. 1999). We conclude that this Latène burial ground presents the first kinship burials known in prehistoric Central Europe.

### The Neolithic

The Neolithic site of Talheim, in Southern Germany, was discovered and excavated in the mid-1980s and has produced  $^{14}\text{C}$  dates of about 7'000 BP. From an irregularly shaped, ca. 3 x 1.5 m large pit, archaeologists recovered animal bones, stone artifacts and a minimum of 34 human individuals. Anthropological analyses indicate that all the individuals died violently (Wahl/König 1987). In addition to numerous injuries sustained by projectile points, at least 18 individuals had unhealed head injuries, suggesting that the individuals were murdered. Wahl and König used epigenetic traits to conclude that the persons derived from a „closed population“, of which four to seven „family units“ are represented. Despite the use of physical anthropological methods in their analyses, their interpretations must be seen as speculative until independently proven with data derived from other methods.



The analysis of aDNA at other Neolithic sites has provided information about kinship relations. For example it could be concluded that the individuals from a collective burial at Conde-sur-Ifs (~ 7'000 BP, France) were not related, based on the presence of different mitochondrial haplotypes (Delefos/Hänni 1997). Conversely, data provided for burials at the Middle Neolithic site Warburg (~ 5'200 BP, Germany) (Pusch et al. 2002) and at the pre-pottery Neolithic site al-Buhais (~ 6'400 BP, Arab Emirates) (Czarnetzki et al., submitted), indicate that individuals from the same tribe were often interred together. However, due to the fragmentary data obtained a more accurate interpretation was not possible. These examples illustrate the usefulness as well as limits of molecular genetic data in the evaluation of Neolithic burial practices, which may have been more complex than originally thought.

### Bronze Age

In the Swabian Jura area of Southern Germany, many burials found beneath earthen mounds dating to the Early Bronze Age (~ 4'000 BP) have been discovered and excavated since the last century. These burials are often interpreted as the remains of individuals deriving from small tribes or families, however, there is little evidence beyond sex and age determinations and grave goods to support this. For example, Wels-Weyrauch (1978) re-assessed the remains of 119 burial mounds from this region, which had been excavated from 1900 to 1910. Wels-Weyrauch based many of her interpretations on the former excavator's original notes, drawing and stature estimates and subjectively concluded that many of the multiple-person burials represented the remains of familial units. More recent publications of Bronze Age mound burials consider „the familial character of individual Middle Bronze Age burial sites in the Southern Burial Mound region is unmistakable“. The attempts to evaluate these unique burial features of the Bronze Age reinforces the need for a more exact method to address questions of kinship and social structure represented within prehistoric burial grounds, and points to use of molecular genetic data. This appears even more attractive since it has been shown that Bronze age individuals yield amplifiable nucleic acids (Schultes et al. 2000).

### Hallstatt Period (Early Iron Age)

A further example of attempts to reconstruct the social structure of a prehistoric population using anthropological evidence can be found in the bold interpretation of the Late Hallstatt site Mühlacker, which was excavated and analyzed by Pauli (1972). This site, dating to approximately 2'700 BP preserved numerous burial mounds, which have been interpreted as family burials. Using gender and age data from anthropological analyses and the stratigraphic relationship between burials, Pauli reconstructed a set of detailed „burial laws“ according to which a family burial sequence began with the mother who was in turn followed by her husband and children. Should the father or any children die before the mother, these were interred with the grandmother or mother-in-law. It follows then, that in any one burial mound one could expect a maximum of three sequential generations of related individuals. The kinship relationships suggested by Pauli's analyses are based on insufficient data, must be considered purely speculative and can only be found using genetic fingerprinting.

### Latène (Late Iron Age)

The early Latène site Nebringen in Southern Germany was discovered and subsequently excavated and analyzed beginning in 1959 with publication by Krämer in 1964. Twenty-one

burials and four cremations and their associated grave goods were documented and recovered from the site which correlates with the Latène Stage B (~ 2'300 BP). Using sex and age determinations as well as the spatial configuration and orientation of the burials, Krämer concludes the presence of six individual Burial Groups at the site. Each group contains males, females and, in three of the six groups, children as well. Rich burials with many grave goods are also found in every group, which, Krämer notes, is indicative of closely related groups. Krämer concludes that the burial grounds contain burials from a small settlement or individual homestead.

Our research group previously sampled and analyzed all Nebringen individuals with the exception of cremations using a number of STR systems described elsewhere. Of the twenty-one individuals, it was found by combined archaeological, anthropological and palaeogenetic analyses that nine individuals carried matching allele patterns and thus allowed us to conclude that burial groups III and IV represent two family burials (Scholz et al. 1999).

### Conclusions

Hänni and coworkers discovered no kinship-related burials at the Neolithic site of Conde-sur-Iffs in France, which is dated to ca. 7'000 BP (Delefos/Hänni 1997). Data from Nebringen indicated two familial burials at ca. 2'300 BP, suggesting that this style of burial originated in Central Europe at some time between 7'000 and 2'300 BP. The data of Nebringen are in accordance with investigations on later deposits from the Middle Ages where a number of authors subsequently identified family graves with means of molecular genetics (Hummel/Herrmann 1997, Pusch/Scholz 1998a, Zeller et al. 2000, Scholz et al. 2001).

With this review we hope to emphasize the need for more interdisciplinary cooperation between archaeology and palaeogenetics. As we have shown above, the usefulness of genetic studies in the archaeological research of ancient cemeteries is obvious. Moreover, aDNA generally appears to generate fragmentary data sets, and thus requires that novel mathematical and statistical procedures aid in genetic analyses. We wish to note not only the „quantity“, but more importantly the amount of quantitative data made available in molecular genetic analyses. In combination with traditional physical anthropological methods and archaeological documentation, genetic analyses of burial grounds can offer insight into prehistoric burial practices, social structure and palaeodemographic and palaeopathologic background.

### Acknowledgements

We are indebted to H.-P. Uerpmann (Tübingen) for the generous financial support, and to S. Hengst (Ulm) and M. Broghammer (Tübingen) for various technical and computational assistance. Furthermore, we would like to thank I. Giddings (Oxford) and R. Müllenbach (London) for critical comments on the manuscript. C.M. Pusch holds a fellowship from the KSK/BB (CP/71126).

### Literature

Czarnetzki A.  
Anthropological textbook of epigenetic skeletal characters. Part I: Main principles. Academic Press Ltd., London. (in press).

Czarnetzki A., Nicholson G.J., Pusch C.M.

DNA survival in Stone Age samples with enantiomeric D/L values of aspartic acid far greater than  $80 \times 10^{-3}$ . (submitted).

Delefos T., Hänni C. 1997

Molecular archaeology, p. Familial relationship into a neolithic deposit. C.R. Seances Soc. Biol. Fil. 191, p. 521-528.

Gerstenberger J., Hummel S., Schultes T., Hack B., Herrmann B. 1999

Reconstruction of a historical genealogy by means of STR analysis and Y-haplotyping of ancient DNA. Eur. J. Hum. Genet. 7 (4), p. 469-77.

Hauser G., de Stefano G.F. 1989

Epigenetic variants of the human skull. Schweizerbart Verlag, Stuttgart.

Hummel S., Herrmann B. 1997

Verwandtschaftsfeststellung durch aDNA-Analyse. Anthrop. Anz. 55 (2), p. 217-223.

Hummel S., Lassen C., Herrmann B., Schön M.D. 1995

aDNA-Analyse an Knochenproben von einem Gräberfeld des 4./5. Jhs. n. Chr. an der Fallward bei Wremen Landkreis Cuxhaven. Arch. Korrb. 25, p. 243-252.

Hummel S., Nordsiek G., Rameckers J., Lassen C., Zierdt H., Baron H., Herrmann B. 1995

aDNA, p. A new approach to old questions. Z. Morph. Anthrop. 81 (1), p. 41-65.

Hummel S., Schultes T., Bramanti B., Herrmann B. 1999

Ancient DNA profiling by megaplex amplifications. Electrophoresis 20 (8), p. 1717-1721.

Krämer W. 1964

Das keltische Gräberfeld von Nebringen (Kreis Böblingen) Veröff. Staatl. Amt Denkmalpfl. Stuttgart A 8, Stuttgart.

Pauli L. 1972

Untersuchungen zur Späthallstattkultur in Nordwürttemberg. Hamburger Beitr. Arch. II (1), Hamburg.

Pusch C., Giddings I., Scholz M. 1998

Repair of degraded duplex DNA from prehistoric samples using *Escherichia coli* DNA polymerase I and T4 DNA ligase. Nucleic Acids Research 26 (3), p. 857-859.

Pusch C., Löwen H., Hengst S., Scholz M. 2002

aDNA-Geschlechtsdiagnostik an ausgewählten Individuen jungneolithischer Grosskammergräber von Warburg (Kreis Höxter). Ausgrabungen und Funde in Westfalen-Lippe, Münster. (in press).

Pusch C., Scholz M. 1997

DNA isolation from ancient human bone samples via enzymatic treatment. Trends Genet 13, p. 417. Technical Tips Online (<http://www.biomednet.com/db/tto>) T01217.

Pusch C., Scholz M. 1998a

A novel 96-bp allelic variant of the polymorphic CD4-pentanucleotide locus mapping to 12p13 retrieved from 1.500-year-old nuclear DNA of four alamannic individuals from Neresheim (Germany). Bull. Soc. Suisse d'Anthrop. 4 (1), p. 7-11; see also, p. *Erratum*, Bull. Soc. Suisse d'Anthrop. 4 (2), p. 65.

Pusch C., Scholz M. 1998b

Detecting prehistoric human DNA, p. Construction and screening of a small-scale plasmid library reveals a new repetitive and tandemly organised 25bp motif. Ancient Biomol. 2, p. 43-61.

Pusch C.M., Scholz M. 2000

Zwei Mehrfachbestattungen aus dem alamannischen Reihengräberfeld von Neresheim, p. Verwandtschaftsstrukturen im Spiegel einer frühmittelalterlichen Gesellschaft. *Fundberichte aus Baden-Württemberg* 23, p. 375-383.

Scholz M., Giddings I., Pusch C.M. 1998

A polymerase chain reaction inhibitor of ancient hard and soft tissue DNA extracts is determined as human Collagen Type I. *Anal. Biochem.* 259, p. 283-286.

Scholz M., Hald J., Dicke P., Hengst S., Pusch C.M. 1999

Das frühlatènezeitliche Gräberfeld von Gäufelden-Nebringen. Neue Erkenntnisse zur inneren Gliederung unter Anwendung archäobiologischer Analyseverfahren. *Arch. Korrbibl.* 29, p. 223-235.

Scholz M., Hengst S., Broghammer M., Pusch C.M. 2001

Intrapopulational relationships in ancient societies, p. A multidisciplinary study. *Z. Morph. Anthrop.* 83 (1), p. 5-21.

Scholz M., Pusch C. 1997

An efficient isolation method for high-quality DNA from ancient bones. *Trends Genet.* 13, p. 249. Technical Tips Online (<http://www.biomednet.com/db/tto>) T01045.

Schultes T., Hummel S., Herrmann B. 2000

Ancient DNA-typing approaches for the determination of kinship in a disturbed collective burial site. *Anthrop. Anz.* 58 (1), p. 37-44.

Wahl J., König, H.G. 1987

Anthropologisch-traumatologische Untersuchungen der menschlichen Skelettreste aus dem bandkeramischen Massengrab bei Talheim, Kreis Heilbronn. Mit einem Anhang v. J. Biel. *Fundber. Baden-Württemberg* 12, p. 65-193.

Wels-Weyrauch U. 1978

Zu hügelgräberzeitlichen Bestattungssitten auf der schwäbischen Alb. *Jahresber. Inst. Vorgesch. Univ. Frankfurt a. M.* 1978/79, p. 45-126.

Zeller M., Mirghomizadeh F., Wehner H.-D., Blin N. 2000

Frequent D-loop polymorphisms in mtDNA enables genotyping of 1400-year-old human remains from Merovingian graves. *J. Appl. Genet.* 41, p. 285-292.

Addresses

Carsten M. Pusch  
Institute of Anthropology and Human Genetics  
Eberhard-Karls University  
Wilhelmstrasse 27  
D-72074 Tübingen  
Tel.: (49) 7071-2972192, Fax: (49) 7071-296409  
E-mail: carsten.pusch@uni-tuebingen.de

Mark Schmidt  
Osteological Collection of the University of Tübingen  
Dept. of Palaeoanthropology and Osteology  
Eberhard-Karls University  
Wilhelmstrasse 27  
D-72074 Tübingen  
Tel.: (49) 7071-2976164, Fax: (49) 7071-296409  
E-mail: palaeoczarn@uni-tuebingen.de

Alfred Czarnetzki  
Osteological Collection of the University of Tübingen  
Dept. of Palaeoanthropology and Osteology  
Eberhard-Karls University  
Wilhelmstrasse 27  
D-72074 Tübingen  
Tel.: (49) 7071-2976164, Fax: (49) 7071-296409  
E-mail: palaeoczarn@uni-tuebingen.de

Eingang: 20. 10. 2001

## 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 ad interim:  
Andreas Cueni, Gerhard Hotz

Korreferentin (textes français):  
Isabelle Gemmerich, Brugg

Layout:  
Andreas Cueni, Kriens

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

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève  
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Berli  
(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

## Nachweis von Östrogen-Steroiden der Plazenta in „Nachgeburtsgefässen“

Kurt W. Alt und Frank Musshoff

### Einleitung

Seit Beginn der achtziger Jahren häufen sich – vor allem im Zusammenhang mit historischen Stadtkernausgrabungen – die Funde frühneuzeitlicher Gefässe aus Kellerräumen, die mit einem alten Brauchtum, der Nachgeburtsentsorgung in Verbindung gebracht werden. Es ist das Verdienst von K. Sartorius, dem Initiator des 1997 in Bönningheim veranstalteten Kolloquiums „Tabu Nachgeburtsbestattung“, die ersten Gefässe mit möglichen Nachgeburten selbst ausgegraben, sie als Nachgeburtsgefässe erkannt und sie als neue Fundkategorie in der Fachwelt bekannt gemacht zu haben (Sartorius 1986, 1987). Nach dem Auftauchen der ersten Funde 1984 in Bönningheim und den Veröffentlichungen darüber, wurden inzwischen weitere Fundplätze mit möglichen Nachgeburtsgefässen bekannt (Ade-Rademacher & Rademacher 1987; Alt & Musshoff 1997; Musshoff & Alt 1997).

Es liegt in der Natur der Sache, die zwar naheliegende aber unbewiesene Behauptung von Ausgräbern, dass es sich bei der gefundenen Keramik um Nachgeburtsgefässe handelt, bis zum Gegenbeweis anzuzweifeln. Um die Hypothese möglicher Nachgeburtsgefässe zu belegen, sind zwingend chemische Analysen der Gefässinhalte notwendig. Der Nachweis von typischen Steroidhormonen der Plazenta sowie insbesondere von Cholesterin, das als Leitsubstanz von nichtpflanzlichen Organismen angesehen wird, darf als entsprechendes Indiz gewertet werden.

Den Beweis, dass es sich bei den von ihm untersuchten Proben aus Keramikgefässen um Nachgeburten handelt, hat WAIDELICH in einer in Tübingen angefertigten Diplomarbeit angetreten (Waidelich 1989). Aus unterschiedlichen Ergebnissen in den Sedimentproben aus Gefässen und aus dem Boden, über den Nachweis von Cholesterin in allen Gefässproben, dessen Ausschluss in den Bodenproben, dem Fehlen von Säugerknochen in den Gefässen sowie *„durch den Nachweis von Östradiol in 3 Proben und von Östron in einer Probe“* schliesst der Autor auf die Rückstände von Steroidhormonen in den untersuchten Gefässen. Im Rahmen der archäologischen Interpretation werden pflanzliche Östrogenquellen (Östrogene sind u.a. in Hopfen enthalten) als Gefässinhalte ausgeschlossen, da dann keine grösseren Mengen an Cholesterin darin enthalten sein dürften. Weiterbringende Erkenntnisse gewinnt WAIDELICH aus dem nachgewiesenen Östrogen-Mengenverhältnis und zieht dann die Schlussfolgerung, dass *„die durch Dünnschichtchromatogramme nachgewiesenen Östrogene Östradiol und Östron ..... durch eine Plazenta in das Gefäss eingebracht wurden“*. Und weiter heisst es wörtlich: *„Für eine tierische Plazenta hätte man sich wahrscheinlich weder die Mühe des Begrabens noch die Ausgaben für einen Topf gemacht, so dass als einzige Möglichkeit die Plazenta einer frisch entbundenen Frau übrig bleibt“* (1989,62).

Unsere Arbeitsgruppe „Archäologie und Chemie“ hat in den letzten Jahren 9 Proben möglicher Nachgeburten von 4 verschiedenen Fundplätzen chemisch-analytisch untersucht (Alt & Musshoff 1997; Musshoff & Alt 1997). Bevor die Einzelheiten der dabei gewonnen Ergebnisse präsentiert werden, sollen zunächst noch einige historische, medizinische und methodische Vorbemerkungen erfolgen.

### Historische Vorbemerkungen

Nach ethnologischen und volkskundlichen Quellen erfährt die menschliche und tierische Nachgeburt in vielen Teilen der Welt eine besondere, rituell begründete Behandlung. Unter den verschiedenen Brauchtumshandlungen bei der Entsorgung von Nachgeburten steht deren Vergraben an unterschiedlichsten Orten an erster Stelle. Frühe Quellen gehen bis in die Antike zurück. Die den achtziger Jahren zumeist bezweifelte Interpretation der Keramikgefäße als Behältnisse für Nachgeburten wird inzwischen weitgehend anerkannt. Dazu haben Quellenstudien entscheidend beigetragen. Das Hintergrundwissen zu dem Brauchtum, die Nachgeburt zu vergraben, ist dabei vor allem der volks- und völkerkundlichen Literatur zu entnehmen. Anhand der dort breit dargestellten Beispiele wird eines ganz deutlich: der Nachgeburt werden übernatürliche Kräfte zugeschrieben, gegen die man sich durch Vergraben oder durch anderweitige Beseitigung schützen muss. Dies ist der Hauptgrund für die Rolle, welche die Placenta von Mensch und Tier in Mythos und Aberglauben spielt (Bohnenberger 1904; Ploss et al. 1927).

### Medizinische Vorbemerkungen

Im Gegensatz zum Brauchtum um die Nachgeburt, das etwas Geheimnisvolles umgibt, ist die medizinische Nachgeburt ein konkretes Geschehen bei jeder Geburt. Anatomisch-medizinisch gehören zur Nachgeburt die Plazenta, d.h. der sog. Mutterkuchen, ein sich während der Schwangerschaft ausbildendes schwammiges Organ, das den Stoffaustausch zwischen Mutter und Embryo regelt und nach der Geburt ausgestossen wird. Weiterhin gehören zur Nachgeburt der Nabelstrang und die Eihäute. Die enge Verbindung zwischen Mutter und Kind über das Organ Plazenta während der Schwangerschaft hat sicher viel zu der rituellen Bedeutung dieses „Wegwerforgans“ beigetragen.

Die lebend-gebärenden Wirbeltiere entwickeln als Austauschorgan zwischen Mutter und Embryo Fruchthüllen, die unabhängig von Herkunft und Struktur als Placenta bezeichnet werden (Kaufmann 1990). Schon MOSSMAN definierte die Placenta als Apposition oder Fusion fetaler Membranen mit der Uterusmucosa zum Zwecke eines physiologischen Austausches (Mossman 1937). Vergleichend-anatomisch existieren innerhalb der Wirbeltiere grosse embryologische, strukturelle und funktionelle Unterschiede in der Variationsbreite des Organs Placenta. Wichtigstes Charakteristikum der Placenta ist, dass sie von zwei Kreisläufen, nämlich dem der Mutter und dem des Embryo, versorgt wird. Allerdings bleiben die Gefäße beider Kreisläufe stets durch eine Reihe von Gewebsschichten voneinander getrennt.

Aufgrund der strukturellen und embryologischen Vielgestaltigkeit der Placenta überrascht ihre funktionelle Einheitlichkeit. Ihre einzigartige Leistungsanforderung besteht darin, während der Schwangerschaft die Funktion fast aller noch nicht funktionstüchtigen fetalen Organe zu übernehmen, d.h. etwa den Gastransportaufgaben der Lunge, Ausscheidungsaufgaben



der Nieren, Resorptionsaufgaben der Magen-Darm-Kanäle, StoffwechsellLeistungen der Leber und anderes mehr.

Bei dem Placenta-Typ, dem auch die menschliche Placenta angehört, wird der Embryo von einer geschlossenen Hülle, dem Chorion, umgeben. Dieses Chorion steht über die Nabelschnur mit dem Embryo in Verbindung. Der meist eiförmige Chorionsack liegt in der Gebärmutterhöhle. Er hat mit einem Teil seiner Oberfläche intensiven Kontakt zur Gebärmutter-schleimhaut. Diese materno-fetale Kontaktzone, bestehend aus Chorion und Endometrium, stellt die Placenta dar (Kaufmann 1990). Das Ausmass des materno-fetalen und des feto-maternalen Transportes hängt wesentlich von der Grösse der Kontaktfläche zwischen beiden Organen ab. Alle Säugetiere vergrössern die placentare Austauschfläche durch Verzahnung der gegenüberliegenden mütterlichen und fetalen Gewebsoberflächen. Die Menschenaffen und der Mensch verfügen über eine sogenannte Placenta discoidalis, während viele Affen und Halbaffen zwei Verzahnungsbereiche aufweisen.

Der Vorgang der Placenta-Lösung verläuft wie folgt: Wenige Tage vor der Geburt kommt es in der Übergangszone zwischen Chorion und Uteruswand zu Zelluntergängen. Damit wird die Placenta-Lösung von der Uteruswand vorbereitet. Während der Wehen und nach der Geburt des Kindes kommt es dann zu grossflächigen Parallelverschiebungen zwischen Uteruswand und Placenta. Dadurch erfolgt die endgültige Placenta-Lösung. In der Regel wird sie innerhalb von 15 Minuten zusammen mit den Eihäuten als sogenannte Nachgeburt ausgestossen. Die Placenta ist annähernd rund, hat einen mittleren Durchmesser von 22 cm, ist ca. 2-3 cm dick und je nach dem Ausmass ihrer Entblutung zusammen mit den Eihäuten und der Nabelschnur zwischen 450 und 800 Gramm schwer.

Die Placenta enthält ein breites Spektrum verschiedener Hormone, von denen jedoch nur die Steroidverbindungen, z.B. Hormone der Keimdrüsen und Nebennierenrinde, für archäometrische Untersuchungen geeignet scheinen. Hier sind an erster Stelle die Östrogen-Steroide Östron, Östradiol und Östriol zu nennen sowie das ausserordentlich stabile Cholesterin. Zu den weiteren Steroiden der Placenta gehören noch die Metabolite der Östrogene sowie Progesteron, Testosteron und Corticoide. Die Sekretion der Steroidhormone durch die Placenta ist ein sehr komplexes Geschehen, weil die Synthese dieser Hormone in Zusammenarbeit zwischen Mutter, Placenta und Fetus abläuft (Stryer 1990) Cholesterin ist die Vorstufe der fünf Hauptklassen von Steroidhormonen und besitzt 27 Kohlenstoffatome. Durch Entfernen der C-19-Methylgruppe und Aromatisierung von Ring A leiten sich die Östrogene aus den Androgenen ab. Zum Beispiel entstehen aus Androstendion und Testosteron die Östrogen-Steroide Östron und Östradiol.

## Material und Methode

Bei den ersten archäometrischen Untersuchungen zum Inhalt sogenannter Nachgeburtsgefässe - womit wir uns im folgenden beschäftigen wollen - ging es um den Nachweis der charakteristischen Steroidhormone. Waidelich (1989) fand mittels zweidimensionaler Dünnschichtchromatographie positive Befunde für Östradiol, Östron und Cholesterin und schloss daraus, dass die von ihm untersuchten Gefässe in der Tat Nachgeburten enthielten. Dazu bleibt zu erwähnen, dass Cholesterin bei archäometrischen Untersuchungen üblicherweise als Leitsubstanz für nichtpflanzliche Organismen gilt (Rottländer & Schlichtherle 1983).

Die eigenen Untersuchungen betreffen Proben von verschiedenen Fundplätzen in Baden-Württemberg (Tab. 1). Im oberen Lautenbachtal, Kreis Offenburg, Baden-Württemberg, wurden bei Erdarbeiten unmittelbar neben dem bestehenden Petershof Reste einer Hofwüstung angeschnitten. Bei Abgrabungen an der ehemals an die Rückwand des Gebäudes angrenzenden Talflanke fanden sich ca. 2 m unter der Geländeoberkante auf einer Strecke von 10 m fünf vollständig erhaltene, bzw. rekonstruierbare Henkeltöpfe des 17. und frühen 18. Jahrhunderts mit zugehörigen Hohldeckeln. Alle Gefäße standen in Benutzung, wie Abrieb- und Schmauchspuren belegen. Wie zweifelsfrei nachgewiesen werden konnte, sind die Gefäße offenbar aufrecht stehend durch die Rückwand des abgegangenen Gebäudes in den Hang eingebracht worden. Die ungewöhnlichen Umstände der Verwahrung deuten darauf hin, dass es sich bei den Gefäßen um Nachgeburstöpfe handeln könnte.

Tabelle 1: Ergebnisse aus der Analyse von Östrogen-Steroiden aus Nachgeburtsgefäßen (mit Herkunftsnachweis und Angabe der Art des Probenmaterials)

Fundort	Material	Ergebnis
Oberkirch-Lautenbach/Baden	Erdproben aus Topf 1	Cholesterin (ca. 5 µg/g)
Oberkirch-Lautenbach/Baden	Erdproben aus Topf 2	Cholesterin (ca. 2 µg/g)
Bönnigheim/Württemberg Hauptstr. 67	Inhalt Gefäß No1; Probe des eingedrungenen Erdreichs	Cholesterin (ca. 5 µg/g) Cholest-4-en-3-on
Bönnigheim/Württemberg Ringstr. 25	Inhalt Gefäß No7	Cholesterin (ca. 3 µg/g) Cholest-4-en-3-on
Bönnigheim/Württemberg Ringstr. 25	Fundstelle 11; untere Grubenfüllung	Negativ
Bönnigheim/Württemberg Ringstr. 25	Fundstelle 12; untere Grubenfüllung	Cholesterin (ca. 2 µg/g)
Bönnigheim/Württemberg Ringstr. 25	Fundstelle 13; untere Grubenfüllung	Cholesterin (ca. 2 µg/g)
Bönnigheim/Württemberg Ringstr. 25	Lehm als Vergleichsprobe	Cholesterin (in Spuren)
Bönnigheim/Württemberg Karlstr. 17	Inhalt Gefäß No 4	Cholesterin (ca. 8 µg/g) Cholest-4-en-3-on

Zwei der intakten Töpfe wurden nach der Bergung ungereinigt und mit der ursprünglichen Verfüllung durch das Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, Aussenstelle Freiburg, zur Untersuchung an uns weitergeleitet. Eine zweite Probengruppe hat K. Sartorius, Bönnigheim, zur Verfügung gestellt. Diese Proben – darunter auch Vergleichsbodenproben – stammen von drei verschiedenen Fundplätzen (vgl. Tab. 1).

Die Funde aus Oberkirch-Lautenbach und Bönnigheim wurden in Anlehnung an die ersten archäometrischen Untersuchungen durch Waidelich (1989) analysiert. Die Analysen erfolgten nach Flüssig-Flüssig-Extraktion des Erdmaterials mittels organischer Lösungsmittel per zweidimensionaler Dünnschicht-Chromatographie (DC) und Gaschromatographie (GC) - Massenspektrometrie (MS). Der Nachweis der gesuchten Substanzen gliedert sich wie folgt: Bei der Direkten Extraktion wird Erdmaterial direkt mit einer Mischung aus Toluol und

Methanol extrahiert. Bei der sauren Hydrolyse werden gebundene Substanzanteile durch Säurezusatz bei hoher Temperatur gespalten und anschliessend extrahiert.

Als Nachweisverfahren für die untersuchten Steroidhormone wird eine Dünnschicht-chromatographie durchgeführt, wobei als Kontrolle ein Vergleichstest mit den Substanzen Cholesterin, Östron und Östradiol dient. Schliesslich werden die Befunde der Dünnschichtchromatographie mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie bestätigt.

## Ergebnisse

Mittels der Dünnschichtchromatographie wurden in beiden Erdproben aus Oberkirch-Lautenbach sowie in fünf der sieben Proben aus Bönningheim positive Befunde für Cholesterin erreicht, und zwar sowohl in den direkten Extrakten als auch nach saurer Hydrolyse (Tab. 1). Beim letztgenannten Verfahren erhält man einen sauren Extrakt, der saure und neutrale Verbindungen enthält, als auch einen basischen Extrakt mit basischen Verbindungen. Positive Befunde ergaben sich für den basischen Extrakt, wogegen die sauren Extrakte jeweils einen zu hohen Matrixanteil enthielten, so dass die Chromatographie zu keinen eindeutigen Ergebnissen führte. Es ist zu vermuten, dass ein Teil des Cholesterins auch sauer extrahiert wird.

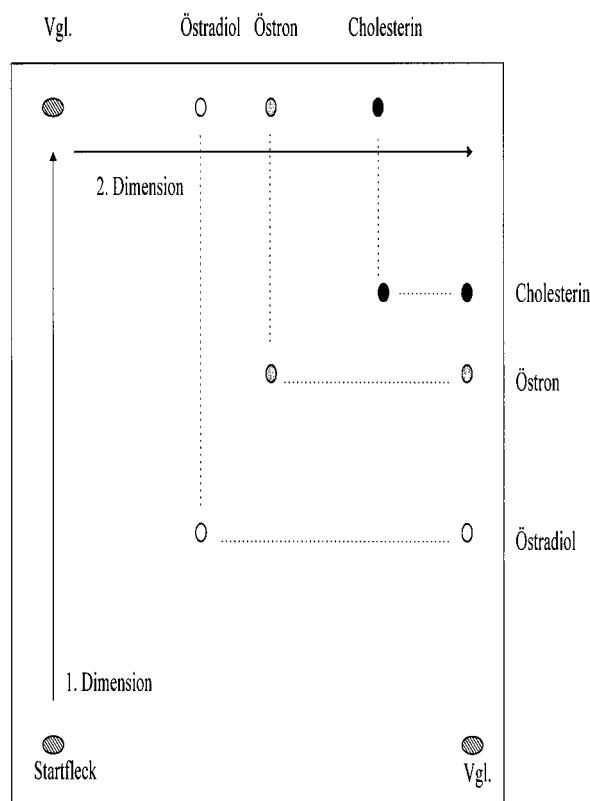


Abb. 1: Schematische Darstellung einer Dünnschichtplatte nach zweidimensionaler Entwicklung mit positivem Nachweis für Cholesterin und negativen Befunden für Östron und Östradiol.

Auf der Dünnschichtplatte ergaben sich für Cholesterin – nach Ansprühen mit 50%iger Schwefelsäure - violette Anfärbungen (Abb. 1). Anhand der mitgeführten Vergleiche wurde eine semiquantitative Bestimmung vorgenommen. Für Östron und Östradiol erbrachte der Vergleich gelblich-orange Anfärbungen, für die Erdproben ergaben sich negative Befunde. Es wurden auch keine weiteren Anfärbungen verzeichnet, die einen Hinweis auf sonstige Substanzen liefern könnten. Die positiven dünn-schichtchromatographischen Ergebnisse für Cholesterin konnten für alle Erdproben mit positivem Cholesterinbefund in den entsprechenden Extrakten gaschromatographisch-massenspektrometrisch bestätigt werden (Abb. 2). Auch mit dieser wesentlich empfindlicheren Nachweismethode ergaben sich keine Hinweise auf weitere Steroide.

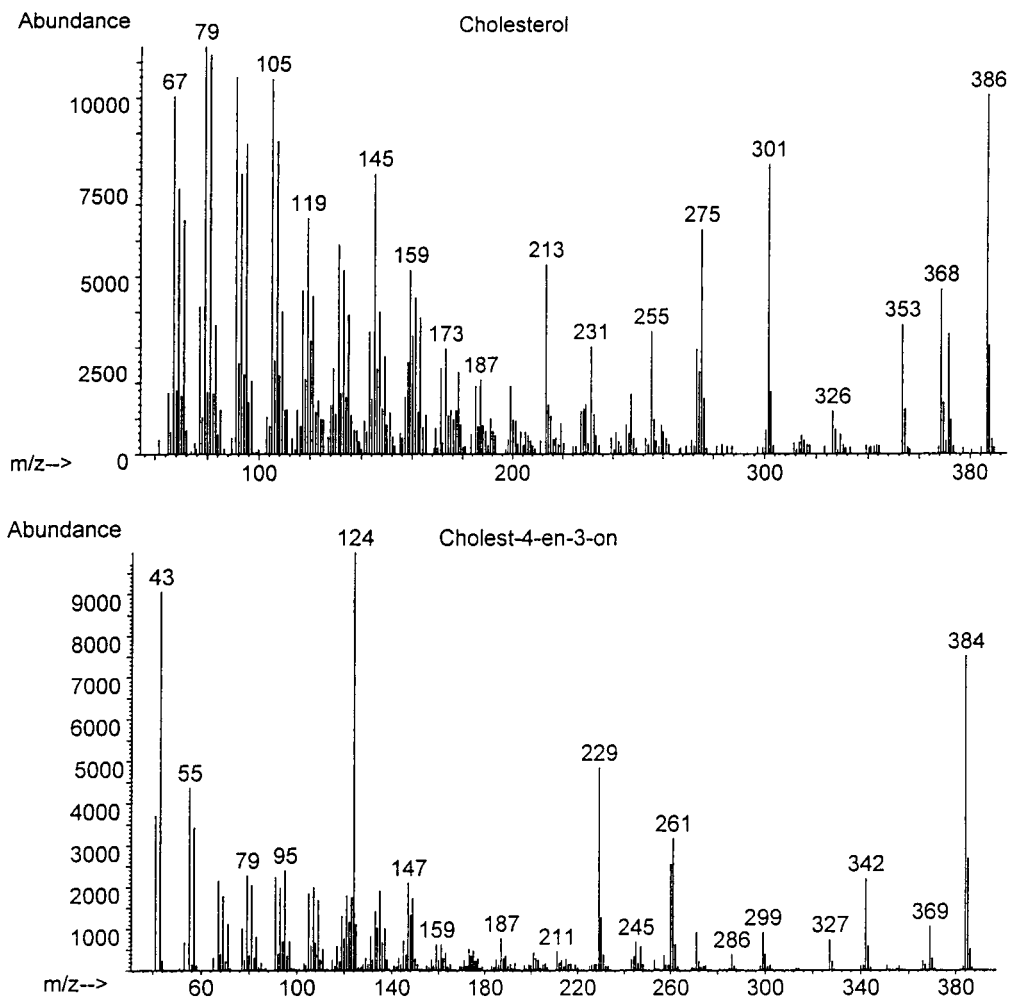


Abb. 2: Massenspektrum von a) Cholesterin und b) einem Cholesterin-Metaboliten (Cholest-4-en-3-on).

In drei Proben aus Bönningheim wurde mit Cholest-4-en-3-on ein weiterer Cholesterin-Metabolit identifiziert, ein Nachweis, wie er in den Proben aus Lauterbach nicht aufgetreten ist (vgl. Tab. 1). Allein die Fundstelle 11, Ringstrasse 25 in Bönningheim, blieb negativ im Hinblick auf die gesuchten Substanzen, selbst der Lehm als Vergleichsprobe von diesem Fundort zeigte noch Spuren von Cholesterin.

## Diskussion

Im Gegensatz zu Waidelich (1989), der für die Dünnschichtchromatographie aussergewöhnlich niedrige Nachweisgrenzen von 5-10 Nanogramm/Gramm beschreibt, lagen unsere Grenzen bei ca. 0,5-1 Mikrogramm/Gramm, also etwa um den Faktor 100 höher und damit in Bereichen, die für die Dünnschichtchromatographie nach den Erfahrungen auf dem Gebiet der Arzneimittelanalytik erwartet werden können.

Die positiven Ergebnisse für Cholesterin in den Bodenproben aus Lautenbach und Bönningheim weisen eindeutig darauf hin, dass das untersuchte Erdmaterial organische Bestandteile enthält. Auch wenn Cholesterin bei archäometrischen Untersuchungen als Leitsubstanz für nichtpflanzliche Organismen gilt, darf man nicht vernachlässigen, dass es in geringen Mengen auch in pflanzlichen Fetten auftritt. So muss darauf hingewiesen werden, dass auch die Lehmprobe aus der Ringstrasse 25 zumindest in Spuren Cholesterin enthielt.

Obwohl die Fundsituation der beprobten Gefässe für eine Deutung des Befundes als Deponierung von Nachgeburtsgefässen spricht, konnten in unseren Proben keine für eine Nachgeburt charakteristischen Steroidhormone nachgewiesen werden. Zwar sprechen die ermittelten höheren Konzentrationen in den Erdproben im vorliegenden Fall eher für eine nichtpflanzliche Herkunft, doch ist dies für sich genommen allein zu wenig, um einen zweifelsfreien Nachweis zu erbringen, dass es sich bei den Proben aus den Keramikgefässen um menschliche Nachgeburten handelt.

Woran könnte dies liegen. Möglicherweise sind die weniger stabilen Steroidhormone Östradiol, Östron und Östriol in den meisten Fällen erhaltungsbedingt nicht mehr nachweisbar? Dabei ist die Frage zu stellen, ob die Proben mit Wasser in Berührung gekommen sind, denn die Östrogene sind stark wasserlöslich? Führen demnach spezifische Lagerungsbedingungen zu einer unterschiedlichen Erhaltung? Da mit keiner der bisher untersuchten Proben der Nachweis von Östrogenen gelang, könnte es sinnvoll sein, die vorliegende Fragestellung archäologisch-experimentell anzugehen, d.h. eine menschliche Nachgeburt zu vergraben und nach einer angemessenen Zeit archäometrisch auf die interessierenden Substanzen zu untersuchen.

Eine wichtige, wenn nicht entscheidende Rolle in der ganzen Diskussion bildet der Kontext, aus dem die Gefässe stammen. Da die Fundsituation der „Nachgeburten“ in einigen Fällen sehr eindeutig auf eine intentionelle Niederlegung hindeutet und es keine vernünftige Erklärung für einen anderen Zweck gibt, ist trotz des fehlenden Nachweises von Steroidhormonen nicht auszuschliessen, dass die Interpretation als Nachgeburtsgefässe der Realität nahe kommt. Nichtsdestotrotz bleibt festzuhalten, dass der Nachweis von plazentatypischen Steroiden nicht gelungen ist.

## Literatur

Ade-Rademacher D., Rademacher R. 1987  
Frühneuzeitliche Funde aus dem Haus „Stiftstrasse 2“ in Sindelfingen, Kreis Böblingen. Arch. Ausgr. Baden-Württemberg 1986, S. 274-27.

Alt K.W., Musshoff F. 1997  
Chemisch-analytischer Nachweis von Steroiden in Nachgeburtsgefässen. Archäol. Informat. Baden-Württemberg 36, S. 41-42.

Alt K.W., Musshoff F., Jenisch B. (in Vorb.)  
Archaeometric analysis of possible afterbirths in historic pottery.

Bohnenberger K. 1904  
Volkstümliche Überlieferungen in Württemberg. Forschungen und Berichte zur Volkskunde in Baden-Württemberg. Bd 5, 1980, Stuttgart. (Neuaufgabe).

Kaufmann P. 1990  
Placentation und Placenta. In: Kinrichsen K.V. (Hrsg), Humanembryologie. Springer, Berlin/Heidelberg/NewYork, S. 159-204.

Mossman H.W. 1937  
Comparative morphogenesis of the fetal membranes and accessory uterine structures. Contrib. Embryol. Carnegie Inst. 26, 129-246.

Musshoff F., Alt K.W. 1997  
Toxikologie und Archäologie – Archäometrische Untersuchungen von Nachgeburtsgefässen. In: Pragst, F. (Hrsg.), GTFCh-Symposium: Moderne Messverfahren im Rahmen der Toxikologisch-Forensischen Begutachtung. Helm, Heppenheim, S. 213-217.

Ploss H, Bartels M, Bartels P. 1927  
Das Weib in der Natur- und Völkerkunde. Reitzenstein, Berlin.

Rademacher R., Waidelich D. 1996  
Nachweise für den rituellen Umgang mit Nachgeburten. Fundberichte Baden-Württemberg Bd. 21, S. 619-686.

Rottländer R.C.A., Schlichtherle H. 1983  
Analyse frühgeschichtlicher Gefässinhalte. Naturwissenschaften 70, S. 33-38.

Sartorius K. 1986  
Spuren eines alten, vergessenen Brauches – Nachgeburtsbestattungen. Kanerbenblätter der Historischen Gesellschaft Bönningheim e.V. 9, S. 21-33.

Sartorius K. 1987  
Das Begraben der Nachgeburten. Beiträge zur Volkskunde in Baden-Württemberg. Bd. 2, S. 309-322.

Stryer L. 1990  
Biochemie. Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft, Heidelberg.

Waidelich D. 1989  
Archäochemische Untersuchungen an einigen ausgegrabenen Gefässen zur Ermittlung möglicher Nachgeburtsbestattungen. Dipl. Arb. Tübingen.

Anschriften

Prof. Dr. Kurt W. Alt  
Institut für Anthropologie der Universität Mainz  
Saarstrasse 21  
D-55099  
Tel.: 0049 - 6131 - 39 22242, Fax: 0049 - 6131 39 25132  
altkw@mail.uni-mainz.de

Dr. Frank Musshoff  
Universität Bonn  
Institut für Rechtsmedizin  
Stiftsplatz 12  
D-53111 Bonn

Eingang: 28. 10. 2001

## 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 ad interim:  
Andreas Cueni, Gerhard Hotz

Korreferentin (textes français):  
Isabelle Gemmerich, Brugg

Layout:  
Andreas Cueni, Kriens

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

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève  
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Berli  
(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 Untersuchung über die Auswirkungen von Tuberkulose auf Anlagerungsfrequenz und Beschaffenheit der Zementringe des menschlichen Zahnes

Gabriela Caplazi<sup>1</sup>

Anhand des Zahnzements kann eine Individualaltersbestimmung durchgeführt werden. Dabei werden jährlich angelagerte Zuwachsringe im Zahnzement ausgezählt und zum Durchschnittsalter beim Zahndurchbruch dazugerechnet.

Die Zementringe beruhen auf unterschiedlich mineralisierten Strukturen, einer stärker mineralisierten dunklen Bande (Zuwachsring) sowie einer weniger stark mineralisierten hellen Bande. Diese zwei unterschiedlich gestalteten Ringe werden alternierend abgelagert. Je eine dunkle und eine helle Bande entsprechen einem Jahr. Die Ursache dieser Ringbildung ist bis heute nicht eindeutig geklärt. Es wird eine endogene Steuerung, welche durch äussere Faktoren wie z. B. Klima (Grue, 1976; Grue and Jensen, 1979), Ernährung (Lieberman, 1993) oder Krankheiten beeinflusst wird, diskutiert.

Kagerer (2000) konnte zeigen, dass Schwangerschaften und bestimmte Vorfälle, die Reparaturprozesse im Knochen verlangen, Spuren qualitativer Art im Zahnzement hinterlassen. Die vorliegende Untersuchung beinhaltet nun die Überprüfung der Altersbestimmung anhand des Zahnzements bei Tuberkuloseopfern; insbesondere wird die Frage geprüft, ob die Anlagerungsfrequenz wie auch die Qualität der Zementringe durch eine Krankheit wie Tuberkulose (Tbc) beeinflusst wird. Tbc ist eine Infektionskrankheit, die häufig chronisch verläuft. Der Hormonspiegel von Cortisol und Katecholaminen könnte in diesem Zusammenhang erhöht werden und den Kalziumhaushalt beeinflussen, was wiederum Auswirkungen auf den Zahnzement zeigen könnte. Falls diese Annahme zuträfe, dass die Anlagerungsfrequenz durch Tbc verändert wird, wäre es bei der grossen Verbreitung dieser Krankheit in früheren Zeiten also problematisch, diese Altersbestimmungsmethode fraglos anzuwenden.

Es wurden 43 bodengelagerte Zähne einer Grabung des 19. Jahrhunderts von St. Johann in Basel untersucht. Das Spezielle der Sammlung ist, dass sowohl die Todesursache wie auch das Todesalter der Individuen dokumentiert ist. Dies erlaubt die Überprüfung dieser Art der Altersbestimmung bei Tuberkuloseopfern. Es wurden die Abweichungen vom realen Alter einer Tbc-Gruppe mit denen einer Kontrollgruppe verglichen. Die Kontrollgruppe beinhaltet Zähne von Individuen, die einem akuten Vorfall erlagen. Für die Untersuchung wurden ausschliesslich Prämolaren verwendet, von denen im oberen Drittel der Wurzel 60 mm dicke horizontale Zahnschnitte gewonnen und unter dem Phasenkontrast- und Interferenzmikroskop angeschaut wurden. Von Bereichen, wo die Zementringe gut sichtbar waren, wurden Abzüge angefertigt, an denen die Zementringe ausgezählt wurden. Die Untersuchung ergab bei der Tbc- und der Kontrollgruppe ungefähr gleich hohe Fehlerabweichungen (10%). Ob statistisch gesehen ein Unterschied zwischen der Tbc- und der Kontrollgruppe besteht, wurde mit dem

---

<sup>1</sup> Kurzfassung der Diplomarbeit am Anthropologischen Institut der Universität Zürich, November 2001.

Wilcoxon-Test überprüft. Es konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Dies bedeutet, dass diese Art der Altersbestimmung auch bei Zähnen von Tuberkuloseopfern angewendet werden kann. Auch Kagerer (2000) beschrieb in seiner Arbeit, dass sich weder bei Leber- und Schilddrüsenerkrankungen, Osteoporose, Diabetes noch bei Mangelernährung Auswirkungen auf die Anlagerungsfrequenz zeigen. Diese kann nach den heutigen Erkenntnissen nur durch Prozesse im Zahnhalteapparat (Periodontalkrankheiten) beeinflusst werden. In der Literatur wird zudem ein Phänomen erwähnt, bei dem zwei Zementringe pro Jahr angelagert werden, wobei die Ursache dafür nicht bekannt ist. Im Allgemeinen scheint die jährliche Anlagerung der Zementringe einen sehr konstanten Vorgang darzustellen, der kaum von exogenen Faktoren beeinflusst wird. In Bezug auf die Qualität der Zementringe konnten Veränderungen beobachtet werden, diese äusserten sich in heller ausgebildeten Ringen im äusseren Bereich der Zementschicht, die möglicherweise mit einer Knochentuberkulose im Zusammenhang stehen. Weiter konnte eine Überprüfung der Methode in Bezug auf bodengelagerte Zähne durchgeführt werden, weil sich durch das genau bekannte Alter der Individuen ein relevanter Vergleich mit Daten von rezenten Zähnen durchführen liess. Dieser ergab eine ähnliche Fehlerabweichung in der Altersschätzung. Somit eignen sich auch bodengelagerte Zähne für diese Art der Altersbestimmung, was die Resultate von Grosskopf (1990) und Wright (1990) bestätigt.

#### Literatur

Grosskopf B. 1990

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

Grue H. 1976

Non-seasonal incremental lines in tooth cementum of domestic dogs (*Canis familiaris* L.). Dan. Rev. Game Biol. 10, S. 1-8.

Grue H. and Jensen B. 1979

Review of the formation of incremental lines in tooth cementum of terrestrial mammals. Dan. Rev. Game Biol. 11, S. 1-48.

Kagerer P. 2000

Die Zahnzementzuwachsringe - Stumme Zeugen oder dechiffrierbare Annalen in der Paläopathologie, Paläodemographie und Rechtsmedizin? Dissertation an der Fakultät für Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität München, München.

Lieberman D. 1993

Life history variables preserved in dental cementum microstructure. Science 261, S.1162-1164.

Wright L.E. 1990

An archeological application of cemental annulation at Tipu, Belize. Am. J. Phys. Anthrop. 81, 320 (abstract).

#### Danksagung

Ich bedanke mich bei Herrn Dr. Prof. R. D. Martin für die Betreuung meiner Diplomarbeit und bei Frau E. Langenegger für die Ermunterungen, die für das Zustandekommen dieses Artikels viel beigetragen haben.

Anschrift

Gabriela Caplazi  
Anthropologisches Institut  
und Museum der Universität Zürich  
Winterthurerstrasse 190  
CH-8057 Zürich

Eingang 15. 11. 2001

## 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 ad interim:  
Andreas Cueni, Gerhard Hotz

Korreferentin (textes français):  
Isabelle Gemmerich, Brugg

Layout:  
Andreas Cueni, Kriens

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

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

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

ISSN 1420 - 4835

## Frühmittelalterliche tschechische Trepanationen evaluiert mittels Makroskopie, konventionellem Röntgen und hochauflösender Computertomographie - erste Resultate

Martina Bohunova und Frank J. Rühli

### Summary

We present preliminary results from an ongoing international research project on the non - destructive evaluation of doubtful historic Czech trepanations. Four macroscopically supposed cases of skull trepanations from an early Medieval grave field (Pohansko, 800 AD) have been assessed by conventional X-ray and high-resolution helical computed tomography. A 24-30 year old male showed a healed trepanation of the left os parietale which has been especially supported by the used imaging techniques while three other individuals seem to have lesions of most likely peri- or post mortem nature. The article includes a brief overview about trepanation techniques and known cases of historic skull trepanations from the Czech region as well.

### Einleitung

#### Ätiologien und Methoden von Trepanationen

„Trepanation“ bedeutet die artifizielle Bildung eines Defektes des Schädeldaches zum Zwecke der Herstellung einer Verbindung der Schädelhöhle mit der Umgebung. Der Erfolg der Trepanation hängt unter anderem von ihrer geschickten Durchführung ab, hierbei sollten keine Verletzungen der Hirnstrukturen und der grossen Hirngefässe auftreten (Aufderheide, Rodriguez-Martin 1998).

Drei mögliche Gründe von Trepanationen werden üblicherweise unterschieden:

Therapeutische, magisch-therapeutische und magisch-rituelle (Lisowski 1967). Der therapeutische Zweck wird vor allem bei peruanischen Schädeln gefunden - diese weisen oft ein perfektes Verhältnis der Linien der Schädelfrakturen mit der Trepanationsöffnung auf (Zimmerman et al. 1981). Magisch-therapeutische Vorstellung halten Trepanationen für einen Versuch, von einem bösen Geist - der Krankheiten wie Kopfschmerzen, Schwindel, Neuralgien, Koma, Delirium, Meningitis, oder Krämpfe verursachen soll - zu befreien (Lisowski 1967). Die magisch-rituelle Auffassung unterstützt die Vorstellung, dass ein bewusstloses Individuum durch den Trepanationseingriff aus der Bewusstlosigkeit vor dem Tod gerettet werden könne - eine Art Wiederbelebung. Viele Fälle trepanierter Schädel weisen keine Frakturen oder andere Pathologica auf und könnten daher der letzten Kategorie angehören (Aufderheide und Rodriguez-Martin 1998).

Mindestens vier verschiedene Trepanationsmethoden werden differenziert:

1. Riefung - die runde oder ovale Riefe wird mit einem scharfen Instrument gezeichnet und durch Wiederholung dieser Riefe die Perforation des Schädel erreicht. Die Ränder des Loch sind vertikal oder steil abgeschrägt.

2. Schabetechnik - man schabt wiederholt mit einem ovalen Stein mit scharf Kante bis die Mitte des Schädelteils perforiert ist. Die Ränder des Lochs haben eine breite und flache Abschrägung.
3. Direkter Schnitt - man macht vier sich treffende Schnitte auf dem Schädeldach mit einem Instrument mit einer scharfen Kante. Diese Schnitte begrenzen das vierkantige, senkrecht umrandete Rondell (= zu extrahierendes Knochenstück).
4. Bohrung von kleinen Löchern - der Schädelteil wird mit einem Ring aus kleinen Bohrlochern umgeben, anschliessend werden die Knochenbrücken zwischen den Löchern durchschlagen. Die Ränder der Läsion sind daher gezackt (Aufderheide und Rodriguez-Martin 1998).

Die Mehrzahl der Trepanationslöcher finden sich auf üblicherweise auf dem linken Os frontale und dem linken Os parietale. Der Grund dafür könnte in der möglichen Rechtshändigkeit der Operateure liegen. Einige Trepanationen befinden sich auch im Bereich der Suturae craniales; obwohl solche Trepanation sehr gefährlich sind, da sich unter anderem der Sinus venosus dort befindet. Die Mehrzahl der Schädel haben nur ein Trepanationsloch, es sind aber auch Fälle mit mehreren Läsionen bekannt (Aufderheide und Rodriguez-Martin 1998).

#### Trepanationen in der Tschechischen Republik

Die ältesten Trepanationen aus dem Gebiet der heutigen Tschechischen Republik stammen aus dem späten Neolithikum. Die Schädel aus der Region Mittel- und West-Böhmen gehören zur Schnurbandkeramik-Kultur, diejenigen aus Süd-Mähren zur Glockenbecher-Kultur und die Fälle aus dem Bezirk Prag zur Kugelamphoren-Kultur. In dieser Zeit wurden zwei Techniken benutzt, vor allem die Schabetechnik, aber auch die Technik der Bohrung von kleinen Löchern. Als chirurgisches Instrument wurde eine scharfe Feuersteinklinge benutzt.

Die zahlenmässig grösste Gruppe trepanierter Schädel datiert in die bronzezeitliche Unetice-Kultur. Die Funde stammen aus Mittel- und Ost-Böhmen, ein einzelner Fall findet sich in Mähren. Das älteste Trepanations-Rondell aus der Tschechischen Republik gehört ebenfalls zur Unetice-Kultur. Die Schabetechnik mit der Feuersteinklinge, mit den Bifacialretuschespitzen oder mit dem Dolch überwiegt. Der Schädel aus Mähren wurde mit der Technik des Bohrens von kleinen Löcher trepaniert.

Die Trepanationsfunde aus der Eisenzeit stammen aus Böhmen und auch aus Mähren, Amulette von Rondellen sind ebenfalls aus dieser Zeit bekannt. Ausser der Schabetechnik wird auch die Hacktechnik, die Schneidetechnik und auch eine weitere Methode mit speziellen Trepanationsinstrumenten mit Mittelpflock verwendet. Ausser Trepanen wurden Messer sowie Meissel benutzt und zwar sowohl aus Bronze als auch aus Eisen gefertigte.

Aus der frühen Slawenzeit stammen Schädel aus Böhmen und Südmähren. Die alten Slawen haben fast ausschliesslich die Schabetechnik benutzt, nur ausnahmsweise wurde mittels Trepanen Eingriffe vorgenommen. Aus dem Mittelalter ist eine verheilte Trepanation aus Mähren bekannt. In Prag wurde des weiteren ein trepanierter Schädel aus dem 17. Jahrhundert gefunden (Vlcek 1972, Dockalova 2001).

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, erste Resultate eines internationalen Kooperationsprojektes zur nicht-invasiven Evaluierung möglicher historischer tschechischer Trepanationsfälle darzustellen. Die dabei verwendeten radiologischen Techniken - digitales konventionelles Röntgen und hochauflösende Spiral-Computertomographie (CT) - stellen den neusten Stand der bildgebenden Technik dar und haben sich in der einen oder anderen Form bereits bei früheren Untersuchungen unklarer Trepanationsfälle bewährt (Rühli et al., submitted).

## Material und Methoden

Der bedeutende archäologische Fundort Pohansko bei Breclav befindet sich in Süd-Mähren (Tschechische Republik). Ein slawischer Burgwall mit den Überresten eines grossmährischen Herrendorfes des 8.-9. Jahrhunderts nach Christus wird dort seit 1959 ausgegraben. Einige Gräberfelder mit einer Gesamtzahl von über 700 Gräbern wurden gefunden (Dostal 1975). Das gehobene Knochenmaterial ist im Anthropologischen Institut der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Masaryk-Universität in Brno deponiert. Die Schädel aller Individuen wurden durchgesehen und vier Schädel mit Defekten ausgewählt, die makroskopisch als mögliche Trepanationen erschienen.

Die selektierten Schädel wurden an der Orthopädischen Universitätsklinik Balgrist in Zürich (Schweiz) mittels konventionellem digitalem Röntgen und Spiral-CT untersucht (high-resolution mode, slice width 3.0 mm, feed 4.7 mm, Rotationszeit 1.5 sec, 140 kV, 206 mAs; Somatom Plus 4, Siemens, Erlangen, Germany). Zudem wurden die Objekte post-processing evaluiert („shaded surface display“ und „multiplanare Rekonstruktion“; Rekonstruktionsinkrement 0.5 mm).

## Resultate und Diskussion

Schädel Nr. 72 (m, 24-30j, Drozdova 1997) (siehe Abb. 1 und 2)

Der fast vollständig erhaltene Schädel weist einen Defekt im Bereich des linken Os parietale auf. Die Dimensionen des Defektes betragen äusserlich 37 mm x 23 mm, innenseitig 23 mm x 13 mm. Die Dicke des Schädelknochens beträgt 4 mm, am Rande des Defektes ca 1 mm. Die leicht abgeschrägten Ränder des Defektes sind regelmässig begrenzt, makroskopisch erscheinen sie verheilt, geöffnete Höhlen der Diploë sind nicht einsehbar. Auf dem konventionellen Röntgenbild ist deutlich eine periläsionäre Region mit dichtem Knochengewebe als mögliches Zeichen einer Knochenreaktion sichtbar. Die CT-Bilder haben klar gezeigt, dass die Diploë ganz geschlossen ist und mit der Schicht der Kompakta überlappt. Wir vermuten daher dass es sich um eine verheilte Trepanation mittels Schabetechnik handelt. Diese Methode wurde von den alten Slawen fast ausschliesslich benutzt, wie auch der vorliegende Fall bestätigt.

Dieser Schädel weist noch zwei weitere Defekte auf, die makroskopisch als postmortale Beschädigungen angesehen wurden. Insbesondere die CT-Bilder zeigen aber, dass eine Knochenreaktion möglicherweise doch stattgefunden hat. Eine abschliessende Beurteilung dieser Läsionen kann noch nicht vorgenommen werden.



Abb. 1: Schädel Nr. 72 (m, 24-30j; 8 Jh. n. Chr.; Pohansko, Tschechei) - linkes Os parietale mit verheilter Trepanation.

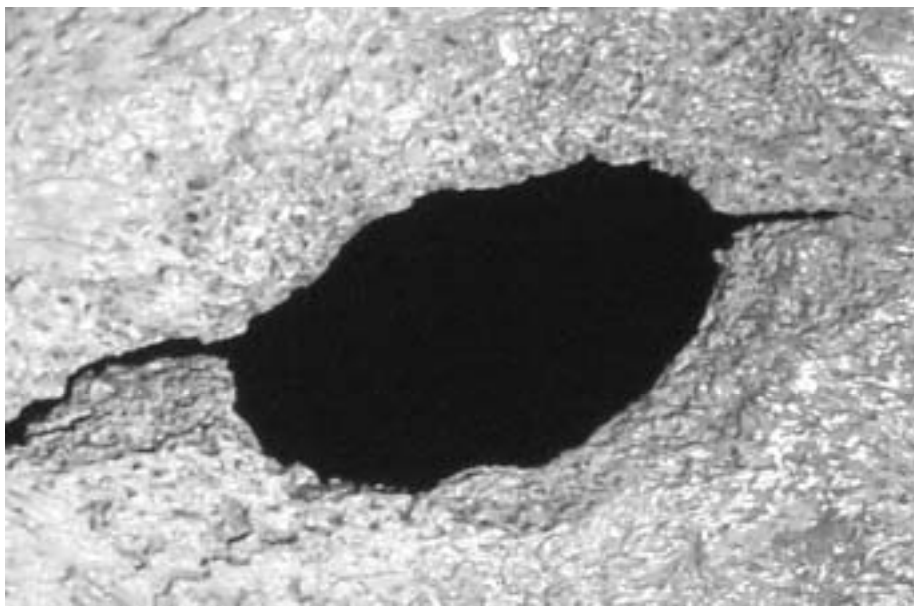


Abb. 2: Schädel Nr. 72 - Detailansicht einer verheilten Trepanation im Bereich des linken Os parietale.

Schädel Nr. 259 (m, 35-40 j, Drozdova 1997)

Dieser Schädel weist zwei Defekte auf, einer davon kommt makroskopisch als mögliche Trepanation in Frage. Der Defekt befindet sich im rechten Os parietale, die Form des Loches ist oval, die Ränder sind senkrecht, teilweise innen abgeschrägt und nicht scharf begrenzt. Röntgenbilder und CT-Aufnahmen haben unspezifische sklerotische Veränderungen gezeigt. Des-



halb ist auch dieser Defekt nicht eindeutig diagnostizierbar, trotzdem aber am ehesten peri- respektive postmortalen Charakters.



Abb. 3: Schädel Nr. 72 – Röntgenbild.

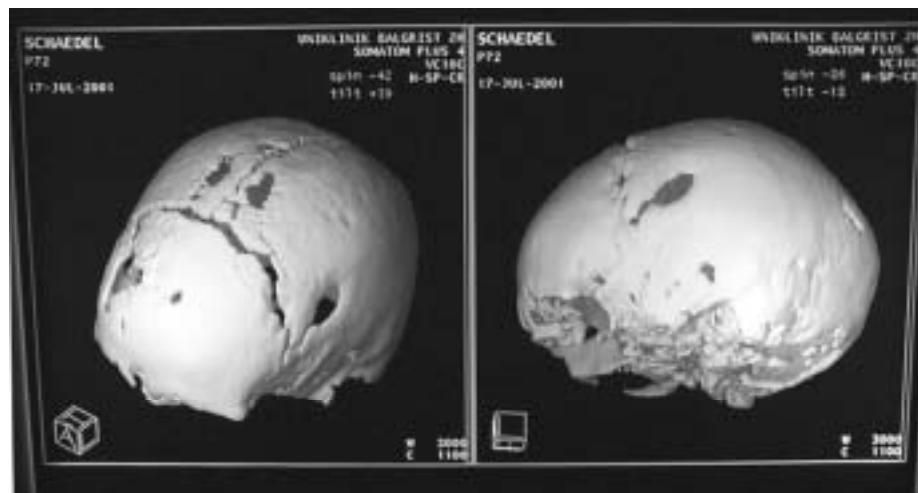


Abb. 4: Schädel Nr. 72 – SSD (shaded surface display).

Schädel Nr. 357 (13-14j, Drozdova 1997)

Ein Ringdefekt befindet sich im linken Teil der Squama ossis frontalis. Geöffnete Höhlen der Diploë sind makroskopisch einsehbar. Radiologisch sind keine Spuren einer möglichen Knochenreaktion nachweisbar. Es dürfte sich daher am ehesten um peri- oder postmortale Beschädigungen handeln.

Schädel Nr. 33 (12-14j, Drozdova 1997)

Dieser Schädel weist zwei Defekte auf, bei einem davon könnte es sich um eine Trepanation handeln. Die Läsion befindet sich auf dem rechten Teil der Squama ossis frontalis. Der Defekt hat gezackte Ränder, misst 25 mm x 20 mm, die Dicke der Schädeldecke 4 mm. Eine Trepanierung mittels Technik der Bohrung kleiner Löcher scheint möglich. Die Ränder sind jedoch scharf, unregelmässig und die Diploë ist freigelegt. Radiologisch sind keine Spuren einer möglichen Knochenreaktion und Verheilung sichtbar. Es dürfte sich am ehesten um peri- oder postmortale Beschädigungen der Knochen handeln.

Zusammenfassend sind von den vier möglichen Trepanationen eine radiologisch als verheilte Läsion bestätigt worden. Die hochauflösenden CT-Aufnahmen haben sich insbesondere in diesem Fall diagnostisch bewährt. Bei den anderen drei Fällen dürfte es sich vermutlich um peri- oder postmortale Beschädigungen handeln. Trotzdem ist der Nachweis einer verheilten Trepanation - datiert ins 8. - 9. Jahrhundert - auf dem Gebiet der Tschechische Republik sehr rar und daher bedeutend. Eine ausführliche Darstellung der nicht-invasiven Untersuchungen dieses anthropologisch äusserst interessanten frühmittelalterlichen Fundmaterials wie auch eine umfassende Beurteilung der diagnostischen Aussagekraft modernster radiologischer Bildgebungsverfahren für solch ausgewählte Fragestellungen wird zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Dank

Die Autoren danken herzlichst Dr. Th. Böni, Arbeitsgruppe für klinische Paläopathologie Universität Zürich sowie den Mitarbeitern der radiologischen Abteilung der Orthopädischen Universitätsklinik Balgrist in Zürich für die gewährte Unterstützung bei der radiologischen Untersuchung.

Literatur

Aufderheide A.C., Rodriguez-Martin C. 1998

The Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology. Cambridge University Press, Cambridge.

Dockalova M. 2001

Doklady trepanaci ve sbirkach ustavu Anthropos. In Otazky neolitu a eneolitu nasich zemi, Mostkovic 14.-17. zari 1999. Pravek, Suppl. 8, pp. 232-245. Brno.

Dostal B. 1975

Breclav-Pohansko, velkomoravskz velmoysky dvorec. Universita J. E. Purkyne, Brno.

Drozdova E. 1997

Antropologicka studie staroslovanskeho obyvateľstva sidelniho komplexu Breclav – Pohansko (antropometricka studie). Dissertationsarbeit. Masaryk-Universität Brno.

Lisowski F.P. 1967

Prehistoric and early historic trepanation. In Diseases in Antiquity. Brothwell D.R, Sandison AT (Eds.), C.C. Thomas, Springfield, pp. 651-672.

Rühli F.J, Lanz C, Ulrich-Bochsler S, Alt K.W. (submitted)

State-of-the-art Imaging in Paleopathology: Value of Multislice Computed Tomography to Visualize Doubtful Cranial Lesions.

Vlcek E. 1972

Neurosurgical Operations in Czechoslovak Prehistory. In Fusek J, Kunc Z (Eds.) Proceedings of the Fourth European Congress of Neurosurgery. Present Limits of Neurosurgery. Prague - Czechoslovakia, June 28 - July 2, 1971. Avicenum, Praha.

Zimmerman M.R., Trinkaus E., Lemay M., Aufderheide A.C., Reyman T.A., Marrocco G.R., Shultes R.E., Coughlin E.A. 1981

Trauma and trephination in a Peruvian mummy. *Am. J. Phys. Anthropol.* 55: 497-501.

#### Anschriften

Mag. Martina Bohunova

Anthropologisches Institut der Naturwissenschaftlichen Fakultät

Masaryk-Universität

Vinarska 5

603 00 Brno, Tschechische Republik

E-mail: martinax@yahoo.com

Tel.: +420543246333

Dr. med. Frank. J Rühli

Arbeitsgruppe für klinische Paläopathologie

Medizinhistorisches Institut und Orthopädische Universitätsklinik Balgrist

Universität Zürich

Forchstrasse 340

CH-8008 Zürich, Schweiz

E-mail: ruehli@hotmail.com

Tel. +41163420171

Eingang: 29. 11.2001

## 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 ad interim:  
Andreas Cueni, Gerhard Hotz

Korreferentin (textes français):  
Isabelle Gemmerich, Brugg

Layout:  
Andreas Cueni, Kriens

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

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève  
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Berli  
(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 Frage nach dem „kleinen Unterschied“ vor dem Tod und seinen Hintergründen – von der göttlichen Ordnung zur chromosomalen Determination

Iris Ritzmann

### Zusammenfassung

Männer und Frauen weisen ein unterschiedliches Sterbeverhalten auf. Sie leben unterschiedlich lang, sterben an unterschiedlichen Krankheiten und zeigen auch bei theoretisch vermeidbaren Todesursachen wie Unfällen und Selbsttötungen ein gänzlich anderes Verhalten. Eine vertiefte Auseinandersetzung anhand der Schweizerischen Todesursachenstatistik zeigt, dass diese geschlechtsspezifischen Unterschiede nicht allein durch kulturelle Prägungen zustande kommen können. Insbesondere die vorgeburtlichen Sterbefälle und die Unfalltoten im frühesten Säuglingsalter in ihrer historischen Betrachtung lassen sich ohne den Einbezug biologischer Geschlechtsunterschiede nicht erklären. Der Einbezug solcher Befunde könnte zu einer Bereicherung der Genderforschung auf den verschiedensten Gebieten führen.

Vor dem Tod sind alle gleich. Mit diesem Spruch tröstet man sich zuweilen über die Ungerechtigkeiten des Lebens hinweg. Doch ist dem wirklich so? Bekanntlich bestehen grosse Unterschiede in der Sterblichkeit verschiedener sozialer Schichten. Reiche leben länger als Arme, die westlichen Länder verzeichnen eine höhere Lebenserwartung als die sog. Drittweltländer. Auch die Schweizer Vergangenheit birgt so manches Beispiel für die tödliche Ungerechtigkeit. Die Cholera beispielsweise wütete 1855 und 1867 in Zürich in den ärmeren Quartieren viel heftiger als in den bessergestellten.<sup>1</sup> Unterschiede zeigen sich auch in verschiedenen Berufsgruppen. Zwischen 1879 und 1890 starben Steinhauer, Zimmerleute, Schlosser und Schneider weitaus häufiger als Bäcker, Uhrmacher, Eisengiesser oder Sticker.<sup>2</sup> Sogar religiöse Unterschiede machten sich beim Sterben bemerkbar: Katholische Bezirke verzeichneten eine höhere Sterblichkeit als die reformierten.<sup>3</sup> Zivilstand und Herkunft nehmen bei der Lebenserwartung bis heute eine massgebende Rolle ein.<sup>4</sup> Und schliesslich seien auch die genetischen Eigenheiten erwähnt, die jedem Individuum eine Einmaligkeit verleihen, sich aber auch auf Lebenserwartung und Todesursache auswirken können. Wir dürfen also davon ausgehen, dass vor dem Tod keine Gleichheit besteht, ganz im Gegenteil: Der Tod ist ungerecht.

Wie verhält es sich nun aber bei der Sterblichkeit von Männern und Frauen? Wie man weiss, gibt es den „kleinen Unterschied“ vor dem Tod. Auf die Frage nach der Ursache dieses Un-

<sup>1</sup> Condrau, Flurin: Soziale Ungleichheit vor der Cholera und ihre Wahrnehmung durch Zürichs Ärzteschaft (1850-1870). In: MedGG 12 (1993), S. 75-99.

<sup>2</sup> Ehe, Geburt und Tod. Eidg. Statistisches Amt (Hg.) (im Folgenden: EGT) 1876-1890: Die Todesursachen, S. 72\*.

<sup>3</sup> EGT 1891-1900: Die Sterbefälle, S. 19\*.

<sup>4</sup> Z.B. Sterbetafeln für die Schweiz 1988/1993: Bevölkerung. Bundesamt für Statistik (Hg.), Bern 1996, S. 27f.

terschiedes bietet sich seit über 100 Jahren eine ganze Palette verschiedenster Theorien und Hypothesen an. Eine Möglichkeit, der Antwort zumindest etwas näher zu kommen, besteht darin, die unterschiedliche Sterblichkeit auf die beteiligten Todesursachen hin zu untersuchen. Dabei soll anhand der Schweizerischen Todesursachenstatistik dieser gar nicht so kleine «kleine Unterschied» etwas erläutert werden.<sup>5</sup> Die Unzulänglichkeit des statistischen Materials, drohende Fallgruben und die schlagende Logik des Fehlschlusses kommen ebenfalls zur Sprache. Der Artikel will vor allem den Vorteil eines interdisziplinären Zugang zur Geschlechterforschung verdeutlichen.

### Chancenlosigkeit in Sachen Gleichberechtigung?

Frauen werden älter als Männer. Dieser Unterschied im Sterbeverhalten von Mann und Frau ist wohl der bekannteste und meistdiskutierte. In der Schweiz betrug 1998 die durchschnittliche Lebenserwartung zum Zeitpunkt der Geburt bei Männern 76,5, bei Frauen 82,5 Jahre. Im Vergleich mit den Zahlen von 1876/80, die für Männer 40,2 und für Frauen 43,6 Jahre erwarten liessen, hat sich der Geschlechterunterschied sogar vergrössert. Wenn Frauen im Kindbett oder an Brustkrebs sterben, so ist die Geschlechtsbezogenheit dieser Tatsache so banal wie diejenige der Todesfälle an Hodenkrebs, Prostataleiden oder Bluterkrankheiten. Was aber hat das unterschiedliche Lebensalter der Geschlechter mit dem Geschlecht an sich zu tun? Wieso sind Frauen hier übervorteilt? Oder, anders gefragt: Was machen Männer falsch, dass sie nicht ebenso alt werden? Eine gängige Erklärung für das Phänomen lautet, früher seien die Frauen im Kindbett gestorben, während heute mehr Frauen die jungen Erwachsenenjahre überleben. Zugleich sei das weibliche Geschlecht dem schädlichen Leistungsdruck der modernen Zivilisation weniger ausgesetzt als das männlich oder habe bessere Strategien im Umgang damit entwickelt, weshalb mehr Männer an gewaltsamen Todesursachen oder in jüngeren Jahren an Herz-Kreislaufkrankungen sterben. Die psychologischen Erklärungsmuster zählen das höhere Selbstwertgefühl und die verminderte Angst zu den Faktoren, die ein risikoreicheres Verhalten nach sich ziehen. „Die Bewältigung der männlichen Rolle erzeugt Stress“, steht etwa im Deutschen Ärzteblatt 1998,<sup>6</sup> und „Ein rücksichtsloser Umgang mit dem eigenen Körper [...] gehört gewissermassen zur Männerrolle“. Dass Frauen mittlerweile sehr wohl auch berufstätig sein können und die Doppelbelastung meist ein für Frauen spezifisches Rollenverhalten umschreibt, wird von den drei männlichen Autoren umgekehrt bewertet: „Bei [...] [Frauen] scheinen aber die Mutterrolle sowie andere Rollen zumindest als Puffer für arbeitsplatz- oder berufsbedingte Stresseinflüsse zu wirken.“ Ganz pauschal behaupten sie: „Die Ursachen für die geschlechtsspezifischen Unterschiede in Morbidität und Mortalität liegen in der Jugend und im frühen Erwachsenenalter und wirken sich im Senium aus.“ Eine biologische Konstante kommt gar nicht erst zur Sprache. Daher fordern die Autoren eine „Männerbewegung“, die gesundheitspolitische Programme wie Selbsthilfegruppen für die ältere Generation, Vermittlung von sportlichen Vereinigungen und berufsorientierte Netzwerke anbieten soll. Hinter diesen Überlegungen aber steht die Hoffnung, dadurch „die Lebenserwartung von Männern denen von Frauen anzugleichen.“

---

<sup>5</sup> Das Zahlenmaterial hierzu findet sich in der Historischen Statistik der Schweiz, hrsg. von Heiner Ritzmann, Zürich 1996, vor allem im Kapitel «Krankheiten und Todesursachen», S. 286-351, bzw. in den auf S. 277 erwähnten statistischen Veröffentlichungen und Primärquellen bzw. in neueren Veröffentlichungen des Schweizer Bundesamtes für Statistik.

<sup>6</sup> Klotz, Theodor; Hurrelmann, Klaus, Eickenberg, Hans-Udo: Der frühe Tod des starken Geschlechts. In: Deutsches Ärzteblatt 95 (1998), Heft. 9, 27.2.1998, A 460-A 464.

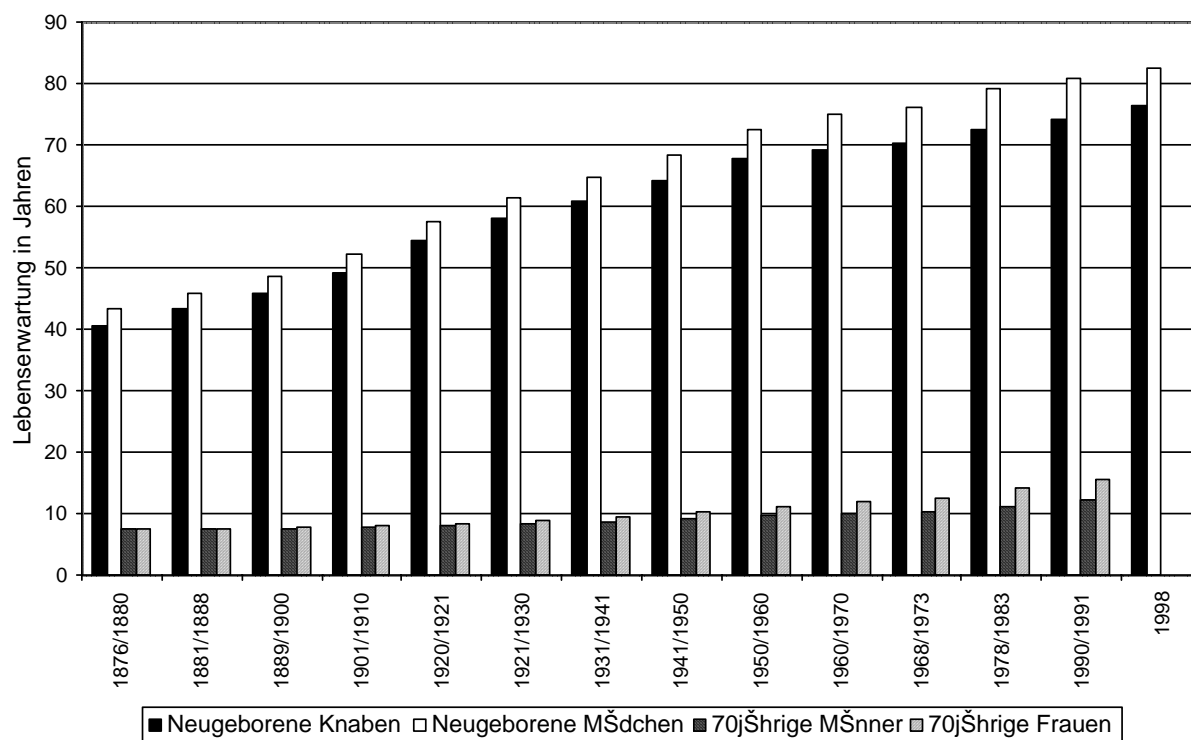


Abb. 1: Lebenserwartung in der Schweiz nach Alter und Geschlecht (1876-1998)  
Quelle: Historische Statistik der Schweiz, S. 286.

Natürlich können sich Frauen geschmeichelt fühlen, wenn ihr Lebensstil nun der gesündere sein soll und von Männern kopiert wird. Eine weniger voreingenommene Untersuchung allerdings hätte die Möglichkeit miteinbeziehen müssen, dass die längere Lebensdauer der Frauen zumindest teilweise auf biologischen Konstanten beruhen könnte. Deshalb muss zunächst die Frage untersucht werden, ob sich dieser Unterschied erst mit der modernen Zivilisationsgesellschaft herausgebildet hat. Offensichtlich ist dies nicht der Fall, denn die Beobachtung dieses Unterschieds ist keineswegs neu. Vor hundert und mehr Jahren machten die Herz-Kreislaufkrankungen allerdings erst einen kleinen Bruchteil des heutigen Todesursachenquote aus, da die Säuglingssterblichkeit und die Todesfälle infolge von Infektionskrankheiten den Hauptanteil bestritten.<sup>7</sup> Die sogenannten Stresskrankheiten konnten somit noch gar keine dominante Rolle spielen.

Bereits Mitte des 18. Jahrhunderts wiesen indessen grossflächige Zählungen in verschiedenen europäischen Ländern darauf hin, dass die Frauen im Durchschnitt länger leben als die Männer. Ja, schon unter den Mädchen stellte Johann Peter Süssmilch, Oberkonsistorialrat unter Friedrich dem Grossen, eine deutlich erhöhte *mittlere Dauer des Lebens der Kinder* um drei bis vier Jahre fest.<sup>8</sup> Die historische Dimension gibt also schon zu ernsthaften Verdachtsmo-

<sup>7</sup> Vgl. hierzu auch die Angaben in den beiden von Arthur E. Imholz herausgegebenen Werken: *Lebenserwartungen in Deutschland vom 17. bis 19. Jahrhundert*. Berlin 1990; *Lebenserwartungen in Deutschland, Norwegen und Schweden im 19. und 20. Jahrhundert*. Berlin 1994.

<sup>8</sup> Süssmilch, Johann Peter: *Die göttliche Ordnung in den Veränderungen des menschlichen Geschlechts, aus der Geburt, dem Tode und der Fortpflanzung desselben erwiesen*. 2. Ausgabe, Berlin 1761-1765, 2. Teil, S. 350-352. In Staaten mit hohem militärischen Einsatz stieg die männliche Übersterblichkeit noch mehr an. Die «mittlere Lebensfähigkeit» lag in Bern 1758-71 bei den zwischen 20 und 40jährigen Frauen etwa einen Drittel über demjenigen der Männer, wohlgermerkt: obschon gerade in diesem Alter die meisten Geburten stattfinden

menten gegenüber der rein kulturellen Erklärung der männlichen Übersterblichkeit Anlass. Darüber hinaus sind diese Unterschiede in völlig unterschiedlichen Kulturen nachweisbar.<sup>9</sup> Als weiteres Argument gegen den nur kulturellen Einfluss dieses Unterschiedes spricht die Tatsache, dass bei allen Säugetieren, ja sogar bei Vögeln, Reptilien und Fischen, eine entsprechende „Geschlechterlücke“ nachzuweisen ist.<sup>10</sup>

Gehen wir von einer von Menschen konstruierten Kultur aus, so steht die kulturelle Entwicklung in einer direkten Abhängigkeit zur biologischen Identität. Dass unterschiedliche Kulturen nicht nur ein spezifisches Geschlechterverhalten bezüglich des biologischen Lebens, sondern auch des sozialen Lebens erkennen lassen, das dem Mann häufig eine aussenorientierte, gefahrenreiche, der Frau eine sicherere Rolle zuweist, unterstützt die These einer biologisch begründeten Verhaltensnorm. Diese These ist keineswegs neu, im Gegenteil,<sup>11</sup> doch darf das allein noch kein Grund sein, sie in toto zu verwerfen. Viel eher könnte die kritische Gegenüberstellung und die vorsichtige Zusammenführung biologischer und geisteswissenschaftlicher Erklärungsmuster ein wissenschaftliches Fundament bieten, auf dem sich eine fächerübergreifende, möglichst ideologiefreie Geschlechtergeschichte entfalten könnte.

#### Schwächen des historisch-statistischen Datenmaterials

Verschiedene Gründe sprechen gegen eine unbedarfte Verwendung statistischen Datenmaterials aus dem vorletzten Jahrhundert. Die Angaben zu den Ursachen der Todesfälle stammen aus den Totenscheinen, die das Eidgenössische Statistische Amt seit 1876 von den Kantonen einzog, in Tabellen zusammenstellte und herausgab. Die Zuverlässigkeit der Daten hing jedoch von verschiedenen Faktoren ab. Die Hauptverantwortung für das Zustandekommen des Todesursachenregister trugen die Ärzte. Sie hatten in den frühen 1870ern das Gesetz vorangetrieben, da die sich von einer zuverlässigen Todesursachenstatistik versprachen, wirksamer gegen einzelne Krankheiten vorgehen zu können. Nun allerdings verweigerten einige ihre Mithilfe. Wieso sollten sie sich um die Toten kümmern? Was sollte dieser Aufwand, nur um die Beamten in Bern, die verhassten Bürokraten zufriedenzustellen? Die ärztliche Aufgabe bestehe doch in der Behandlung der Lebenden, fand mancher überlastete Landarzt angesichts der vielen Kranken. Interessanterweise stossen wir auch hier auf einen kleinen Unterschied. Die Ärzte bescheinigten die Todesursachen von Männern häufiger als diejenigen von Frauen.<sup>12</sup> Bei Säuglingen und alten Menschen sahen diese Ärzte den Sinn einer Todesursachenangabe am allerwenigsten ein. Der Tod der Alten war ja eine natürliche Angelegenheit, sie starben sowieso. Ob hier nun das Herz zuerst stillstand oder die Lunge nicht mehr mitmachte – wen interessierte das. Der Säuglingstod gehörte ebenfalls zum Alltag. Ob nun Entzündungen, Magen-Darm-Katarrh oder allgemeine Lebensschwäche als Ursache im Totenschein stand, benannte letztlich doch nur die beobachtbaren Begleiterscheinungen des Todes

---

und die Todesfälle im Kindbett keine Seltenheit waren. Sommer, Walter: Beiträge zur Bevölkerungssterblichkeit. Historisch-vergleichende Studie auf Grund der Volksszählungsergebnisse in der Stadt Bern aus dem Jahre 1764. Diss. phil. II, Bern 1944, S. 97.

<sup>9</sup> Prinzing, Roland: Das Geheimnis des Alterns. Die programmierte Lebenszeit bei Mensch, Tier und Pflanze. Frankfurt / New York 1996, S. 270-273.

<sup>10</sup> Prinzing (1996), S. 260.

<sup>11</sup> Vgl. hierzu auch die in den frühen 1970er Jahren unter der Leitung von Wilhelm Bickel entstandenen Dissertation an der Rechts- und staatswissenschaftlichen Fakultät der Universität Zürich: Bucher, Anton: Die Übersterblichkeit des männlichen Geschlechts. Diss. Zürich 1972; Schaub, Ueli: Die Übersterblichkeit der Männer. Diss. Zürich 1971; Schwarzenbach, Hansruedi: Das Geschlechtsverhältnis der Geborenen - seine Schwankungen und Besonderheiten. Diss. Zürich 1972.

<sup>12</sup> EGT 1876-1900: Die Todesursachen, S. 13\*.



und gab keinen weiteren Aufschluss. Dazu kam, dass die verstorbenen Säuglinge in der Totenbescheinigungspraxis einen Sonderfall bildeten. Die Ärzte waren zwar seit 1876 verpflichtet, jeden Todesfall wenn immer möglich zu bescheinigen; in vier Kantonen, darunter auch der Kanton Zürich, sogar schon vorher. Das Gesetz kannte jedoch zwei Ausnahmen: die *gewaltsamen Todesfällen* wurden zuweilen von beigezogenen juristischen Fachpersonen bescheinigt, und die Totenscheine der Neugeborenen, die während der Geburt starben, füllte die beigezogene Hebamme aus. Die Nennung der Todesursache unterlag damit nicht nur der Motivation und dem Sprachgebrauch der Ärzte, sondern auch dem Ausbildungsgrad der Hebamme. Das Statistische Amt vereinheitlichte die unterschiedlichen Begrifflichkeiten unabhängig von der Herkunft der Angaben und veröffentlichte diese frühesten Schweizer Statistiken in den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts. Der „Ärztestreik“ wirkte sich auch noch auf spätere Todesursachenstatistiken aus. Den hartnäckigsten Widerstand führte das Wallis, gefolgt von anderen Gebirgskantonen mit geringer Ärztedichte. Trotz mehrfacher Aufrufe des Statistischen Amtes zu einer vermehrten Mitarbeit verfügten erst an der Wende zum 20. Jahrhundert über 95% der verstorbenen Schweizer Einwohner über einen Totenschein.<sup>13</sup>

Nebst der unvollständigen Datenlage stellt der damalige Stand des medizinischen Wissens aus heutiger Sicht einen zentralen Kritikpunkt dar. Einige Krankheiten waren gänzlich unbekannt, andere schwer zu diagnostizieren. Beispielsweise ergeben sich aus den gemeldeten Todesfällen an Tuberkulose und Lungenentzündung, dass die beiden Krankheiten häufig miteinander verwechselt wurden. Nahm im Laufe der Zeit die Todesursache *Lungenentzündung* ab, konnte demnach eine genauere Erfassung der Tuberkulose dahinter stehen. Das wiederum führte bei der Tuberkulose zu einer Steigerung der Sterbeziffer, ohne dass diese Krankheit wirklich mehr Opfer gefordert hätte. Entsprechendes lässt sich zum Alterstod sagen, der mit steigender Anzahl Totenscheine zunächst zunahm, um dann aufgrund der verbesserten Krankheitserfassung wieder abzusinken.

Auch die Klassifikation der Todesursachen im 19. Jahrhundert, so fortschrittlich sie für die damalige Zeit gewesen sein mag, darf auf unsere heutige Krankheitseinteilung nicht eins zu eins übertragen werden. Dazu ein Beispiel: Wassersucht, eine sehr häufig aufgeführte Todesursache, beschreibt lediglich ein Symptom. Auch wenn bereits zwischen Flüssigkeitsansammlungen im Bauchraum, in der Lunge, im Herz, in der Peripherie oder im Hirn unterschieden wurde, so können wir heute doch nur Vermutungen darüber anstellen, ob dem Tod eine Erkrankung der Niere, des Kreislaufes, des Stoffwechsels oder eine Infektion zugrunde lag.

Und dennoch stellte das Todesursachenregister eine gewaltige Modernisierung dar. Gerade die Infektionskrankheiten, die einen gewaltigen Teil der Todesursachen auf sich vereinten, wurden auch schon vor der Entdeckung der Mikroben den neuesten Theorien entsprechend gruppiert. Die meisten älteren Ärzte kannten dieses System nicht und teilten die Fieberkrankheiten noch der Humoralpathologie entsprechend in *fauliges*, *galliges*, *hektisches* oder *schleichendes Fieber* ein. Sie bekamen nun eine Nomenklatur vorgesetzt, die den internationalen Normen entsprach, ihnen aber kaum verständlich war. Auf diesem Hintergrund leuchtet es ein, dass sich die Beamten in Bern immer wieder beschwerten, die Ärzte würden irgendwelche lateinische Bezeichnung in die Totenscheine einsetzen, die dem Register nicht entsprachen. Andere gaben mehrere Todesursachen an, und zuweilen war es schlicht unmöglich, die Schrift überhaupt zu entziffern.

<sup>13</sup> EGT 1901-1920: Vorwort, S. 199\*.

Bei den ausgestellten Bescheinigungen macht sich übrigens wieder der „kleine Unterschied“ bemerkbar. In allen Altersgruppen ausser den über 70jährigen betrafen die nicht ausgewiesenen Totenscheine mehrheitlich verstorbene Mädchen und Frauen.

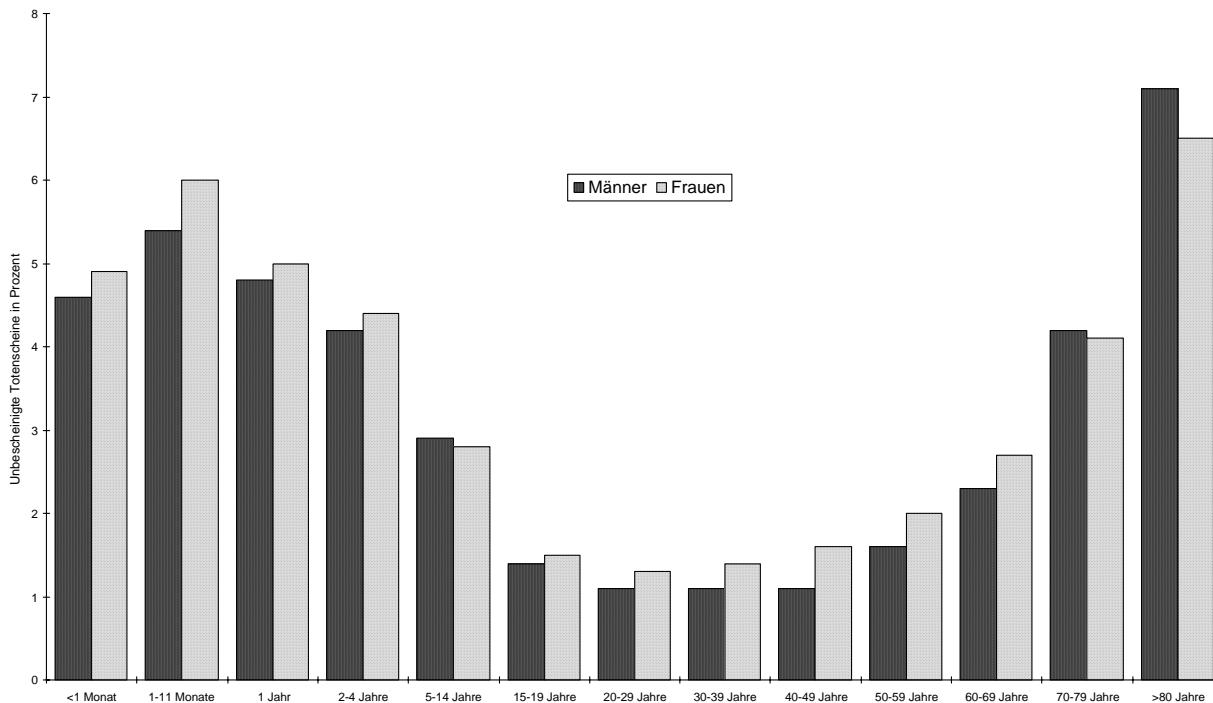


Abb. 2: Unbescheinigte Todesursachen nach Alter und Geschlecht (prozentual) 1900/1910  
 Quelle: EGT 1900-1910: Vorwort, S. 197\*-201\*

Im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts erregten die Krebstodesfälle die öffentliche Aufmerksamkeit, da sie in der Schweiz im Vergleich zu anderen Ländern ausserordentlich häufig auftraten. Doch zur Vorsicht, nicht vorschnell zu interpretieren, mahnte man bereits damals. Gerade die Beschäftigung mit der Krebsstatistik erfordert nämlich äusserste Sorgfalt. Vergleicht man die Jahrzehnte 1881-1890 und 1891-1900 miteinander, springt die enorme Zunahme der Krebstodesfälle ins Auge. Bei näherer Betrachtung zeigt sich jedoch deutlich, dass die ins Gewicht fallenden Jahrgänge alle über dem 50. Altersjahr liegen. In der obersten Altersklasse von 80jährigen und darüber nahm der Krebstod sogar um die Hälfte zu. Bei den jüngeren Krebsopfern blieb sich dagegen die Beteiligung weitgehend gleich.

Da Krebs vorwiegend im Alter vorkommt, steht sein vermehrtes Auftreten in Verbindung mit der längeren Lebensdauer bzw. der verminderten Sterblichkeit. Die bessere Erfassung der schwer diagnostizierbaren und die Abnahme der unbescheinigten Todesfälle in dieser Altersklasse waren ebenfalls von grosser Bedeutung.<sup>14</sup> Die örtliche Verteilung der Krebstodesfälle auf die Kantone unterstreicht diese Argumentation. Die geringsten Zahlen wiesen vor hundert Jahren die beiden Kantone Wallis und Graubünden aus, doch gerade sie standen mit der Anzahl bescheinigter Todesfälle weit unter dem gesamtschweizerischen Durchschnitt. Und wie zuverlässig konnte man damals Krebs überhaupt feststellen?

<sup>14</sup> Zum Streit über die echte oder vermeintliche Zunahme der Krebssterblichkeit vgl. auch Bickel, Wilhelm: Bevölkerungsgeschichte der Schweiz. Zürich 1947, S. 302-307.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Interpretation der Todesursachenstatistik erwuchs aus der fehlenden Anonymität. Bis 1890 wies der Totenschein neben der Todesursache immer auch den Namen aus. Starb jemand an einer Krankheit, die in der Öffentlichkeit geächtet war, bestürmten die Angehörigen mitunter den Arzt, diese Angaben nicht auf dem Totenschein zu vermerken. Zu diesen Todesursachen zählten insbesondere der Freitod, Geschlechtskrankheiten, aber auch Tuberkulose und Krebs. Auf Drängen der Ärzte hin führte das Statistische Amt die *anonyme Sterbekarte* ab 1891 probeweise in grösseren Gemeinden und ab 1901 gesamtschweizerisch ein. Die Anonymisierung bewirkte die signifikanteste Verbesserung bei der Meldung von Syphilis, wie das Statistische Amt betonte. Zwischen dem Jahrzehnt 1881/90 und 1891/1900 schnellten die Zahlen deutlich empor, in Zürich, dem „Sündenpfuhl“ mit der höchsten Zahl an gemeldeten Syphilisopfern, sogar auf mehr als das Doppelte.<sup>15</sup> Genauso könnte auch die steigende Anzahl von Krebsopfern durch die vermehrte Meldetätigkeit beeinflusst gewesen sein.

Die Diskussion um die Glaubwürdigkeit der ansteigenden Krebstodesfälle gehört keineswegs der Vergangenheit an. Sie wird heute geführt, wenn von der internationalen Krebsstatistik die Rede ist. Das Total der Krebstoten auf der ganzen Welt wächst Jahr für Jahr, doch darf man auch heute nicht unbedacht den Schluss ziehen, Krebs sei am Zunehmen. Die Weltbevölkerung und damit die Zahl der Sterbefälle wird immer grösser, die Menschen erreichen auch in armen Ländern ein höheres Alter,<sup>16</sup> was ihre „Chance“ vergrössert, an Krebs zu erkranken. Daneben sollte aber auch die verbesserte Diagnostik nicht vergessen werden, insbesondere in Ländern, die erst seit kurzem über eine einigermaßen moderne Gesundheitsversorgung und damit über eine verlässliche Todesursachenstatistik verfügen. In Grossbritannien, Belgien, Deutschland, Ungarn und der Schweiz weist die Krankheit Krebs eine Sterbeziffer von über 250 Sterbefälle pro 100 000 Einwohner auf, was direkt zur hohen Lebenserwartung korreliert.

#### Einige geschlechtstypische Todesursachen

##### **Krebs**

Krebs ist eine Sammelbezeichnung für verschiedene, letztlich noch ungeklärte Krankheiten oder Symptome, die ganz verschiedene Organe betreffen. Im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts machte der Magenkrebs mit über 40% die Hauptmasse aller Krebserkrankungen aus.<sup>17</sup> Der Magenkrebs kam überwiegend bei Männern vor. Ihm kommt heute nur noch eine marginale Bedeutung zu. Sein weitgehendes Verschwinden gilt als Zeichen des Wohlstands. Als Pendant, das wiederum in weitaus grösserer Masse die Männer tötet, taucht dafür mit wachsender Industrialisierung der Lungenkrebs auf. In den frühen 1950er Jahren rauchte in der Schweiz die Hälfte aller über 34jährigen Männer. Die entsprechend berechneten Vergleichsziffern zeigten eine um mehr als den Faktor 10 erhöhte Sterblichkeit an Bronchial- und Lungenkarzinom bei den männlichen Rauchern, während die Raucherinnen keine signifikant höheren Ziffern auswiesen. Die an Lungenkarzinom verstorbenen Raucherinnen wurden damals noch einzeln aufgeführt. Es handelte sich um sechs Hausfrauen, drei Serviertöchter, drei Büroangestellte, je eine Putzfrau, eine Rentnerin und schliesslich eine Bergbäuerin, die gerne Pfeife rauchte.<sup>18</sup> Heute steht unter den Krebsarten der Lungenkrebs weltweit an der Spitze,

<sup>15</sup> EGT 1876-1900: Die Todesursachen, S. 7\*-12\*.

<sup>16</sup> Lebenserwartung bei der Geburt 1950 im Vergleich mit 1990/1995 in: Mackay, Judith: Der Weltgesundheitsatlas. Bonn 1993, S. 20f.

<sup>17</sup> Historische Statistik der Schweiz. Ritzmann, Heiner (Hg.). Zürich 1996, S. 332f.

<sup>18</sup> Bevölkerungsbewegung in der Schweiz 1949-1956/57: Texte. Eidg. Stat. Amt (Hg.), Bern 1959, S. 117.

erst kürzlich hat er den Magenkrebs auf den zweiten Platz verdrängt.<sup>19</sup> Doch obschon die Raucherinnen gerade in den Ländern mit einer hohen Lungenkrebssterblichkeit wie beispielsweise der Schweiz gut vertreten sind, bestreiten sie hier doch nur knapp ein Fünftel dieser spezifischen Todesursache.<sup>20</sup>

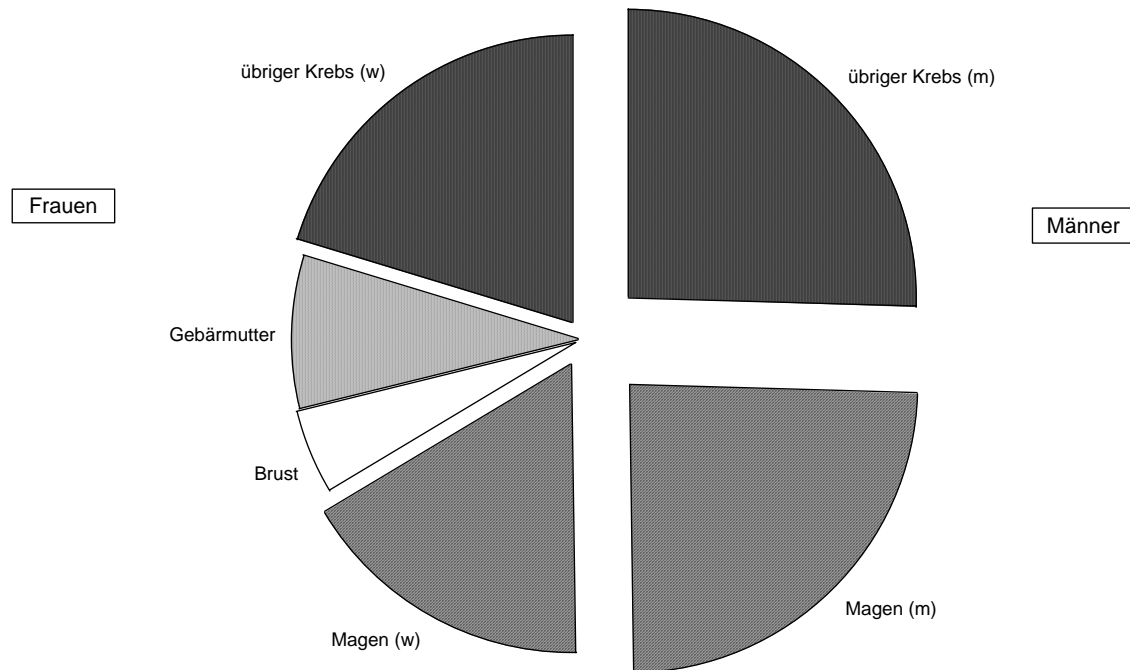


Abb. 3: Krebstodesfälle nach Geschlecht (1877/1900)  
Quelle: EGT 1876-1900: Die Todesursachen.

Brust- und Gebärmutterkrebs nahmen um 1890 die zweite Stelle unter den Krebstodesfällen ein. Sie bewirkten den Hauptverlust der Frauen, und durch sie kam auch die unterschiedliche Altersverteilung der Krebssterblichkeit von Männern und Frauen zustande. Während die totale Krebssterblichkeit kaum Differenzen aufwies, unterlagen die Frauen im Alter zwischen 30 und 50 einer höheren Krebssterblichkeit als die Männer. Der Brustkrebs der Frauen nahm seither bei aller kritischer Hinterfragung des bestehenden Datenmaterials deutlich zu.<sup>21</sup> Wenn sich nun die nikotinbedingte Häufigkeit des Lungenkrebses, die bislang noch vorwiegend beim männlichen Geschlecht ins Gewicht fällt, durch eine Verhaltensveränderung vermindern würde, so stellt sich die Frage, ob dann nicht die weiblichen Krebssterbefälle infolge Brust- und Gebärmutterkarzinomen die männlichen überragen würden, was sich markant in einer Verminderung des geschlechtsspezifischen Sterblichkeitsunterschieds auswirken müsste. Oder würde – analog dem Magenkrebs im 19. Jahrhundert – im 21. Jahrhundert wieder eine andere tödliche Krebsart vermehrt bei Männern auftreten?

<sup>19</sup> Mackay (1993), S. 108f.

<sup>20</sup> Vgl. z.B. Todesursachenstatistik. Tabellen 1992. Bundesamt für Statistik, Bern 1993.

<sup>21</sup> Belser, Yvette: Der Brustkrebs in der Schweiz: Zunahme und Hintergründe von 1876 bis zur Gegenwart. Zürich, Diss. med. 2000.

## Kindbettfieber

Eine ebenfalls rein biologisch an die Weiblichkeit geknüpfte Todesart stellen die Todesfälle während der Schwangerschaft und rund um die Geburt dar. Sie sind heute dramatische Einzelschicksale. In früheren Jahrhunderten jedoch galt jede Schwangerschaft als gefährliche Situation. Hatte die werdende Mutter in ihrer Kindheit unter Rachitis gelitten, konnte ihr verengtes Becken ein tödliches Hindernis für Mutter und Kind bedeuten. Da halfen weder Ärzte, Handwerkschirurgen noch Hebammen. Auch nach dem Aufkommen der Narkose führten geburtshilfliche Operationen häufig zum Tod. Das Kindbettfieber wütete in den Spitälern, die daher von Schwangeren wenn immer möglich gemieden wurden. In die Kliniken kamen vor allem unverheiratete Schwangere, die für die Geburt Zuflucht suchten. In der Zürcher Gebärklinik beispielsweise waren um 1860 von 200 Schwangeren nur 27 verheiratet. Eine regierungsrätliche Untersuchungskommission, die den Ursachen der hohen Sterblichkeit nachgehen sollte, berichtete damals über die Gebäranstalt, dass die Gebärstühle mit dicken Krusten bedeckt seien, die Plazenten in den vorbeifliessenden Wolfbach geworfen würden und in der Küche 25 Meerschweinchen, 3 Kaninchen und ein Hase hausten.<sup>22</sup>

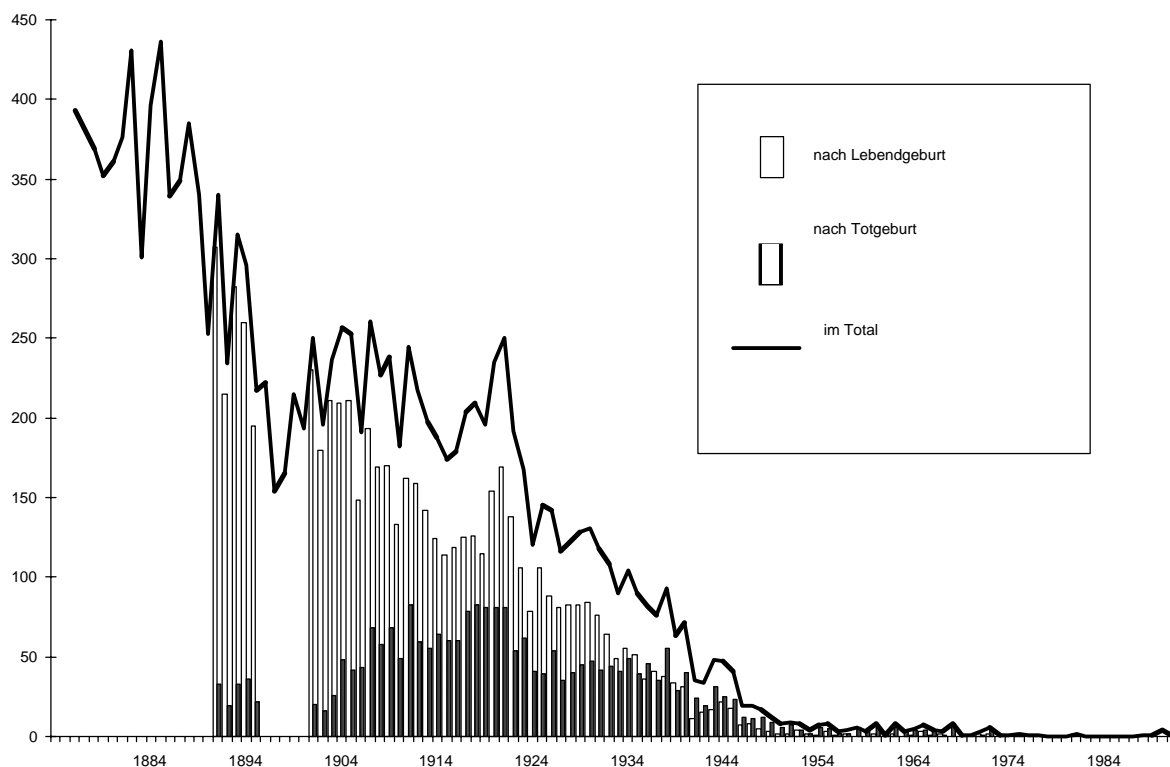


Abb. 4: Sterbefälle im Kindbett (1876-1990).  
Quelle: Historische Statistik der Schweiz, S. 316f.

Noch 1876 starben in der Schweiz jährlich 400 Frauen am Kindbettfieber. Doch gerade diese gefürchtete Krankheit war schliesslich massgeblich am Rückgang der Sterblichkeit junger Frauen beteiligt. Im Vergleich zu den 1880er Jahren nahm es im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts um mehr als die Hälfte ab. Vermutlich kam der Rückgang durch die besseren

<sup>22</sup> Anderes, Ernst: Geschichte der kantonalen Frauenklinik. In: Zürcher Spitalgeschichte, Band 2, Zürich 1951, S. 281-321, darin zum Puerperalfieber S. 303-316, hier: 311.

sanitarischen Verhältnisse, die vermehrte Pflege und das Aufkommen der Desinfektion bei der normalerweise üblichen Hausgeburt wie bei der langsam immer häufiger werdenden Spitalgeburt zustande. Die Annahme indessen, dass erst der Rückgang der Sterblichkeit während der Geburt und im Kindbett die längere Lebenserwartung der Frauen ermöglicht habe, kann unter Einbezug historischer Statistiken nicht bestätigt werden.

### **Unfalltod**

Zwischen 1876 und 1900 starb jahraus, jahrein jeder fünfundzwanzigste eines Todes infolge äusserer Gewalt. Die gewaltsamen Todesfälle kamen zu knapp 70 % durch Unfälle zustande, zu gut einem Viertel durch Freitod und zu dreieinhalb Prozent durch strafbare Handlungen, also Mord und Totschlag. Besonders eindrücklich ist das Phänomen der Konstanz dieser Zahlen. Wären nicht gerade diese Todesfälle vermeidbar gewesen? Wieso summieren sich diese völlig individuellen Schicksale regelmässig zu einem vergleichbarem Total? Besonders deutlich springt auch hier der kleine Unterschied ins Auge. Die Geschlechterverteilung sieht in jeder Altersstufe für die Frauen viel positiver aus; gesamthaft fielen vor 100 Jahren vier Fünftel der gewaltsamen Todesfälle auf das männliche Geschlecht.<sup>23</sup> Heute haben sich die weiblichen Unfallopfer den männlichen angeglichen. Daran sind aber sehr wohl auch die Männer beteiligt, hat sich doch die Zahl der tödlichen Unfälle bei den Männern um ca. 40% vermindert.<sup>24</sup>

Obwohl ein Unfall aus einer meist vermeidbaren, ausgesprochen individuellen Situation entsteht, treten Unfälle regelmässig auf, weisen eine jährlich nur gering variierende Anzahl auf und verteilen sich in stets entsprechender Weise auf Alter und Geschlecht. In allen Altersgruppen sind die Männer bedeutend mehr betroffen als die Frauen. Einen grossen Anteil der Unfallopfer fand sich unter den 1-5jährigen,<sup>25</sup> wohl ein Zeichen unzulänglicher Beaufsichtigung, das sich bis heute glücklicherweise ganz verloren hat. Geblieben ist dagegen der Geschlechterunterschied: Nach wie vor sind Knaben viel häufiger von tödlichen Unfällen betroffen als Mädchen.<sup>26</sup> Will man von der biologischen Konstante absehen, kommt hier entweder ein vom Geschlecht des Kindes bestimmtes elterliches Verhaltensmuster in Frage, oder aber Knaben und Mädchen üben ihr Rollenverhalten schon im zartesten Alter ein. Die erhöhte Gefährdung der männlichen Kinder findet sich sogar schon bei Säuglingen wieder, obwohl man eher annimmt, dass sich eine Mutter einem männlichen Säugling mehr zuwendet als einem weiblichen. 1992 beispielsweise starben 17 Säuglinge infolge von Unfällen, 13 davon waren Knaben.<sup>27</sup> Hier drängt sich die Annahme einer angeborenen Verschiedenheit auf, die sich in einem unterschiedlichen Verhalten ausdrücken kann.

Vor hundert Jahren machten die Kinder regelmässig ein Viertel der Unfallopfer aus. Von diesen wiederum erkrankte ein Drittel, doch kam die hohe Zahl vorwiegend durch die Knaben zustande, eine Tatsache, die sich bis heute nachvollziehen lässt.<sup>28</sup> Die Mädchen erlagen dagegen vor allem Verbrennungen. Das häufige Auftreten des Verbrennungstods bei Mädchen, das sich aber auch bei erwachsenen Frauen findet, erklärte das Statistische Amt mit der weibli

---

<sup>23</sup> EGT 1891-1900: Die Todesursachen, S. 64\*.

<sup>24</sup> Historische Statistik (1996), S. 334f.

<sup>25</sup> EGT 1871-1890: Die Todesursachen, S. 12f.

<sup>26</sup> Todesursachenstatistik (1992), S. 19.

<sup>27</sup> Todesursachenstatistik (1992), S. 23f.

<sup>28</sup> Todesursachenstatistik (1992), S. 19.

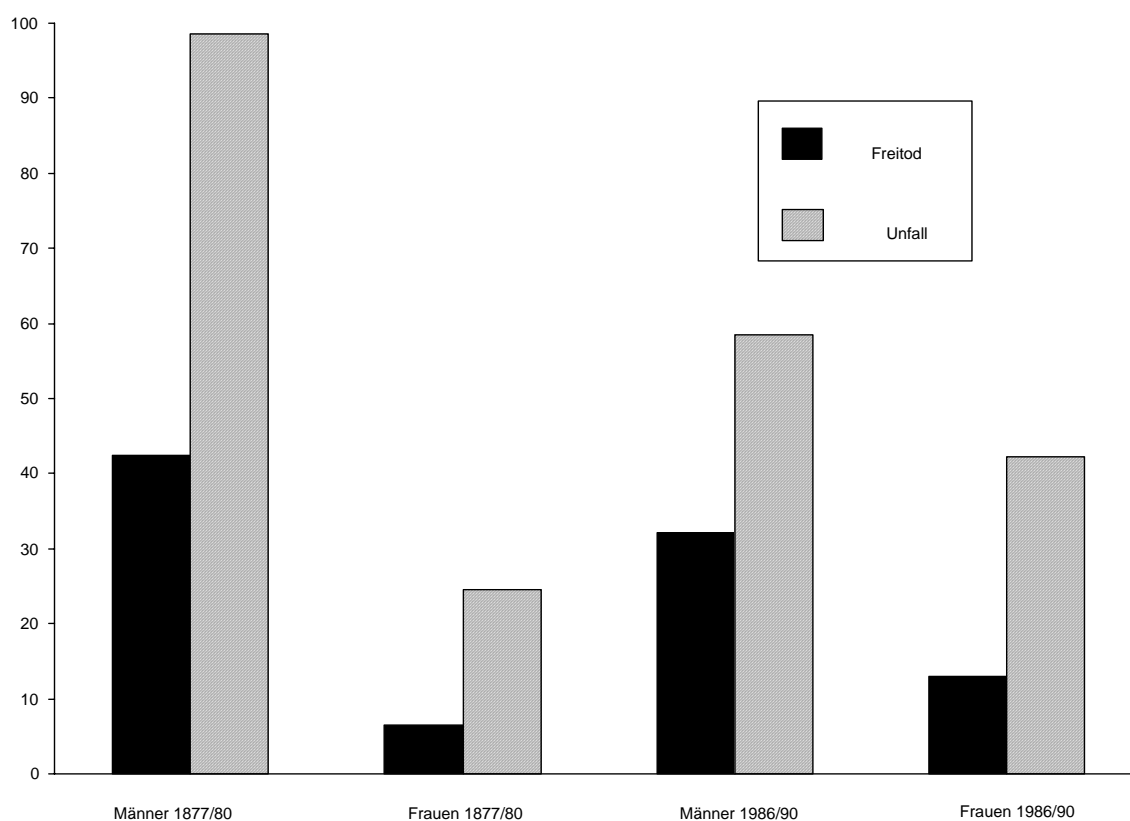


Abb. 5: Sterblichkeit nach Geschlecht infolge Unfall und Freitod (1877/80 und 1986/90).  
Quelle: Historische Statistik der Schweiz

chen Kleidung und der Art der Beschäftigung.<sup>29</sup> Möglicherweise traf diese Vermutung den Nagel auf den Kopf. Heutzutage tragen Mädchen ähnliche Kleidung wie Knaben, und der Geschlechterunterschied beim Verbrennungstod hat sich sogar ganz zu Ungunsten der Knaben entwickelt.<sup>30</sup> Das monatliche Vorkommen der Unfälle zeigte in den Sommermonaten Juli und August sein Maximum. Zu dieser Zeit häuften sich risikoreiche Beschäftigungen der Männer, insbesondere die Feldarbeit, die Obsternte oder die Bautätigkeit, aber auch Bade- und Reiseunfälle fielen besonders häufig in die Sommermonate.

### Freitod

Die Todesfälle durch Freitod zeigen besonders eindruckliche Unterschiede zwischen den Geschlechtern auf. Offensichtlich starben im 19. Jahrhundert sechs- bis siebenmal mehr Männer als Frauen durch eigenen Willen, was sich vor allem in den Altersgruppen zwischen 20 und 40 stark auswirkt. Die ebenfalls diese Altersgruppe prozentual besonders benachteiligende hohe Zahl an Unfallopfern scheint dabei mit der hohen Selbsttötungsrate zusammen zu hängen. Wie bewusst wird ein Risiko eines tödlichen Unfalls von Männern in Kauf genommen? Wie sehr spielt schon bei der Inkaufnahme eines erhöhten Gefahrenpotentials eine Geringschätzung des eigenen Lebens mit? Das Verhältnis zwischen Selbsttötungsversuch und geglücktem Freitod, das in der reinen Todesursachenstatistik gar nicht auftaucht, kann weiter-

<sup>29</sup> EGT 1891-1900, S. 82\*.

<sup>30</sup> Todesursachenstatistik (1992), S. 19.

führende Hinweise erteilen. Frauen begehen viel mehr Selbsttötungsversuche, die keinen tödlichen Ausgang nehmen.<sup>31</sup> Der appellative Charakter eines missglückten Versuchs könnte sehr wohl auf ein geschlechtsabhängiges Sozialverhalten hindeuten. Wie andere risikoreiche Tätigkeiten scheinen Männer auch den Selbsttötungsversuch mit einem höheren Selbstgefährdungswillen durchzuführen als Frauen. Die Regelmässigkeit, mit der dieses Phänomen auftritt, lässt genauso auf gesamtkulturelle wie auf biologische Faktoren schliessen, die sich gegenseitig freilich auch verstärken können.

Sogar in der Altersverteilung herrscht Jahr für Jahr eine auffallende Regelmässigkeit. In der jüngsten Altersgruppe machte die Freitodquote der Frauen Ende des 19. Jahrhunderts beinahe die Hälfte derjenigen der Männer aus. In allen andern Altersstufen begingen die Frauen jedoch nur 11 bis 26 % aller Selbsttötungen. Das Statistische Büro stellte die Frage, ob wohl die Ursache der Selbsttötungsneigung junger Frauen in deren sexuellen Verhältnissen, zum Beispiel aussereheliche Schwängerungen oder unglückliche Liebesgeschichten, liegen mag.<sup>32</sup> Es zeigte sich indessen, dass diese Neigung nur im Verhältnis zu den Selbsttötungen der gleichaltrigen Männer eine Konstanz aufweist. Insgesamt verzeichnen die Frauen in den 1950ern die höchste Freitodquote, die allerdings immer noch gut zwei Drittel unter derjenigen der Männer liegt.<sup>33</sup> Inzwischen hat sich der Geschlechterunterschied weiter verringert. In den Jahren 1991/1992 belief sich die Gesamtzahl der weiblichen Todesfälle infolge von Freitod auf mehr als ein Drittel der männlichen. Allerdings kommt diese starke Zunahme vor allem durch die hohe Beteiligung der älteren Frauen zustande.<sup>34</sup>

Die beiden dokumentierten Erhebungen aus 1940/43 und 1949/52 differenzierten zusätzlich nach der Religion. Angesichts der Shoa und dem damit verbundenen unermesslichen Leid erstaunt es nicht, dass die Zählung unter den Juden eine überaus hohe Selbsttötungsquote nachwies. Darüber hinaus aber fällt eine zunehmende Angleichung der Selbsttötungen von jüdischen Frauen an diejenige von jüdischen Männern auf. In den frühen 1940er Jahren war das Verhältnis noch zwei Männer zu etwas mehr als einer Frau, um 1950 jedoch schon vier Männer zu drei Frauen.<sup>35</sup> Eine Erklärung für dieses Phänomen könnte in der von der Geschlechterrolle unabhängigen, belastenden Situation der jüdischen Bevölkerung in der Schweiz liegen, die langsam erst vom Ausmass der Shoa erfuhr, das eigene Überleben teilweise als unverdienten Zufall empfand und zugleich in einer nach wie vor antisemitisch geprägten Umgebung lebten.

Auch der Zivilstand beeinflusst die Freitodhäufigkeit bis auf den heutigen Tag. Ausser bei den über 60jährigen Frauen kommt der Freitod bei allen Altersstufen beider Geschlechter am seltensten unter den Verheirateten vor. Und bei dieser einen Ausnahme fragte sich das Statistische Büro bereits vor 100 Jahren, ob die niedrige Freitodziffer ihren Grund „in der Eigentümlichkeit dieses Zivilstandes hat oder in der Kleinheit der Zahlen liegt“.<sup>36</sup> Die Ehe scheint also eine selbsttötungsverhindernde Wirkung auszuüben, womöglich durch die Verantwortung, die sie mit sich bringt. Über die genaueren sozialen Verhältnisse liegen keine Zahlen vor. Unter den ledigen Frauen, die Freitod begingen, stellte eine Untersuchung in den 1930er

---

<sup>31</sup> Le suicide et al tentative de suicide. Bureau fédérale statistique (Hg.). Bern 1971, S. 28.

<sup>32</sup> EGT 1891-1900: Die Todesursachen, S. 69\*.

<sup>33</sup> Bevölkerungsbewegung in der Schweiz (1949-1956/57). Statistische Quellenwerke der Schweiz, Heft 275. Bern 1959, S. 180f.

<sup>34</sup> TU-Statistik 1992, S. 19.

<sup>35</sup> Bevölkerungsbewegung (1949-1956/57), S. 181.

<sup>36</sup> EGT 1891-1900: Die Todesursachen, S. 69\*.



Jahren eine Übervertretung Schwangerer fest. Diese Beobachtung passt zur häufig an ausser-ehelich Geborenen durchgeführten Kindstötung, wie das Statistische Amt bemerkte.<sup>37</sup> Den Hintergrund hierfür wird freilich die nach wie vor schwerwiegende soziale Ächtung der betroffenen Frauen gebildet haben.

In der Wahl der Freitodmittel unterschieden sich die Männer deutlich von den Frauen. Ein Vergleich zwischen den letzten beiden Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts zeigt übereinstimmend, dass sich fast die Hälfte der männlichen Betroffenen erhängte, etwas weniger als ein Viertel erschoss und knapp ein Fünftel ertränkte. Die Frauen dagegen wählten zu beinahe 50 Prozent den Gang ins Wasser, ein Viertel griff zum Strick und von den restlichen Selbsttötungsarten nimmt die Vergiftung mit acht Prozent noch den grössten Raum ein. Unter dem Blickwinkel des Alters zur Zeit des Freitods zeigen sich beim männlichen Geschlecht deutliche Präferenzen einzelner Altersgruppen zu bestimmten Selbsttötungsarten. Die Schusswaffe wurde besonders häufig von 20- bis 30jährigen Männern angewandt. Mit steigendem Alter wuchsen die männlichen Anteile des Freitodes durch Strick und Wasser. Die Frauen ertränken sich dagegen in jeder Altersklasse gleich oft. Gehäuft, und nach Waldstein „von der Schönheit und Romantik des Sterbens beseelt“, greifen jüngere Frauen zur Gifflasche,<sup>38</sup> während der Jüngling „mit Vorliebe das ihm eigene Kampf- und Verteidigungsmittel wählt“.<sup>39</sup> Eine Aufstellung der 1960er Jahre zeigt, dass trotz einiger Veränderungen in der Wahl der Tötungsmittel eindeutige Geschlechterunterschiede ins Auge springen. Seit den ausgehenden 1870er Jahren bis zum Jahr 1966 stieg beispielsweise der Gebrauch der Feuerwaffen bei den Männern von 18.8 auf über 25 % an, während der Vergleichswert bei den Frauen von 2.3 weiter auf 1.8 % sank. Beide Geschlechter griffen zwar nun häufiger zum Gift, doch während sich statt der ehemaligen 2.3% nun 8.3% der Männer vergifteten, schoss der Anteil bei den Frauen von 7.8 auf 25.8 % an.<sup>40</sup>

Die Berufszugehörigkeit beeinflusst ebenfalls die Entscheidung der Männer, welches Mittel sie ergreifen. So nahmen sich zwischen 1891 und 1900 61 von 100 Zimmerleuten durch Erhängen das Leben, indes nur 16 von 100 Verwaltungsbeamten, von denen sich jedoch 59 durch die Schusswaffe entleibten. Oft griffen auch die Metzger zur Schusswaffe, während sich die im Strassenbau Tätigen überdurchschnittlich häufig ertränkten.<sup>41</sup> Bereits 1903 bemerkt das Statistische Amt, dass ein auf eine bestimmte Art verübter Freitod von anderen Lebensmüden nachgeahmt werden kann, insbesondere wenn er beispielsweise durch Zeitungsberichte bekannt gemacht wurde.<sup>42</sup> Die auffallend konstanten Freitodzahlen legen indessen nahe, dass diese Wirkung lediglich auf die Wahl der Mittel beschränkt bleibt. Der Entschluss an sich kommt nicht durch Nachahmung zustande.

Eine grosse ursächliche Rolle scheint vor hundert Jahren der Alkohol gespielt zu haben, der bekanntlich bei den Männern häufiger auftritt. Über ein Viertel aller Selbsttötungen standen zum Alkohol im direkten Bezug. Die Schweiz gehörte zu den Ländern mit dem höchsten Alkoholkonsum pro Kopf und verfügte über entsprechend hohe Trinkerquoten in den Irrenan-

<sup>37</sup> Bevölkerungsbewegung (1949-1956/57), S. 182-184.

<sup>38</sup> EGT 1891-1900: Die Todesursachen, S. 71\*.

<sup>39</sup> Waldstein, Erich: Der Selbstmord in der Schweiz. Eine vergleichende sozial-statistische Untersuchung. Basel 1934, S. 200f.

<sup>40</sup> Le suicide et la tentative suicide. Bureau fédéral de statistique (Hg.), Berne 1971, S. 38.

<sup>41</sup> EGT 1891-1900: Die Todesursachen, S. 75\*.

<sup>42</sup> EGT 1871-1890: Die Todesursachen, S. 55\*.

stalten.<sup>43</sup> Obschon die Meldungen über einen bestehenden Alkoholismus auf dem Totenschein in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts zurückgingen, belegte eine grossangelegte Sektionsstudie in einem Drittel der Leichen Anzeichen eines schweren Alkoholmissbrauchs.<sup>44</sup>

Die Frage nach dem sehr auffälligen kleinen Unterschied drängt sich natürlich auch für die Motivation auf. Leider ist die Motivationsstatistik, die 1934 Waldstein publizierte, unvollständig, nicht überprüfbar und umfasst nur einen Teil der Selbsttötungen. Ausserdem ist die Bezeichnung „Geisteskrankheit“ als Ursache von Freitod kaum anwendbar. Beispielsweise fallen unter diese Kategorie *religiöse und politische Schwärmerei*, eine Beurteilung also, die weit entfernt von objektiven Kriterien liegt. Die nur bedingt zuverlässige Teilauswertung listet bei Männern, neben Alkohol und Geisteskrankheit, körperliche Leiden, Armut, Trauer, Angst und Gewissensbisse auf. Unglückliche Liebe und Eifersucht sowie die Folgen ausser-ehelichen Geschlechtsverkehrs trieben dagegen häufig Frauen in den Tod. Dagegen kommt die Frau mit körperlichen Leiden eher zurecht. Waldstein fasst seine These so zusammen: „beim Weib herrschen die Leidenschaften, beim Manne die ökonomischen Sorgen“ vor.<sup>45</sup> Die aufgrund der Totenscheine gewonnenen Erkenntnisse über Nebenerkrankungen ergeben jedoch ein anderes Bild: ein Drittel der Männer und nahezu die Hälfte der Frauen, die sich zwischen 1942 und 1950 das Leben nahmen, litten an einer Krankheit des Nervensystems oder der Sinnesorgane, aber auch Krebs und Tuberkulose konnten oftmals ausgemacht werden.<sup>46</sup> Krankheit beeinflusste demzufolge den Entschluss, sich das Leben zu nehmen, bei Frauen besonders häufig. Als weitere Auffälligkeit der weiblichen Selbsttötungen bildete sich im Verlauf der 1930er Jahre eine Verdoppelung der Frequenz in grossstädtischen Gemeinden heraus, während bei den Männern keine grossen Veränderung auftraten.<sup>47</sup>

### **Altersabgestufte Sterblichkeit in den letzten hundert Jahren**

Die altersgestufte Sterblichkeitskurve zeigt den Rückgang der jüngsten und mittleren Altersstufen im Verlauf der letzten hundert Jahre. Nach wie vor besteht jedoch bei den 20- bis 40jährigen Männern ein gewisser Buckel in der Kurve, der auf die erhöhte Sterblichkeit durch äussere Gewalt, vor allem durch Unfälle und Freitod, zustande kommt. Diese ehemals bei Frauen ebenfalls sichtbare Erhöhung rundete sich indessen im Laufe der Jahrzehnte weitgehend ab. Die verminderte Sterblichkeit während der Geburt und dem Wochenbett trägt hierfür wohl die hauptsächliche Verantwortung. Die verbleibenden geschlechtsspezifischen Todesfälle dieser Altersgruppe kommen vorwiegend durch die Sterblichkeit an Gebärmutter- und Brustkrebs zustande.

Im hohen Alter unterscheiden sich die Todesursachen ebenfalls deutlich. Die höhere Lebenserwartung des weiblichen Geschlechts kommt in dieser Hauptsterbegruppe vor allem durch die weniger hohen Krebstodesraten, den erst spät einsetzenden Tod durch Herzkreislaufkrankungen und die auch in dieser Gruppe seltener durchgeführten Selbsttötungen zustande. Die Absterbeordnung der Frauen verläuft insgesamt viel steiler im höheren Alter, da viele Frauen ein hohes Sterbealter erreichen – die Verteilung der weiblichen Todesfälle zeigt demnach eine weniger grosse Streuung.

---

<sup>43</sup> Waldstein (1934), S. 211-215. Vgl. auch die fehlgeschlagenen Versuche in den Jahren 1951-1961: *Le suicide* (1971), S. 19.

<sup>44</sup> Bevölkerungsbewegung (1949-1956/57), S. 187.

<sup>45</sup> Waldstein (1934), S. 216.

<sup>46</sup> Bevölkerungsbewegung (1949-1956/57), S. 185.

<sup>47</sup> Bevölkerungsbewegung (1949-1956/57), S. 190.

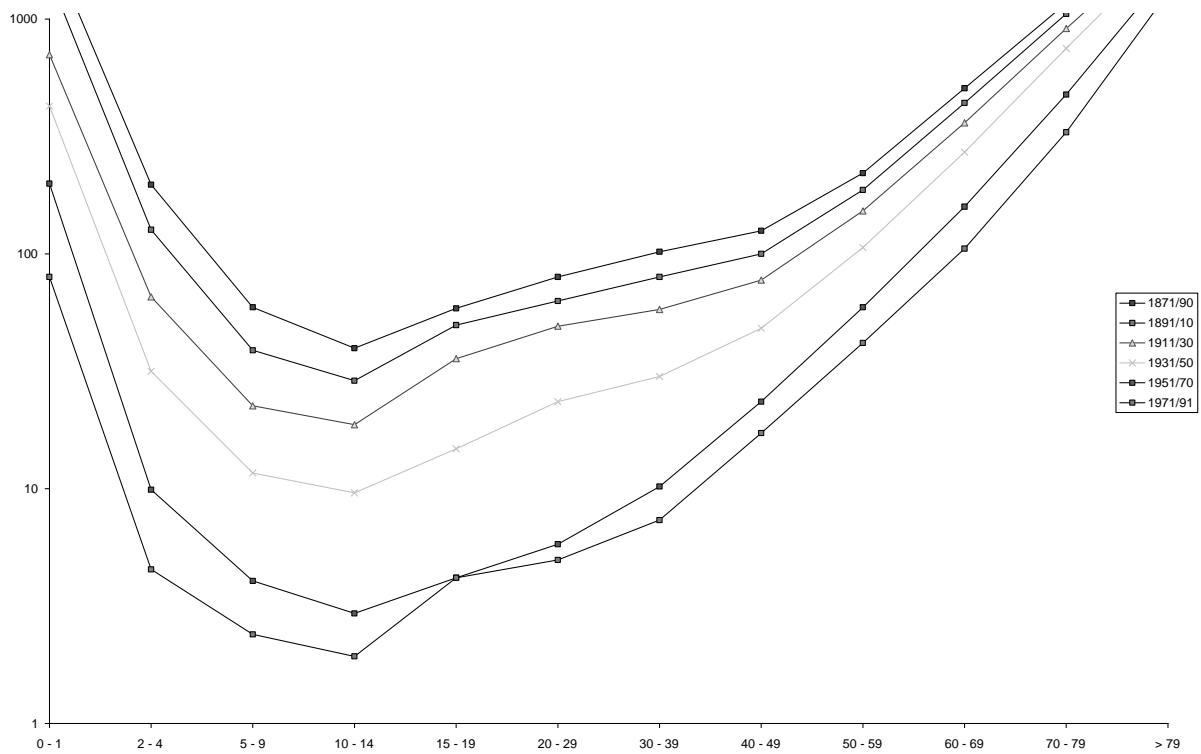


Abb. 6a: Altersabgestufte Sterblichkeit der Frauen (1871/91 bis 1971/91), halblogarithmische Darstellung.

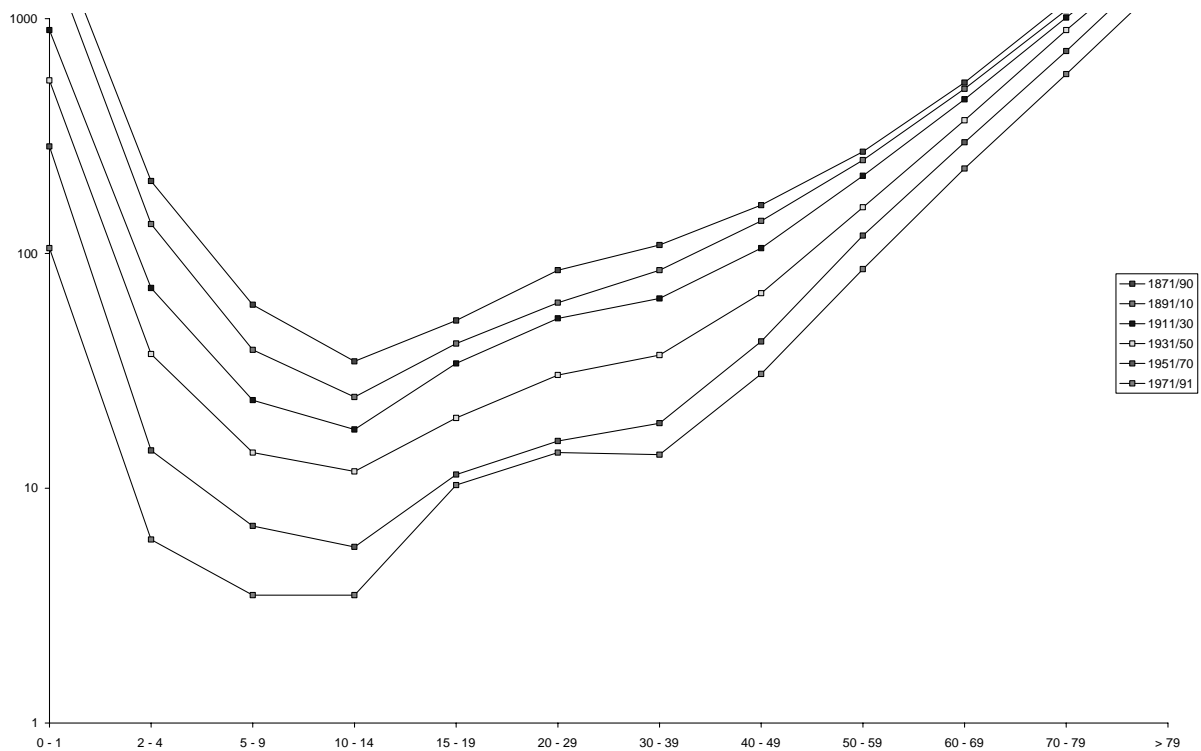


Abb. 6b: Altersabgestufte Sterblichkeit der Männer (1871/91 bis 1971/91), halblogarithmische Darstellung.

Quelle: Historische Statistik der Schweiz, S. 286.

### Der vorgeburtliche Geschlechtseinfluss

Wie bei den gewaltsamen Todesfällen, so tritt auch bei den Herz-Kreislaufkrankungen, die als Stresskrankheiten gelten, die Übersterblichkeit der jungen Männer deutlich hervor. Diskutiert werden in diesem Zusammenhang Nachteile des männlichen Rollenverhaltens, das mit der typisch männlichen Ausrichtung auf Karriere, Ansehen und Geld umschrieben wird und der als typisch weiblich charakterisierten Emotionalität gegenübergestellt wird. Männer sollten sich daher an den Frauen ein Vorbild nehmen, um ihrer gesundheitsabträglichen Rolle entschlüpfen zu können. Das kann jedoch nur geschehen, wenn die Rollenverteilung nicht auf biologischen, sondern auf kulturellen und daher veränderbaren Gegebenheiten beruht. Die Gegenprobe beinhaltet die Betrachtung der Sterblichkeit ohne äusseren geschlechtsbezogenen Einfluss. Völlig ausschliessen kann man diese Grösse eigentlich nur bei den Totgeburten in den Zeiten vor der pränatalen Geschlechtsbestimmung.

Bekanntlich herrscht weltweit und fast in allen Ländern ein Frauenüberschuss. Es klingt daher erstaunlich, dass regelmässig mehr Knaben als Mädchen geboren werden. Bei uns verhalten sich die männlichen zu den weiblichen Neugeborenen wie 105,5 zu 100. Diese Beobachtung ist indessen nicht neu. Bereits 1662 wies der politische Arithmetiker John Graunt in London darauf hin, dass bei den Geburten ein Knabenüberschuss bestehe.<sup>48</sup> Süßmilch bestätigte 100 Jahre später diese Beobachtung.<sup>49</sup> In einer umfangreichen Gegenüberstellung verschiedener Geburtsstatistiken wies er nach, dass bei grösseren Kohorten immer das Verhältnis von etwa 105 männlichen Geburten zu 100 weiblichen resultiert.

Am deutlichsten kann der kulturelle oder verhaltensbedingte Unterschied der Geschlechter dort ausgeschlossen werden, wo er gar nicht in Erscheinung treten konnte. Dies ist wohl unbestritten bei den Totgeborenen der Fall. Wenn bisher gefolgert wurde, dass also mehr Knaben als Mädchen erzeugt würden, so wies Christoph Bernoulli 1841 erstmals darauf hin, dass das Geschlechterverhältnis bei den Zeugungen und den Geburten auseinandergehalten werden müsse. Er bezog die Totgeburten mit ein. Damals kamen auf 100 totgeborene Mädchen 135 Knaben tot zur Welt. Unter Einbezug der Totgeburten erreichte das Verhältnis der Zeugungen folglich einen weitaus signifikanteren Wert. Heute nimmt man von unterschiedlichen Zahlen aus, die aber eine Übervertretung von Y-haltigen Spermien bei der Befruchtung feststellen.<sup>50</sup>

Dazu noch ein bemerkenswertes Detail: Der auffällige Unterschied bei den Geburten bestand bei den ausserehelichen Geburten nur in ganz geringem Mass. Wurden also in der Ehe mehr Knaben gezeugt als in unverheirateten Partnerschaften? Wie sonst könnte diese Abweichung zustande kommen? Bernoulli erklärt diese Beobachtung damit, dass weit weniger aussereheli-

---

<sup>48</sup> Graunt, John: *Natural and Political Observations upon the Bills of Mortality in the City of London*, London 1662, S. 38. Zit. in Schwarzenbach (1972), S. 1f.

<sup>49</sup> Süßmilch (1761-1765), 2. Teil, S. 241-284, hier vor allem § 423: S. 267-269. Zu Süßmilch vgl. z.B. Bächtiger, Josef: *Untersuchungen über die Ursachen der Sterblichkeit und des Sterblichkeitsrückganges in der Schweiz seit 1870*. Diss. Zürich 1950, S. 21-28.

<sup>50</sup> Prinzing (1996), S. 257, nimmt ein Verhältnis von 120 männlichen zu 100 weiblichen Embryonen bei der Befruchtung an. Schwarzenbach (1972), S. 184-193, führt verschiedene biologische Theorien zur Frage der menschlichen Sexualproportion an. Als Resultat unterstehe das Geschlechterverhältnis im Ejakulat verschiedenen Einflussgrössen, zum Beispiel der Häufigkeit des Geschlechtsverkehrs, dem Zeitpunkt der Befruchtung in Relation zum Eisprung, dem Säuregehalt des Scheidenmilieus oder psychischen Faktoren, die einen sogenannten *violenten Eisprung* auszulösen vermögen. In der Samenflüssigkeit treten die *Androspermien* zwar durchschnittlich doppelt so häufig auf als die *Gynospermien*, doch kann daraus nicht einfach das Verhältnis der Konzeptionen abgeleitet werden.

che Kinder ausgetragen würden. Die ledigen Mütter verlieren den sozialen Umständen entsprechend gewollt oder ungewollt ihre Kinder häufiger. Da die männlichen Embryonen zwar in der Überzahl vorhanden sind, jedoch weniger Widerstandskraft aufweisen, könnte dies erklären, wieso sich das Geschlechterverhältnis bei den ausserehelichen Geburten angleicht. Ganz beiläufig fügt Bernoulli an, „dass überdiess Knaben eher als Mädchen der Einregistrierung als uneheliche entgehen.“<sup>51</sup> Obschon weitere Ausführungen fehlen, ist anzunehmen, dass eine Knabengeburt den Kindsvater eher dazu motivierte, die Vaterschaft und damit die Verbindung zur Kindsmutter anzuerkennen. Er fand sich dann eher bereit, die Frau zu heiraten, bevor die Geburt als „unehelich“ eingetragen wurde.

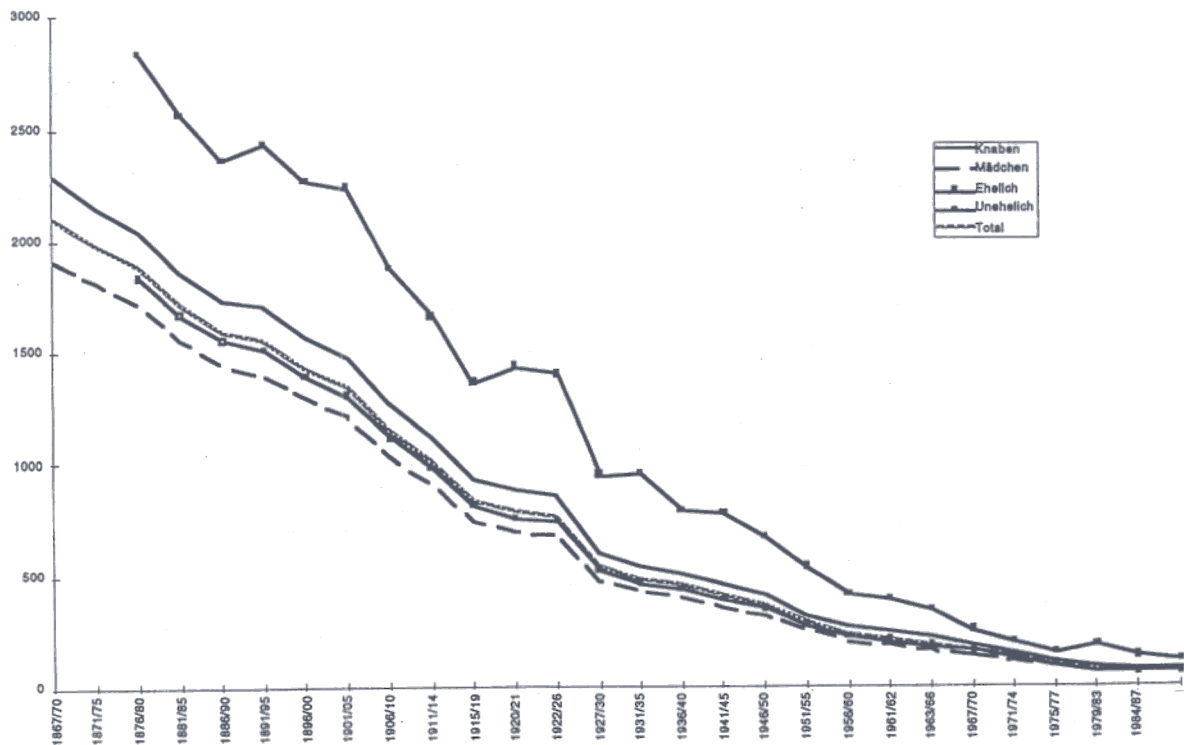


Abb. 7: Säuglingssterblichkeit nach mütterlichem Zivilstand 1876/80 bis 1986/91.  
Quelle: Historische Statistik der Schweiz, S. 254f.

Noch vor hundert Jahren stach dieser zu geringe kleine Unterschied bei den ausserehelichen Geburten hervor, obschon zu jener Zeit die Registrierung gar keine nachträgliche Veränderung des mütterlichen Zivilstandes mehr erlaubte. Die Möglichkeit, Knaben zwischen Geburt und Eintragung durch die Heirat der Mutter als ehelich anzuerkennen, entfällt damit als Erklärung. Indessen könnte die zu geringe Zahl männlicher Lebendgeburten unter den ausserehelichen Kindern auf die erschwerten Schwangerschaftsbedingungen lediger Mütter hinweisen. Für diese These spricht auch die zunehmende Angleichung der geschlechtlichen Verhältnisse ausserehelicher Geburten an dasjenige ehelicher im Laufe des 20. Jahrhunderts.<sup>52</sup> Obwohl

<sup>51</sup> Bernoulli, Christoph: Handbuch der Populationistik. Ulm 1841, S. 142. Vgl. auch: Schwarzenbach (1972), S. 2.

<sup>52</sup> Schwarzenbach, S. 129.

werdende Eltern in der Schweiz immer noch normalerweise heiraten,<sup>53</sup> so hat die Situation unverheirateter Schwangeren in den letzten hundert Jahren dennoch einiges an Erleichterungen erfahren. Indessen überragt die aussereheliche Säuglingssterblichkeit bis heute die eheliche deutlich.

Im Verlauf des 19. Jahrhunderts profitierten indessen gerade die jüngsten Bevölkerungsanteile von sozialen, hygienischen und medizinischen Verbesserungen. Seit den 1870er Jahren haben sich die Totgeburten bis heute auf weniger als ein Zehntel des ursprünglichen Wertes reduziert. Der kleine Unterschied hat sich ebenfalls verringert: 1870 kamen 1600 Mädchen gegenüber 2200 Knaben tot zur Welt, was einem Verhältnis von etwa 1 : 1,8 entspricht. Im Jahresdurchschnitt 1988/1991 zählte man 155 weibliche gegenüber 193 männlichen Totgeburten: Das Verhältnis hat sich also auf 1 : 1,2 angeglichen. Überleben demnach heute mehr männliche Kinder?

### **Geschlechtsspezifik der Säuglingssterblichkeit**

Diese Frage muss das Geschlechterverhältnis bei der Säuglingssterblichkeit mit berücksichtigen. Die Säuglingssterblichkeit, d.h. die Anzahl von Todesfällen innerhalb des ersten Lebensjahres pro 1000 Geburten, hat bekanntermassen mit dem wachsenden Wohlstand abgenommen. Bis heute stellt die Sterblichkeit der unter 5jährigen Kinder den wichtigsten Parameter zur Einschätzung des Gesundheitszustandes einer Bevölkerung dar.<sup>54</sup> Sie ist bei Knaben wiederum deutlich höher als bei Mädchen. Bereits Süssmilch hatte diese unterschiedliche Sterblichkeit festgestellt. Er betrachtete es als ein Zeichen der *göttlichen Ordnung*, dass mehr Knaben als Mädchen zur Welt kommen, durch das vermehrte Sterben der männlichen Säuglinge und Kinder dann aber ein ideales Geschlechterverhältnis bewirkt werde.<sup>55</sup>

Auf zehn Mädchen starben Ende des 19. Jahrhunderts elf Knaben. Das Statistische Amt führte die erhöhte Sterblichkeit der Knaben darauf zurück, dass diese „schon von Natur aus in diesem Alter von viel zarterer, Krankheitseinflüssen viel weniger Widerstand leistender Konstitution sind“.<sup>56</sup> Doch die Sterblichkeit der männlichen Säuglinge ging deutlich weniger zurück als die Sterblichkeit der weiblichen. Die Geschlechterrelation der Säuglingssterblichkeit hat sich also vergrössert, während diejenige der Totgeburten abnahm. Sterben nun also die dank besseren Umständen durchgebrachten männlichen Foeten einfach nach ihrer Geburt? Diese Annahme scheint sich zu bestätigen, wenn man die Totgeburten und die gestorbenen Säuglinge zusammenzählt, denn dann bleibt sich das Geschlechterverhältnis ziemlich konstant gleich.<sup>57</sup>

---

<sup>53</sup> Z.B. in Köchli, Yvonne-Denise: Auftakt zur wichtigsten Entdeckungsreise. In: Weltwoche Nr. 21, 22. Mai 1997, S. 45-49. Vgl. auch „Die Familie in der Schweiz: Tradition und Wandel“. Statistik Schweiz. Pressemitteilung Nr. 5 (1997) vom 13. Februar 1997; oder: Taschenstatistik der Schweiz 1998. Bundesamt für Statistik. Bern 1998, S. 16 f. Zur historischen Sterblichkeitsanalyse ausserehelicher Kinder vgl. auch die Beiträge von Brändström, Anders: *Life Histories of Lone Parents and Illegitimate Children in Nineteenth-Century Sweden*, S. 173-191; und: Kok, Jan; Poppel, Frans van; Kruse, Ellen: *The Hague: Mortality among Illegitimate Children*, S. 193-211. In: *The Decline of Infant and Child Mortality. The European Experience: 1750-1990*. Corsini, Carlo A.; Viazzo, Pier Paolo (Hg.), The Hague 1997.

<sup>54</sup> Mackay (1993), S. 98 f.

<sup>55</sup> Süssmilch (1761-1765), 1. Theil: Einleitung, S. 39f.

<sup>56</sup> EGT 1876-1900: Die Todesursachen, S. 50\*.

<sup>57</sup> Schwarzenbach (1972), S. 89f. und 197.

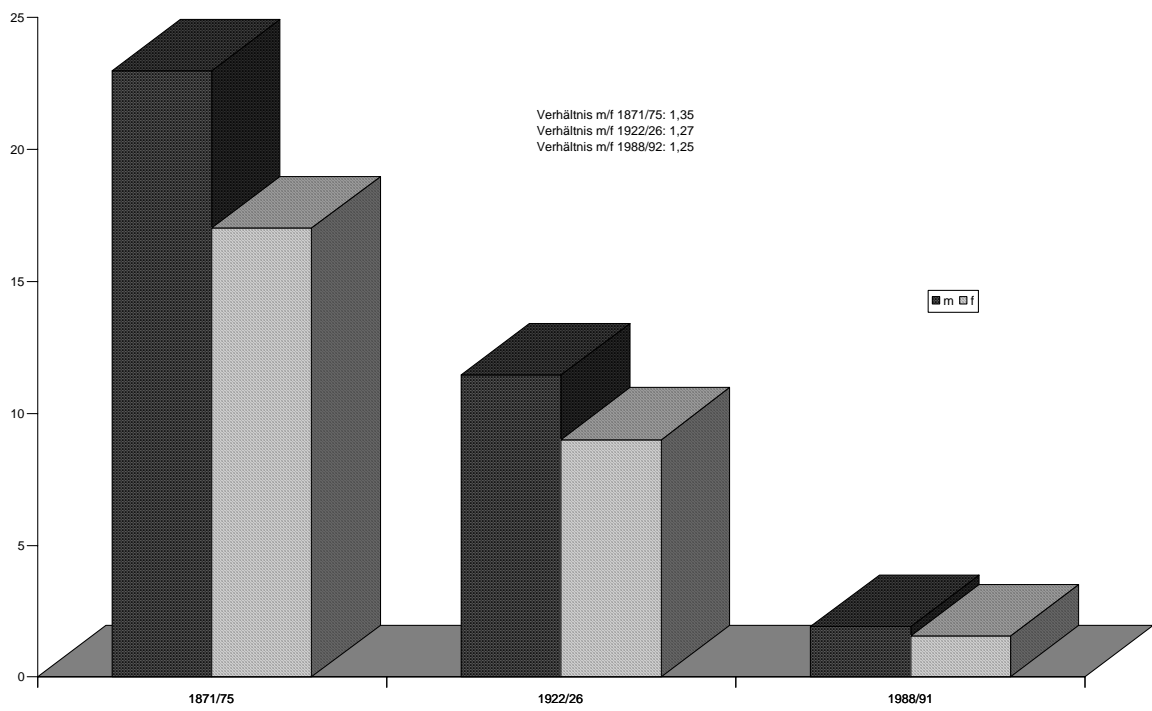


Abb. 8a: Geschlechterverhältnis der Totgeburt (1871/75-1988/91).

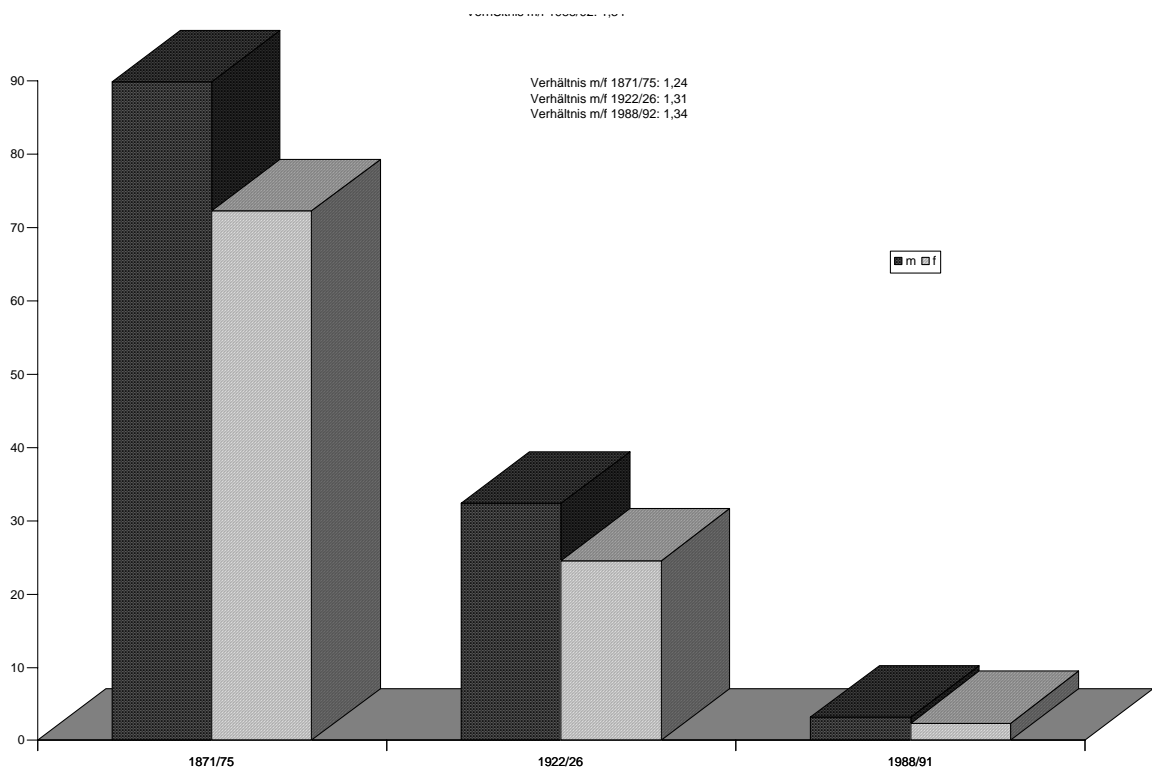


Abb. 8b: Geschlechterverhältnis der gestorbenen Säuglinge (1871/75-1988/91).  
 Quelle: Historische Statistik der Schweiz, S. 254f.

Will man trotz aller bereits erwähnten Vorbehalte die Todesursachenstatistik als Quelle nutzen, beruhte die Säuglingssterblichkeit zwischen 1876 und 1900 vorwiegend auf den drei Diagnosen *Lebensschwäche*, *Magen-Darm-Katarrh* und *Entzündliche Erkrankungen der Atmungsorgane*. Insgesamt starb damals ein Sechstel der neugeborenen Knaben und ein Siebtel der neugeborenen Mädchen während des ersten Lebensjahrs, davon jeweils mehr als die Hälfte an *Lebensschwäche* und *Magen-Darm-Katarrh* (oder *Gastroenteritis*). Die Verdauungsstörungen allein verursachten ein Viertel aller Todesfälle im Säuglingsalter, und gerade bei dieser Todesursache finden sich ein für die männlichen Säuglinge äusserst ungünstiges Geschlechterverhältnis. Können wir folglich den Verdauungstrakt als einen Schwachpunkt des männlichen Geschlechts erklären? Eine solche Schlussfolgerung wäre vermutlich eine Fehlinterpretation der Daten. Die beiden Diagnosen *Magendarmkatarrh* und *Angeborene Lebensschwäche* gingen faktisch sehr oft ineinander über. Ein neugeborenes Kind von schwächerer Konstitution, so führt der Kommentar des Statistischen Amtes aus, unterliegt der *Enteritis* viel eher als ein kräftiges. Einen solchen Todesfall bescheinigten einige Ärzte als Opfer von *Lebensschwäche* mit der Begründung, das Kind wäre auch ohne die Magendarmentzündung gestorben. Andere dagegen beurteilten die Symptomatik des Verdauungstraktes als die eigentliche Todesursache. Das Verhältnis dieser beiden Todesursachen zueinander unterscheidet sich demnach von Region zu Region, häufig auch von Kanton zu Kanton, je nach Neigung der zuständigen Ärzte.<sup>58</sup> Da aber die Diagnose *Angeborene Lebensschwäche* lediglich einen Zustand, nicht aber eine Krankheit beschreibt, gewinnen im Vergleich dazu die Todesfälle an *Magendarmkatarrh* trotz ihrer Ungenauigkeit wieder an Bedeutung. Wenn wir berücksichtigen, dass für verstorbene Mädchen weniger häufig Totenscheine ausgefüllt wurde, lässt sich vermuten, dass sie auch weniger genau untersucht wurden. *Lebensschwäche* ist bei einem verstorbenen Säugling aber alleweil keine falsche Diagnose. Die Angabe eines *Magendarmkatarrhs* indessen setzt voraus, dass man zumindest die Begleitumstände des Todes kennt. Möglicherweise waren die Knaben also keineswegs häufiger darmkrank als die Mädchen, sondern kamen lediglich in den Genuss einer genaueren Untersuchung ihrer Sterbeumstände.

### Schlussfolgerung

Führt man sich nochmals die eingangs aufgeworfene Forderung vor Augen, die männliche Lebenserwartung der weiblichen anzupassen, so ergeben sich einige grundsätzliche Bedenken gegen die Möglichkeit einer solchen „Emanzipation“.

Die naheliegende Erklärung dieser Ungleichheit, der Ungerechtigkeit vor dem Tod, mit dem ungesunden männlichen Rollenverhalten ist zwar politisch korrekt und unterstützt die Anliegen einer Minderheit, doch muss die Hoffnung auf eine völlige Gleichberechtigung anhand bereits vorgeburtlich historisch und in sehr unterschiedlichen Kulturen bestehender Unterschiede weitgehend relativiert, wenn nicht gar ausgeschlossen werden. Die Ungleichheit des Todes beruht letztlich auf der Ungleichheit der Lebenden. Gerade die geschlechtsspezifischen Unterschiede aber können nicht als alleiniges Resultat gesellschaftlicher Rollenzuweisungen betrachtet werden. Bereits die grosse Zahl körperlicher Unterschiede, die sich auf die sozialen Funktionen beziehen,<sup>59</sup> weisen auf einen bedeutenden Anteil rein biologischer Faktoren im Rollenverhalten hin. Die Ungleichheit im Sterbeverhalten von Männern und Frauen lässt sich

---

<sup>58</sup> EGT 1876-1900: Die Todesursachen, S. 23\*.

<sup>59</sup> Als Beispiel sei etwa auf die geschlechtsspezifischen Hörfunktionen hingewiesen, vgl. „Der kleine Unterschied beim Hören“ FAZ 21.10.1998.



ebenfalls nicht gänzlich unabhängig von biologischen Geschlechtsunterschieden erklären. Ein interdisziplinärer Zugang zur Geschlechterforschung sollte daher einen Einbezug dieser biologischen Forschungsergebnisse beinhalten, die vielleicht zu einigen strukturalistischen Ansätzen im Gegensatz stehen, bei einer unvoreingenommenen Untersuchung jedoch letztlich zu einer gegenseitigen Bereicherung führen könnten.

Anschrift

Dr. Iris Ritzmann  
Medizinhistorisches Institut  
Im Turm der Universität  
Rämistrasse 71  
8006 Zürich

Eingang: 15. 11. 2001

## 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 ad interim:  
Andreas Cueni, Gerhard Hotz

Korreferentin (textes français):  
Isabelle Gemmerich, Brugg

Layout:  
Andreas Cueni, Kriens

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

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève  
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Berli  
(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

## Note technique: traitement des traits non-métriques bilatéraux

Suzanne Eades

### Summary

The expression of bilateral non-metric traits is rarely symmetrical. This simple observation has generated a large amount of scientific literature over the years. The present article defines the concept of fluctuating asymmetry which characterises the expression of human skeletal non-metric traits, and evokes the controversial role of genetics in the amount of asymmetry encountered, as well as the different types of environmental factors which have been thought to play a role in bilateral trait expression. Two simple procedures are proposed in order to arrive at an unbiased estimation of the degree of fluctuating asymmetry present within different samples. Finally, the „individual count“ method is recommended, based on the basic premise that an individual has only a single genotype for any specific trait, and should therefore be classified in only one phenotypic category.

### Introduction

L'étude des caractères discrets, également nommés traits non-métriques ou épigénétiques, constitue depuis quelques années un des axes majeurs de la recherche au sein du Laboratoire de Paléanthropologie du Département d'Anthropologie et d'Ecologie de l'Université de Genève. Les traits non-métriques sont des variations micro-anatomiques du squelette humain. Ils résultent de la conjonction de deux facteurs: le génotype, ou le bagage génétique de l'individu, et l'environnement, qui vient perturber cette expression génotypique. Dans les années septante déjà, H. Muller examinait les traits non-métriques crâniens de deux sites médiévaux (Muller 1977). Plus récemment, la thèse de doctorat de I. Gemmerich (1999) a porté sur les traits non-métriques crâniens dans une approche familiale. Enfin, deux travaux de diplôme ont été effectués, l'un portant sur les traits crâniens (Eades 1996), l'autre sur les traits dentaires (Desideri 2001, dans ce volume) dans une optique de comparaison interpopulationnelle des ensembles du Néolithique suisse.

Actuellement, nous effectuons nous-mêmes une thèse de doctorat portant sur les traits dentaires d'un ensemble aux liens de parenté connus: la collection de Burlington. Il s'agit d'un ensemble de près de 900 sujets, regroupant des informations sur les dentitions d'un grand nombre de familles (parents et enfants) ayant vécu dans la ville de Burlington (Ontario, Canada). Des moulages et des radiographies annuels des dentitions des enfants, dès l'âge de 3 ans, ont été effectués entre 1953 et 1973 (Popovich 1959). Notre thèse consiste, entre autres, à déterminer l'héritabilité d'un nombre important de traits dentaires<sup>1</sup>, mais nous nous attaquons actuellement aux problèmes méthodologiques préliminaires. Cet article traitera du problème de l'expression bilatérale des traits non-métriques, c'est-à-dire des différences qui peuvent exister entre les expressions gauche et droite de chaque trait, observées chez un même individu (fig.

---

<sup>1</sup> Il s'agit des traits faisant partie du système de l'Université de l'Arizona (système ASU; Turner et al. 1991), de celui de l'Université de Freiburg (FU-DTS; Alt 1998), et de traits de Moskona et al. (1997), Ludwig (1957), Kraus et Furr (1953). La liste complète des traits observés est disponible auprès de l'auteur.

1). Notre discours s'articulera essentiellement autour du cas des traits dentaires, mais la plupart des points que nous aborderons sont valables également pour les traits crâniens, et même post-crâniens. Signalons toutefois que les traits dentaires sont deux fois plus symétriques que les traits crâniens (Scott et Turner 1997). Nous aborderons plus en détail les points suivants: le type d'asymétrie présenté par les traits morphologiques, son importance, et la manière dont on peut la traiter.

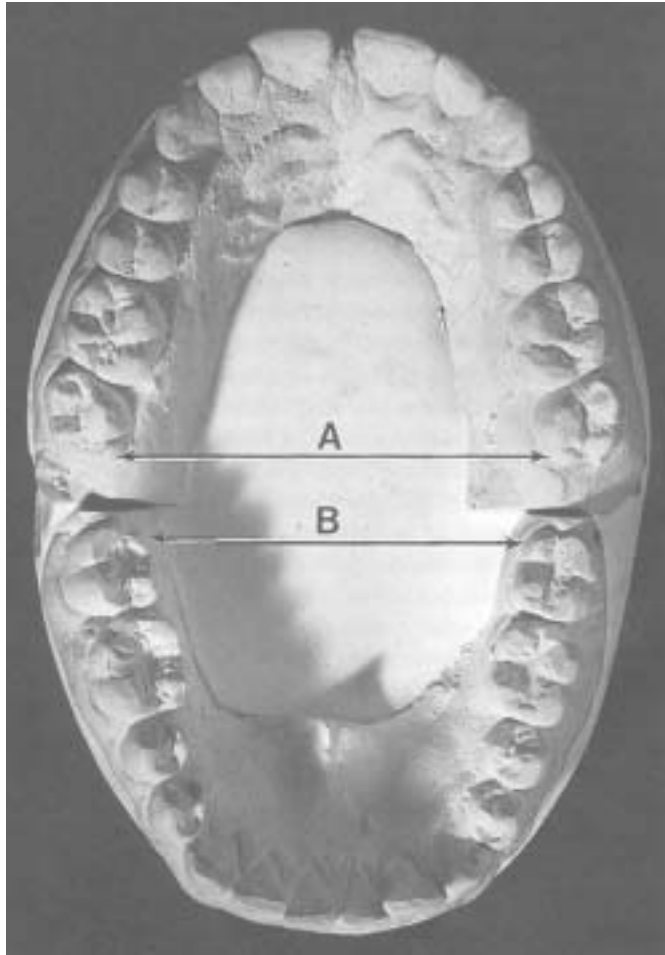


Fig. 1: Asymétrie des traits non-métriques de la dentition humaine. Sur le maxillaire, on note que l'hypocone (A) montre une réduction plus forte sur le côté gauche. Par contre, la réduction, sur la mandibule, de l'entoconide (B) est de même ampleur à gauche comme à droite.

#### Type d'asymétrie rencontrée

L'expression des traits morphologiques est parfois bilatéralement asymétrique. Van Valen (1962), a mis en évidence trois types primaires d'asymétrie qu'on peut rencontrer au sein de différentes structures biologiques:

- *L'asymétrie directionnelle*. Quand celle-ci est présente, la structure bilatérale comporte un biais du côté gauche ou droit. Par exemple, l'aire de Broca se situe dans presque tous les cas sur le côté gauche du cortex cérébral.
- *L'antisymétrie*. Il s'agit de structures qui sont normalement asymétriques, mais sans biais quant au côté; par exemple, le fait d'être gaucher ou droitier.
- *L'asymétrie fluctuante* fait référence à des traits qui sont normalement symétriques, mais qui peuvent présenter des différences bilatérales sans qu'il ne se manifeste une préférence quant

au côté. Le terme „random asymmetry“ est aussi employé. Il semble que ce type d'asymétrie caractérise les traits non-métriques.

### Importance de la génétique dans l'asymétrie dentaire

Waddington (1957) a mis au point le concept de la canalisation du développement („development canalisation“ ou „buffering“). Il a avancé que l'expression d'un génotype donné est la résultante de deux influences : le degré de canalisation du développement et l'importance des facteurs de stress environnemental. Si un sujet est bien-canalisé („well-buffered“), en d'autres termes, si sa capacité à se défendre contre les stress environnementaux est grande, alors son phénotype restituera une image plus précise de son génotype. S'il est peu canalisé, et / ou si l'environnement est plus défavorable, alors son phénotype reflétera moins fidèlement le génotype sous-jacent. Ce concept de base explique en grande partie pourquoi les structures bilatérales du corps humain, y inclus les traits morphologiques et métriques du squelette, peuvent être asymétriques. Les asymétries mineures et aléatoires des traits non-métriques représenteraient ainsi des accidents dus à un „bruit de fond“ local qui se serait produit durant le développement; les côtés gauche et droit du corps posséderaient en réalité le même ensemble d'instructions génétiques. Toutefois, il semble que les traits crâniens et post-crâniens présentent une asymétrie plus importante que les traits dentaires, ce qui a été mis en relation avec le rôle plus important joué par des facteurs environnementaux sur la croissance, en l'occurrence, des influences nutritionnelles et climatiques, et, surtout, des stress biomécaniques qui peuvent agir asymétriquement (Trinkaus 1978). En ce qui concerne les traits dentaires, le facteur principal de cette asymétrie, selon Mizoguchi (1990), est une asymétrie dans la distribution des fibres nerveuses, et surtout des vaisseaux sanguins, qui transportent le calcium et d'autres éléments nutritifs vers les bourgeons dentaires. Celle-ci aurait pour conséquence finale une asymétrie de la morphologie dentaire. En effet, le réseau des vaisseaux sanguins destinés à un organe en émail, ainsi que la microstructure des cellules endothéliales<sup>2</sup> de ces mêmes vaisseaux, se modifient durant le processus de l'amélogenèse. Ces changements sont aléatoires et peuvent donc influencer l'asymétrie de tous les traits dentaires qui se développent au même moment sur une dent.

Il en découle que l'asymétrie des antimères ne devrait pas être héréditaire. Effectivement, plusieurs études sont allées dans ce sens.<sup>3</sup> Les travaux de McGrath, Cheverud et Buikstra (1984) sur des traits crâniens de singes Rhésus résument bien l'état de la recherche: une mesure de l'héritabilité de l'asymétrie est une mesure de l'héritabilité de la capacité de se protéger des stress. Cette capacité ne semble pas être héréditaire, et le rôle des gènes dans l'expression asymétrique semble se cantonner à des effets indirects tels que des niveaux élevés d'homozygoté, des anomalies chromosomiques ou développementaires, etc. Dans ces cas-là, la possibilité de l'organisme d'un individu à canaliser ou amortir des perturbations environnementales durant le développement est diminuée, le rendant plus vulnérable.

### Le degré d'asymétrie fluctuante

Plusieurs études ont tenté de lier le degré de l'asymétrie fluctuante des traits métriques et non-métriques avec le degré de stress dans lequel différentes populations ont pu vivre; climats

<sup>2</sup> Ou les cellules qui tapissent l'intérieur des vaisseaux sanguins.

<sup>3</sup> On peut citer les travaux de Potter et Nance (1976), Mizoguchi (1989), Staley et Green (1997).

extrêmes, sous-alimentation, ou encore fort degré de consanguinité<sup>4</sup>. Mais ces recherches n'ont pas abouti, révélant des résultats très contradictoires, et ce pour deux raisons, l'une biologique, et l'autre statistique.

Nous avons vu que l'asymétrie fluctuante est due à un trouble de la synchronisation développementale, induit d'une part par la stabilité du système génique et de l'autre, par la sévérité des agents de stress externes (Doyle et Johnston 1977). Ainsi, différentes combinaisons génotypiques produisent des individus et des populations qui sont plus ou moins bien canalisés contre les stress environnementaux (Waddington 1957). C'est pourquoi l'observation phénotypique du degré de l'asymétrie fluctuante des populations ne nous permet pas de saisir la raison de ces différences. Cette ampleur n'est pas directement liée à une cause simple, comme par exemple un environnement plus ou moins favorable, ou bien une consanguinité plus ou moins forte, mais résulte de la combinaison d'une multitude de facteurs.

De plus, les statistiques elles-mêmes n'échappent pas à certains problèmes. Les chercheurs calculent généralement soit un pourcentage de concordance gauche – droite, soit un coefficient de corrélation non-paramétrique (Tau de Kendall ou Rho de Spearman), ou alors des corrélations tétra- ou polychoriques.

Saunders et Mayhall (1982) ont relevé que des *estimations de la concordance* sont fortement biaisées, puisque l'inclusion de paires absent-absent, en tant que membres concordants d'un échantillon, diminue fortement le pourcentage d'asymétrie. Cet effet est particulièrement important pour des traits rarement exprimés, puisque, dans ce cas, les discordances sont „noyées“ dans une grande quantité de concordances de type absent-absent. Par contre, leur exclusion des analyses rend difficile des comparaisons intra- et intergroupes. Mizoguchi (1988) a démontré qu'on obtient un pourcentage de discordance similaire pour un trait fréquemment présent mais dont la corrélation bilatérale est faible, et pour un trait rarement présent, mais dont l'expression bilatérale est fortement corrélée. La taille de l'échantillon est également un facteur de déformation important, puisque le nombre de cas de présence d'un trait rare augmente linéairement avec le nombre de cas observés, ce qui peut changer la valeur de la concordance. Enfin, la dichotomisation des données dont l'enregistrement était gradué diminue également l'asymétrie, car on perd ainsi des différences bilatérales dans la force d'expression d'un trait.

Les *coefficients de corrélation* antimériques ne permettent pas de résoudre ces problèmes, puisqu'ils sont peu élevés pour des traits rares. En effet, Mizoguchi (1988) a obtenu, sur des traits morphologiques dentaires, un coefficient de corrélation de 0.851 (Rho de Spearman) entre la fréquence de ces traits et leur corrélation antimérique. Nous avons nous-mêmes obtenu une approximation de l'importance de ce facteur en calculant la corrélation entre les valeurs des corrélations antimériques (Tau de Kendall) et le nombre de cas sur lesquels se base son estimation au sein du corpus de Burlington. Cette corrélation est de 0.247, une corrélation basse mais significative à 1%. Ainsi, quand un trait est rarement présent bilatéralement (si sa fréquence d'expression est faible), la corrélation antimérique calculée est généralement faible, et inversement.

---

<sup>4</sup> Citons les travaux de Niswander et Chung (1965), Bailit et al. (1970), Suarez (1974), Doyle et Johnston (1977), Perzigian (1977), Harris et Nweeia (1980), Baume et Crawford (1979, 1980), ainsi que Mayhall et Saunders (1986).

Le degré de l'asymétrie dentaire est donc difficile à estimer sans déformations importantes. Mais il est tout de même possible d'obtenir une vision de l'asymétrie fluctuante. Nous avons développé une procédure simple permettant d'obtenir une estimation moins biaisée du degré d'asymétrie de nos données, en comptant simplement le nombre moyen de stades d'écart entre les côtés gauche et droit.

$$NMST = \frac{\sum_{i=1}^r (D-G)}{n}$$

$$NMSP = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^r (D-G)}{n}$$

avec:

NMST: le nombre moyen de stades de différence entre antimères par trait,

NMSP: le nombre moyen de stades de différence entre antimères au sein de la population,

i: i<sup>ème</sup> trait sur r au total,

j: j<sup>ème</sup> individu sur k au total,

n: le nombre de cas,

D: le stade observé du côté droit,

G: le stade observé du côté gauche.

La formule est similaire à celle de Suarez (1974), servant à estimer l'asymétrie odontométrique<sup>5</sup>, et proche de celles de Mizoguchi (1988) sur des traits non-métriques dentaires également, qui a développé la formule afin d'obtenir un taux de discordance total. Ce chercheur s'est intéressé au signe de la différence et non à sa valeur.<sup>6</sup>

Nous obtenons ainsi des valeurs simples à interpréter, qui nous indiquent immédiatement si l'un des traits comporte une asymétrie directionnelle et, si c'est le cas, la direction et l'importance de ce biais. Une valeur moyenne négative indiquera que le côté gauche est exprimé plus fortement, une valeur moyenne positive reflétera le phénomène inverse (soit une asymétrie directionnelle). Une valeur moyenne significativement proche de zéro démontrera soit la présence d'asymétrie fluctuante, soit une symétrie très prononcée. Encore une fois, il faut exclure de l'analyse les paires absent – absent, pour ne pas augmenter artificiellement le degré de symétrie. Le degré de significativité des analyses est estimé selon un test de T (p>1%).

<sup>5</sup> Cet auteur calcule la différence entre tailles gauches et droites, et observe la variance de cette différence (Suarez 1974, p. 412-13).

<sup>6</sup> Sa formule est:

$$Taux = \frac{\sum_{i=1}^n \text{signe}(D-G)}{n} * 100$$

avec:

$$\text{signe}(x) = \begin{cases} -1 & \text{pour } x < 0 \\ 0 & \text{pour } x = 0 \\ +1 & \text{pour } x > 0 \end{cases}$$

La significativité de la valeur a été déterminée par le test de Fischer (pour des probabilités exactes).

### Application concrète: le corpus de Burlington

Nous avons appliqué les formules du NMSP et du NMST sur nos enregistrements du corpus de Burlington<sup>7</sup>. Comme on pouvait s'y attendre d'après le modèle de l'asymétrie fluctuante, la valeur du NMSP est très proche de zéro (tableau 1).

Tableau 1. Calcul des statistiques descriptives du NMSP pour 96 traits bilatéraux répondant à cette condition, sur 23'162 cas calculés et 2'673 cas de discordance absolue, au sein du corpus de Burlington.

<b>NMSP</b>	<b>0.0014</b>
Médiane	0.0000
Ecart-type	0.11863
Minimum	-0.47
Maximum	+0.87

La représentation de la répartition de ces résultats sous forme d'un histogramme est encore plus parlante (fig. 2): on constate que les NMST calculés se regroupent en grande majorité autour de la valeur de 0.00, selon une courbe qui s'écarte nettement de la courbe normale calculée pour de tels paramètres.

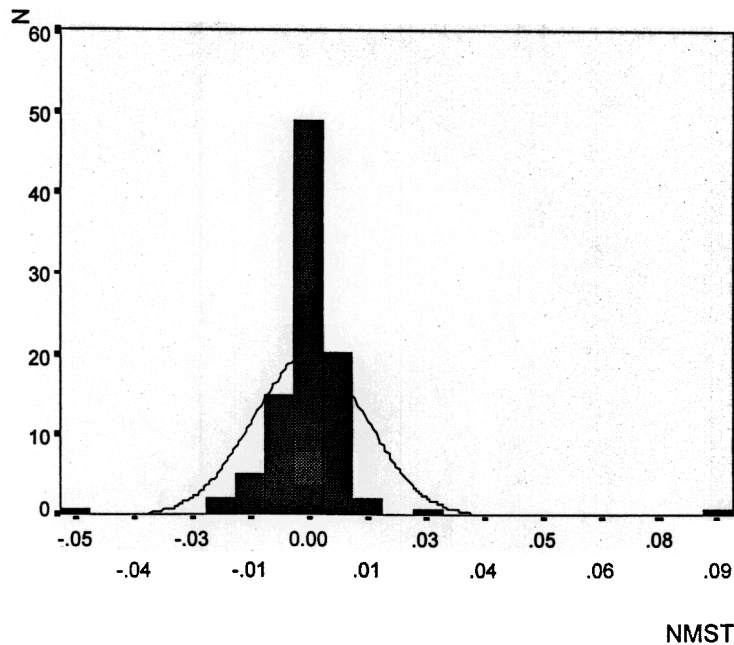


Fig. 2: Histogramme représentant la distribution des NMST calculés pour chaque trait au sein du corpus de Burlington, répartie en classes de 0.005 stades. La courbe de normalité pour de telles données (même moyenne et variance) est également figurée. On note que la plupart des traits se concentrent autour de la valeur de 0.00, indiquant très clairement l'absence d'une direction aux asymétries antimériques calculées.

<sup>7</sup> 96 traits numériques ont été sélectionnés pour que le nombre d'antimères soit supérieur à 20, et donc statistiquement valable, observés sur 821 individus au total.



Nous avons également calculé les valeurs du „skewness“, ou coefficient d'asymétrie, et du „kurtosis“, ou coefficient d'aplatissement (tableau 2). La valeur du coefficient d'asymétrie est une mesure de l'asymétrie de la distribution. Une distribution normale comporte un coefficient d'asymétrie de 0.00. Dans notre cas, la valeur est négative, indiquant une dispersion des valeurs qui va vers la gauche, soit vers les NMST négatifs (les expressions des traits à gauche sont plus fortes que celles à droite). Ici, la valeur du coefficient d'asymétrie est plus grande que deux fois son écart-type, indiquant que cette asymétrie est relativement grande; mais nous l'attribuons à la présence d'outliers, soit quelques traits rares qui viennent perturber la symétrie de la distribution. Quant au coefficient d'aplatissement, il exprime le degré de regroupement des valeurs autour d'un point central. Une distribution normale implique un coefficient d'aplatissement de 0.00. Une valeur positive de ce coefficient, comme c'est le cas ici, indique que les valeurs sont toutes assez proches (dans le cas présent, proches de zéro).

Tableau 2. Valeurs du „skewness“, ou coefficient d'asymétrie, et du „kurtosis“, ou coefficient d'aplatissement (calculs effectués en éliminant deux valeurs extrêmes, l'une positive et l'autre négative).

	Valeur	Ecart-type
Coefficient d'asymétrie ("skewness")	-3.104	0.249
Coefficient d'aplatissement ("kurtosis")	16.517	0.493

Au total (tableau 3), onze traits sur 126 pour lesquels un test de T a pu être calculé présentent des différences dans leur expression antimérique qui sont en moyenne significativement différentes de zéro (soit 8.73%). Mizoguchi (1988) a mené une étude similaire sur des populations japonaises. Deux traits ont présenté des différences antimériques au sein des deux corpus<sup>8</sup>. Trois traits asymétriques chez les sujets de Burlington, ne le sont pas au sein de la population de Mizoguchi.<sup>9</sup>

Tableau 3. Traits présentant un NMST significativement différent de zéro (test de T).

Nom trait	NMST	p-value
Convexité vestibulaire I <sup>1</sup>	0.0436	0.006
Cuspides / crêtes / sillons labiaux I <sup>1</sup>	0.0789	0.008
Shoveling I <sup>2</sup>	-0.0670	0.000
Sillon lingual M <sup>1</sup>	0.0332	0.006
Variation cuspides linguales P <sub>1</sub>	-0.0958	0.003
Interruption de la crête transverse P <sub>1</sub>	0.1250	0.004
Nb. sillons linguaux externes P <sub>1</sub>	-0.1840	0.000
Crête marge mésiale cuspide buccale P <sub>1</sub>	-0.0592	0.000
Pli cuspide mésiolinguale M <sub>1</sub>	0.2222	0.000
Protostylide M <sub>1</sub>	0.0619	0.004
Métaconulide M <sub>1</sub>	0.8738	0.003

<sup>8</sup> Le pli de la cuspide mésiolinguale et le protostylide.

<sup>9</sup> Le shoveling, la variation des cuspides linguales et la métaconulide.

Malgré la mise en évidence de ces onze traits asymétriques, nous avons pris la décision de fusionner les expressions bilatérales de tous les traits de notre corpus, et ce pour trois raisons. Premièrement, ces différences antimériques sont extrêmement faibles, puisque les paramètres statistiques que nous avons calculés montrent une forte symétrie de cette distribution. Cette symétrie fait que toute valeur du NMST qui s'écarte de quelque manière que ce soit du zéro sera reconnue par le test de T comme étant aberrante. Mais à regarder ces valeurs de près, on constate que les valeurs mêmes des NMST sont extrêmement faibles (en effet, ce genre d'enregistrement peut compter jusqu'à 9 stades d'expression). Ensuite, certains traits rares peuvent se situer à la limite du seuil d'expression (ou „threshold“), et sont présents d'un côté mais ne dépassent pas ce seuil de l'autre. Enfin, on ne trouve pas d'asymétries systématiques au sein de populations géographiquement diverses, ce qui va également dans le sens d'une prépondérance des facteurs environnementaux dans l'expression de ces différences antimériques, comme l'indique le modèle de l'asymétrie fluctuante.

### Traitement des expressions bilatérales corrélées

Comment fusionner les expressions bilatérales? Nous voulons avant tout disposer d'un ensemble reflétant au mieux le génotype, soit sans duplication de son information, et en accord avec le modèle de l'asymétrie fluctuante. Deux options sont possibles: le comptage unilatéral ou individuel.

Le comptage unilatéral consiste à n'observer qu'un seul antimère. Cette technique diminue la taille de l'échantillon. Une méthode similaire consiste à enregistrer toujours le même côté, mais quand il n'est pas possible d'observer le côté choisi, d'enregistrer son antimère. Ainsi, la taille de l'échantillon est maximisée.

Le comptage individuel est basé sur le postulat qu'un individu ne possède qu'un seul génotype pour tel trait, et devrait donc être classé dans une seule catégorie phénotypique. En corollaire, quand une asymétrie dans l'expression est présente, l'antimère présentant la plus grande expression est l'indicateur le plus précis de ce génotype. Dans le cas d'expressions symétriques, l'individu n'est enregistré qu'une seule fois, mais dans le cas d'une asymétrie, on attribue à l'individu le stade le plus élevé, que ce soit à gauche ou à droite. Ce type de comptage a été défini par Scott et Turner (Turner et Scott 1977, Scott 1977, Scott 1980). Il a été développé spécifiquement pour des traits dentaires à l'expression souvent graduée, et comporte le moins de biais.

### Conclusion

Cet article a tenté de mettre en évidence les difficultés quasiment insurmontables qui surgissent lors du calcul du degré d'asymétrie fluctuante entre différentes populations. Ce type d'asymétrie non-directionnelle caractérise l'expression antimérique des traits non-métriques squelettiques.

Nous avons proposé une méthode simple qui permet d'obtenir une vision sans biais de cette asymétrie : le calcul du nombre moyen de stades de différence entre antimères par trait, ou NMST, et du nombre moyen de stades de différence entre antimères au sein de la population, ou NMSP. Ces valeurs indiquent quels traits, au sein de l'ensemble des traits enregistrés, sont excessivement asymétriques; ceux-ci doivent être traités comme des variables indépendantes.

Nous recommandons d'appliquer aux traits non-métriques bilatéralement symétriques la méthode du comptage individuel de Scott, qui permet d'obtenir une valeur unique pour chaque trait bilatéral, valeur qui reflète au mieux le génotype unique qui sous-tend son expression.

#### Remerciements

Ce travail de thèse fait partie d'un projet de recherche soutenu par le Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique, intitulé „Heritability of dental non-metric traits and occupation-linked skeletal markers of social behaviour in a population of recent skeletons“ (subside n° 31-53681.98/2), que nous menons avec notre collègue Geneviève Perréard, également doctorante en anthropologie à l'Université de Genève. En outre, nous tenons à remercier les institutions qui ont bien voulu apporter leur indispensable soutien financier à nos recherches: la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève (octroi de la Bourse Augustin Lombard), ainsi que la Fondation Ernst et Lucie Schmidheiny. Enfin, nous remercions Jocelyne Desideri et Francesco Raeli pour leurs conseils concernant cet article.

#### Bibliographie

- Alt, K.W., Türp, J.C. 1998  
Dental anthropology. In: Alt, K.W., Brace, C.L., Türp, J.C. (eds). The history of dental anthropology. G. Fischer. Stuttgart. pp. 15-39.
- Baume, R.M., Crawford, M.H. 1979  
Discrete dental trait asymmetry in Mexico and Belize. *Journal of Dental Research* 58, p.1811.
- Baume, R.M., Crawford, M.H. 1980  
Discrete dental trait asymmetry in Mexican and Belizean groups. *American Journal of Physical Anthropology* 52, pp. 315-321.
- Bailit, H.L., Workman, P.L., Niswander, J.D., MacLean, C.J. 1970  
Dental asymmetry as an indicator of genetic and environmental correlations in human populations. *Human Biology* 42, pp. 626-638.
- Desideri, J. 2001  
Etude des traits épigénétiques dentaires des populations du Néolithique moyen au Bronze ancien en Suisse occidentale. Dép. d'anthrop. et d'écologie de l'Univ. de Genève: Travail de diplôme non publié.
- Doyle, W.J., Johnston, O. 1977  
On the meaning of increased fluctuating dental asymmetry: a cross-population study. *Am. Journal of Physical Anthropology* 46, pp. 127-134.
- Eades, S. 1996  
Le dolmen M XII du site du Petit-Chasseur (Sion, Valais, Suisse) : Paléoanthropologie de la population inhumée. Dép. d'anthrop. et d'écologie de l'Univ. de Genève: Travail de diplôme non publié.
- Gemmerich Pfister, I. 1999  
Création d'une collection anthropologique de référence et application des caractères discrets dans le cas de généalogies connues. Dép. d'anthrop. et d'écologie de l'Univ. de Genève: Thèse non publiée.
- Harris, E.F., Nweeia, M.T. 1980  
Dental asymmetry as a measure of environmental stress in the Ticuna Indians of Columbia. *American Journal of Physical Anthropology* 53, pp. 133-142.

- Kraus, B.S., Furr, M.L. 1953  
Lower first premolar: a definition and classification of discrete morphologic traits. Part 1. *J. Dental Research* 32, pp. 554-564.
- Ludwig, F.S. 1957  
The mandibular second premolars: Morphologic variation and inheritance. *Journal of Dental Research* 36, pp. 263-273.
- Mayhall, J.T., Saunders, S.R. 1986  
Dimensional and discrete dental trait asymmetry relationships. *American Journal of Physical Anthropology* 69, pp. 403-411.
- McGrath, J.W., Cheverud, J.M., Buikstra, J.E. 1984  
Genetic correlations between sides and heritability of asymmetry for non-metric traits in rhesus macaques on Cayo Santiago. *American Journal of Physical Anthropology* 64, pp. 401-411.
- Mizoguchi, Y. 1988  
Degree of bilateral asymmetry of nonmetric tooth crown characters quantified by the tetrachoric correlation method. *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo, series D (Anthropology)* 14, pp. 29-49.
- Mizoguchi, Y. 1989  
Genetic variability of left-right asymmetries and mirror imagery in nonmetric tooth crown characters. *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo, series D (Anthropology)* 15, pp. 49-61.
- Mizoguchi, Y. 1990  
Covariation of asymmetries in metric and nonmetric tooth crown characters. *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo, series D (Anthropology)* 16, pp. 39-47.
- Moskona, D., Vainder, M., Hershkovitz, I., Koyliansky, E. 1997  
Dental morphological (non-metric) traits in human isolates: South Sinai Bedouin tribes. *Homo* 48, pp. 227-284.
- Muller, H. 1977  
Caractères non-métriques du squelette de la tête chez les populations médiévales de Thoiry (Ain, France) et de Bavois (Vaud, Suisse). *Archs suisses d'anthrop. gén.* 41, pp. 123-164.
- Niswander, J.D., Chung, C.S. 1965  
The effects of inbreeding on tooth size in Japanese children. *American Journal of Human Genetics* 17, pp. 390-398.
- Perzigian, A.J. 1977  
Fluctuating dental asymmetry: variation among skeletal populations. *American Journal of Physical Anthropology* 47, pp. 81-88.
- Popovich, F. 1959  
Demography of Burlington population and the status of the Burlington sample. *Burlington Orthodontic Research Centre Progress Report Series* 4, pp. 12-22.
- Potter, R.H., Nance, W.E. 1976  
A twin study of dental dimension. I. Discordance, asymmetry and mirror imagery. *Am. Journal of Physical Anthropology* 44, pp. 391-396.
- Saunders, S.R., Mayhall, J.T. 1982  
Fluctuating asymmetry of dental morphological traits: New interpretations. *Human Biology* 54, pp. 789-799.

Scott, G.R. 1977

Classification, sex dimorphism, association and populational variation of the canine distal accessory ridge. *Human Biology* 49, pp. 453-469.

Scott, G.R. 1980

Population variation of Carabelli's trait. *Human Biology* 52, pp. 63-78.

Scott, G.R., Turner II, C.G. 1997

The anthropology of modern human teeth: dental morphology and its variation in recent human populations. Cambridge University Press.

Staley, R.N., Green, L.R. 1971

Bilateral asymmetry in tooth cusp occurrence in human monozygotic twins, dizygotic twins, and nontwins. *Journal of Dental Research* 50, pp. 83-89.

Suarez, B.T. 1974

Neandertal dental asymmetry and the probable mutation effect. *Am. Journal of Physical Anthropology* 41, pp. 411-416.

Trinkaus, E. 1978

Bilateral asymmetry of human skeletal traits. *American Journal of Physical Anthropology* 49, pp. 315-318.

Turner II, C.G., Scott, G.R. 1977

Dentition of Easter Islanders. In: Dahlberg, A.A., Graber, T.M. (eds). *Orofacial growth and development*. Mouton. Le Hague. pp. 229-249.

Turner II, C.G., Nichol, C.R., Scott, G.R. 1991

Scoring procedures for key morphological traits of the permanent dentition: the Arizona State University Dental Anthropology System. In: Kelley, M.A., Larsen, C.S. (eds). *Advances in dental anthropology*. Wiley Liss. New York. pp. 13-31.

Van Valen, L. 1962

A study of fluctuating asymmetry. *Evolution* 16, pp. 125-142.

Waddington, C.H. 1957

The strategy of genes. Allen et Unwin. Londres.

Adresse

Suzanne Eades

Laboratoire de Paléanthropologie

Département d'Anthropologie

Université de Genève

12, rue Gustave-Revilliod

CH-1227 Les Acacias/Genève

Eingang: 22. 10. 2001

## 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 ad interim:  
Andreas Cueni, Gerhard Hotz

Korreferentin (textes français):  
Isabelle Gemmerich, Brugg

Layout:  
Andreas Cueni, Kriens

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

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève  
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Berli  
(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

## Radiologische Morphologie und Differentialdiagnostik von Oberflächenveränderungen (Periostreaktionen) am postcraniellen Skelett

Frank J. Rühli und Thomas Böni

### Abstract

Intra vitam pathologies and post mortem taphonomic conditions show typical bony surface reactions on the postcranium. The aim of this article is to briefly present the typical radiological aspects of intra vitam bony surface alterations such as solid or lamellar periostal reactions (see figures). Based on its morphological classification (see Table 1) the most frequent etiologies to be found in paleopathological specimens are listed. Additionally, some general remarks on the interpretation of intra vitam bone reactions, their estimation of malignancy and the best indications of radiological techniques are discussed.

### Einleitung

Oberflächenveränderungen sind am ossären Fundgut häufig anzutreffen. Differentialdiagnostisch lassen sich intra vitam Reaktionen von taphonomischen Veränderungen an der Knochenoberfläche, wie Dekomposition oder Tierfrass (beispielsweise Schneckenfrass, Nagespuren) abgrenzen. Die Morphologie solcher taphonomischer Veränderungen wurden u.a. von Ebersbach (2000) bereits im vorletzten Heft des Bulletins dargestellt.

Pathologische Prozesse am lebenden menschlichen Knochen rufen oft eine beschränkte Anzahl typischer Reaktionsmuster hervor. Basierend auf der makroskopischen und radiologischen Erscheinung, aber auch aufgrund der Lokalisation, des Umfang und deren Verteilung lassen sich mögliche Ätiologien (Ursachen) vermuten.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit<sup>1</sup> ist es, eine kurze Zusammenfassung möglicher radiologischer Muster von ossären Oberflächenveränderungen und ihrer wahrscheinlichen Differentialdiagnosen am historischen Fundgut zu liefern.

### Grundsätzliche Bemerkungen zu ossären Reaktionen

Der menschliche Knochen ist nur zu sehr beschränkten Anpassungsmustern fähig. Als eher bradytrophes (wenig reaktives) Gewebe zeigt der Knochen nur eine begrenzte reaktive Variabilität. Dies erschwert prinzipiell die spezifische Rückführung auf eine zugrunde liegende

---

<sup>1</sup> Dieses Manuskript basiert auf Vorlesungsnotizen vorgetragen von den Autoren am Paläopathologischen Kolloquium (Vorlesung Nr. 870, Universität Zürich) in Basel am 21.6.01.

Ätiologie. Es gilt daher zu beachten, dass eine makroskopisch und radiologisch erkennbare vorwiegend periostale Reaktion auf einen Stimulus mindestens 10 Tage bis 3 Wochen Latenzzeit braucht. Eine sichtbare Osteomyelitis (Knochenmarkentzündung) ist in der Regel immer eine generelle Ostitis (Knochenentzündung) mit Einbezug auch der Nicht-Knochenmark-Anteile. Ein peri mortaler Prozess ohne oder mit noch nicht sichtbarer Vitalreaktion kann ossär nicht von rein postmortalen Veränderungen differenziert werden. Zusätzlich verlangsamt sich diese „Reiz-Reaktions-Kaskade“ deutlich im höheren Lebensalter. Bei der Analyse eines Knochenprozesses sollte man sich immer bewusst sein, dass die Mehrzahl dieser Reaktionen von einem primär extraossären Geschehen induziert sind. Die Frage, ob es sich um einen primären oder sekundären ossären Prozess handelt, ist also essentiell und leider oft nicht abschliessend beurteilbar. Primäre Knochentumore sind beispielsweise - zumindest im aktuellen Krankheitsgut - ca. 10-20 mal seltener als sekundäre Knochen-Metastasen (Tumorableger) von nicht-ossären Primärneoplasien (Tumoren). Es ist also essentiell, sich immer zu fragen ob es sich um ein lokales oder generalisiertes Geschehen handelt, welches sich in Form ossärer Oberflächenveränderungen präsentiert.

Eine Knochenbildung kann prinzipiell auf verschiedenen biologischen Mechanismen basieren:

Reaktiv = „desmale Ossifikation“ (direkte Umwandlung von Bindegewebe zu Knochengewebe aus multipotenten Vorläuferzellen wie Mesenchymzellen oder inaktivem Osteoblast): hervorgerufen durch Entzündungsmediatoren (Trauma, Fremdkörper), vaskulär (Ischämie = verminderte Durchblutung) oder bei Osteoporoseveränderungen.

Metaplasie = Umwandlung in verwandtes Gewebe (aus Fibroblast, einer Vorstufe von Bindegewebszellen): vorzufinden bei Kallusbildung (Knochenschwiele) und Knochenmarkinfarkt.

Neoplasie = Gewebeneubildung bei Tumoren unterschiedlicher Dignität (Wertigkeit im Sinne von Bös- resp. Gutartigkeit) gebildet aus Vorläuferzellen wie Osteoblasten.

#### Grundsätzliche Bemerkungen zu ossären Oberflächenveränderungen

Eine Grobklassifikation von Oberflächenveränderungen sollte folgende Hauptkategorien umfassen:

- Postmortale Reaktionen
- Intravitale Prozesse:
  - Kortikalisdestruktion mit/ohne Periostreaktion
  - Subperiostale Veränderungen (zum Beispiel Blutungen)
  - Periostreaktionen
  - Varia wie Neocortex (neue Knochenschale), Exostosen (Knochenvorsprünge), Rippenusuren (Konturdefekte der Rippenkanten), Periostitis (Periostentzündung)

Die Ätiologien intra vitaler Prozesse, welche sich als Oberflächenveränderungen am Knochen manifestieren, gehören allen pathologischen Hauptkategorien an. Einige Beispiele hierfür sind:

- Chronisch entzündlich/infektiös (beispielsweise posttraumatisch, rheumatoide Arthritis)
- Degenerativ (Arthrose)



- Tumorös (primär, sekundär)
- Hormonell (zum Beispiel Hyperostosis frontalis interna)
- Metabolisch (Vitamin C/D-Mangel, Blutarmut)

Die makroskopische Erscheinung einer ossären Oberflächenveränderung sollte ebenfalls beschrieben und in die differentialdiagnostischen Überlegungen einbezogen werden. Dieses makroskopische Muster kann linear, wellig bis höckerig, feinporös, flächig, schwammig, stachelartig („Spiculae“) oder tropfenförmig sein.

Die reaktiven Oberflächenveränderungen dienen - mechanisch gesehen - oft primär als Stabilitätsgarant. Sie sind ein wichtiger Indikator für die biologische Aktivität einer Läsion. Einer fehlenden Periostreaktion kann entweder ein sehr kleiner oder ein sehr schneller Prozess zugrunde liegen. Auch ein sehr langsamer Prozess eines areaktiven Organismus, beispielsweise bei schlechtem Allgemeinzustand, mangelhafter Ernährung oder hohem Alter - alles Faktoren die die Reaktionsfähigkeit vermindern - ist möglich.

#### Hauptformen von Periostreaktionen (Abb. 1-7)

Generell unterscheidet man bei Periostreaktionen zwischen *kontinuierlichen* und *unterbrochenen* Reaktionsmustern. Die in Tabelle 1 aufgeführten Ätiologien sind nicht abschliessend und können sich zudem meistens periostal sowohl solide als auch lamellär manifestieren.

#### Solide Periostreaktion (Abb. 1)

Ununterbrochene Periostreaktion unterschiedlicher Ausprägung (Dicke).

Diese teilen sich auf in schmal (< 1 mm), intermediär (1-2 mm) und dick (> 2 mm). Letztere lassen sich weiter unterteilen in gerade, wellig oder elliptisch.

Eine solide, dicke, ellipsoide Periostreaktion mit zentralem Nidus (röntgentransparente Zone) ist diagnostisch pathognomisch für ein Osteoidosteom.

#### Sonderformen (und ihre grobe paläopathologische Häufigkeit)

- Nodulär – Chronisch venöse Insuffizienz (häufig)
- Spornbildung – Metastase (gelegentlich)
- Trabekuliert – Bluterguss (gelegentlich)
- Undulierend/wellig – Primäre hypertrophe Osteoarthropathie (sogenannte Pierre-Marie-Bamberger-Krankheit, selten).

#### Lamelläre Periostreaktionen (Abb. 2/3)

In der Regel < 2 mm dicke, einzelne oder mehrere Lamellen, welche im Kleinkindesalter (2./3. Lebensmonat, besonders bei Frühgeborenen) physiologisch sind. Je dicker die Einzel-lamelle, desto weniger aggressiver ist der Prozess insgesamt.

Tabelle 1: Hauptformen von Periostreaktionen und ihre häufigsten paläopathologischen Differentialdiagnosen

Typ der Periostreaktion	Ätiologien	Paläopathologische Häufigkeit/ Bemerkungen
Kontinuierlich–solid (Abb. 1)	Akute und chronische Knochenentzündungen, bei Tuberkulose (Tbc), Syphilis	Sehr häufig, Tbc mit oft geringer Periostreaktion
	Arterielle und venöse Durchblutungsstörungen	Häufig, dick, wellig symmetrisch v.a. an den unteren Extremitäten zu finden
	Vitaminmangel C und D und Hypervitaminose A	Häufig, symmetrisch, Hypervitaminose A, vor allem diaphysär
	Benigne (z.B. Osteoidosteom) und Maligne Tumore (Osteo-Sarkom, Ewing-Sarkom)	Häufig
	Rheumatische Krankheiten (z.B. rheumatoide Arthritis, Arthritis psoriatica, Reiter-Syndrom)	Häufig
	Frakturen, Stressfrakturen	Häufig, Stressfrakturen, vor allem diaphysär
	Knocheninfarkt	Gelegentlich, jedoch oft verkannt; häufig bei Sichelzellanämie
	Paget-Krankheit	Selten
Kontinuierlich–lamellär (Abb. 2/3)	Trauma, Bluterguss	Häufig
	Rheumatische Krankheiten (z.B. rheumatoide Arthritis, Arthritis psoriatica, Reiter-Syndrom)	Häufig
	Metastasen	Gelegentlich
	Subakute Knochenentzündung	Gelegentlich
Unterbrochen (Abb. 5)	Akute Knochenentzündung	Häufig
	Metastasen	Häufig
	Tumore (z.B. Osteo-Sarkom, Ewing-Sarkom)	Gelegentlich
	Blutarmut (zum Beispiel Sichelzellanämie, Thalassämie)	Gelegentlich
Komplex-Spiculae (Stacheln, Abb. 6)	Gleich lang: Thalassämie (oft am Schädel) Unterschiedlich lang, divergierend: Tumor	Gelegentlich
Komplex-Kombination obiger Typen	Maligne Tumoren, Metastasen	Gelegentlich, oft amorphes Muster

Sonderformen:

- Sogenanntes Codman-Dreieck (Abb. 4): unterbrochen, unilamelläre lokale Periostabhebung mit Verkalkung (z.B. Tumore, Knochenmarkentzündungen, Frakturen, subperiostale Blutungen)
- Lamellär mit nodulären Auflagerungen
- Multilamellär („Zwiebelschale“, Abb. 5): Malignitätszeichen (Tumore, z.B. Ewing-Sarkom).



Abb. 1: Kontinuierlich-soliden Periostreaktion

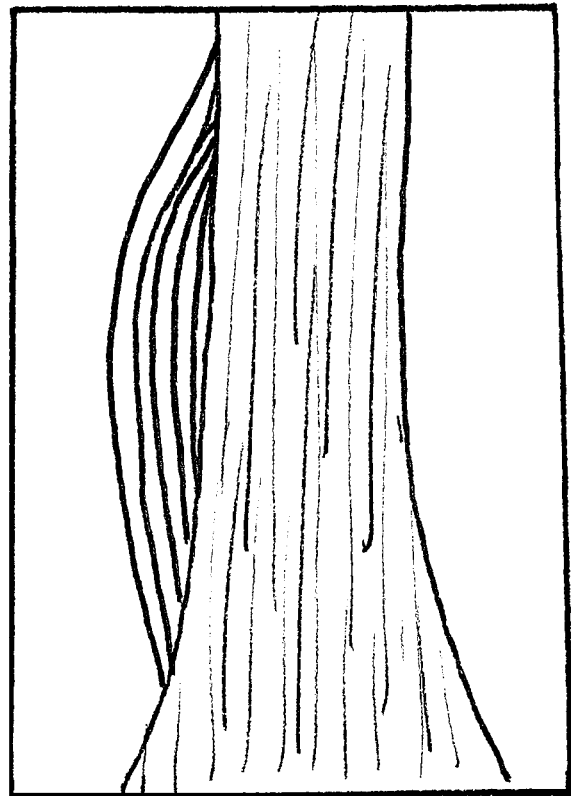


Abb. 2: Kontinuierlich-(einzelne)lamelläre Periostreaktion

### Spiculae

Senkrecht zur Kortikalis stehende Perioststacheln, tendenziell ein Zeichen von Malignität (Bösartigkeit, Abb. 6)

### Varia

#### Rippenusuren

Mögliche Ursachen von Einkerbungen an der *Rippen-Oberkante*:

- Rheumatisch (zum Beispiel Rheumatoide Arthritis, Kollagenosen; häufig)
- Andere (beispielsweise restriktive Lungenerkrankungen mit Verminderung des elastischen Lungengewebes, selten)

Alterationen vorwiegend an der *Rippen-Unterkante*:

- Vaskulär (vom Gefäßsystem ausgehend, zum Beispiel Malformationen, sogenannte Aortenisthmusstenose; selten)
- Neurogen (vom Nervensystem ausgehend, zum Beispiel Neurinom; selten)
- Andere (Formen von Blutarmut, zum Beispiel Thalassämie; selten)

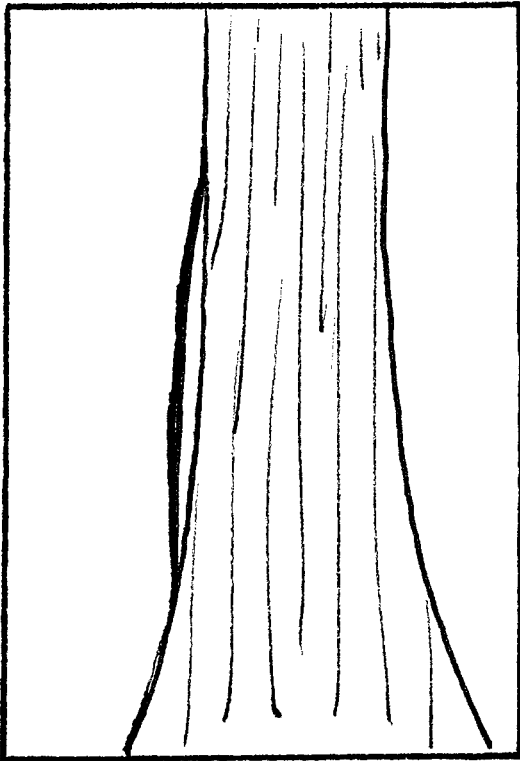


Abb. 3: Kontinuierlich-(multiple)lamelläre Periostreaktion

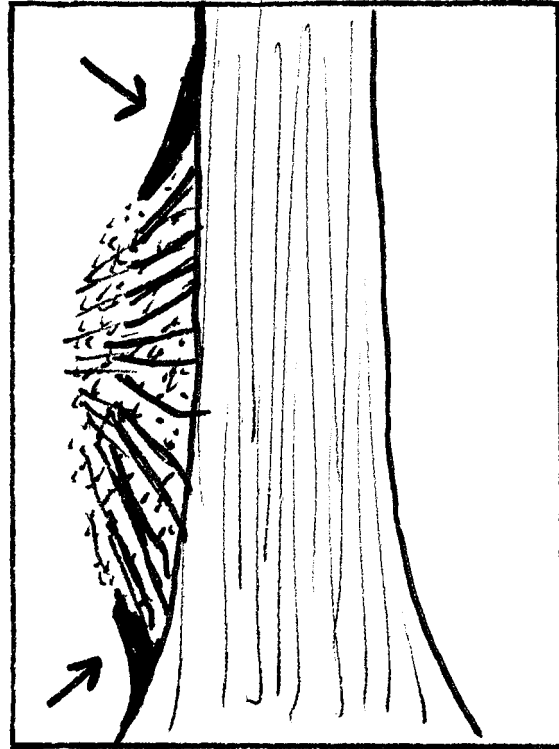


Abb. 4: Sogenanntes „Codmann-Dreieck“

#### Exostose (Abb. 7)

##### Formen:

- stilartig
- breitbasig
- gelegentlich zusätzlich mit distalen Knorpelkappen

##### Mögliche Ursachen:

- Neoplasien (beispielsweise multiple kartilaginäre Exostosen-Krankheit, fibröse Dysplasie, Osteochondrom; gelegentlich)
- Myositis ossificans (Verknöcherung der Muskulatur beispielsweise nach Trauma; selten)

#### Neocortex

Beim sogenannten Neocortex wird die ursprüngliche Kortikalis durch eine Knochenschale ersetzt; tendenziell ein Zeichen für langsames Wachstum (bei gewissen Tumoren, beispielsweise Enchondrom)

#### Periostitis

Eine Verdickung des Periostes an Sehnen- und Bandinsertionen - auch Barthaare („whiskering“) genannt - kann degenerativ (in der Regel asymmetrisch), entzündlich (beispielsweise Spondylarthropathien, eher symmetrisch) oder posttraumatisch (vor allem bei chronischer Überbelastung) bedingt sein. In ausgeprägten Fällen sind eigentliche Sporenbildungen möglich. Weitere Ätiologien dieser sich vorwiegend am Becken oder Calcaneus manifestierenden Veränderungen sind beispielsweise Akromegalie (abnorme

Vergrosserung der Akren), Fluorose (Fluorüberschuss) und Hypoparathyreoidismus (Unterfunktion der Nebenschilddrüsen).

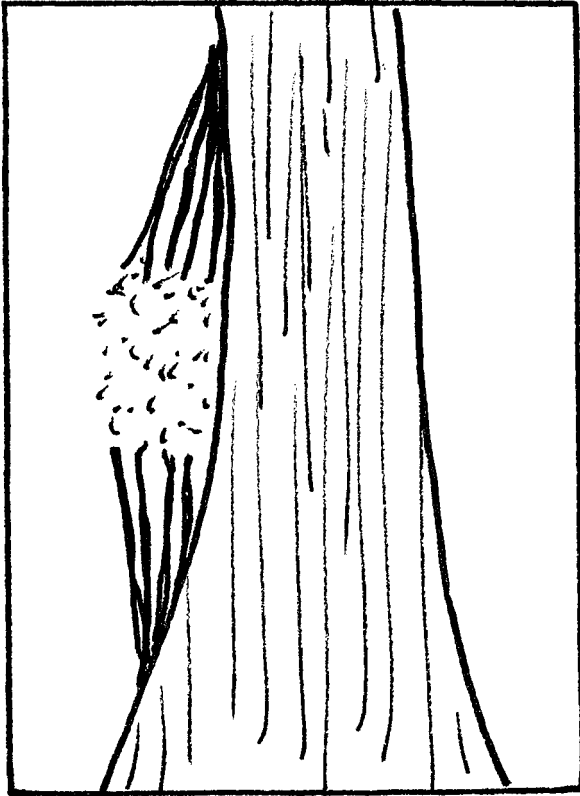


Abb. 5: Unterbrochene Periostreaktion

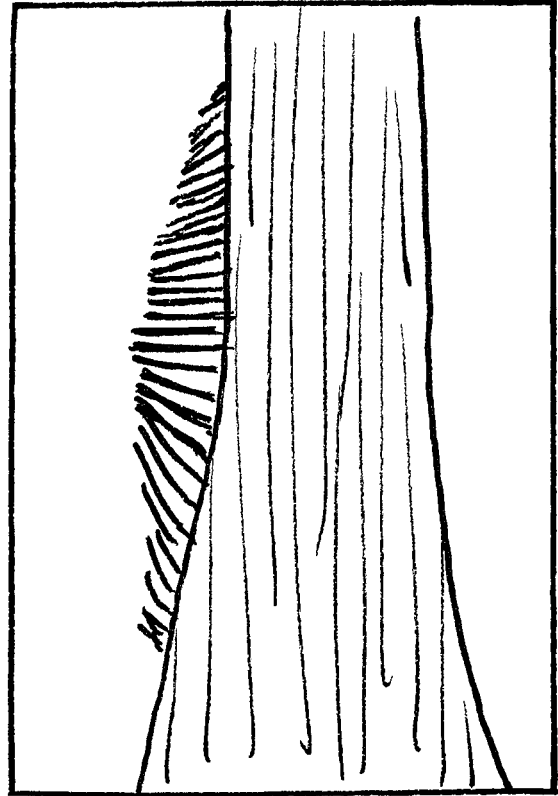


Abb. 6: Spiculae

#### Beurteilung der Aggressivität einer Periostreaktion

Ist keine Reaktion oder nur eine schmale Auflagerung sichtbar kann prinzipiell keine Aussage bezüglich der Aggressivität der Noxe gemacht werden (siehe auch oben), da es sich sowohl um einen extrem aggressiven als auch äusserst gutartigen Prozess handeln könnte. Ein Neocortex spricht eher für ein benignes Geschehen. Solide dicke Periostreaktionen sind ebenfalls eher benigne; hingegen sind Spiculae und komplexe Reaktionen als tendenziell maligne Zeichen zu werten. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass die sogenannte Wachstumsgeschwindigkeit eines Gewebes nicht mit dessen Dignität verwechselt werden darf. Auch gutartige Prozesse können bei spezieller anatomischer Lokalisation schwerwiegende Auswirkungen haben (beispielsweise sekundäre Frakturen im Femurhals-Gebiet).

#### Indikationen bildgebender Verfahren

Als adäquates bildgebendes Verfahren, insbesondere für grössere „Screeninguntersuchungen“ ist die konventionelle Röntgenaufnahme nach wie vor der „Goldstandard“. Moderne digitale konventionelle Röntgenaufnahmen erlauben ein postexpositionelles Nachverarbeiten der Bilder und damit ein Hervorheben pathologischer Befunde. Konventionelles Röntgen ist überall

verfügbar, billig und weist ein ausgezeichnetes Auflösungsvermögen auf. Ein Nachteil ist jedoch der bildliche Summationseffekt bei übereinander liegender Strukturen.

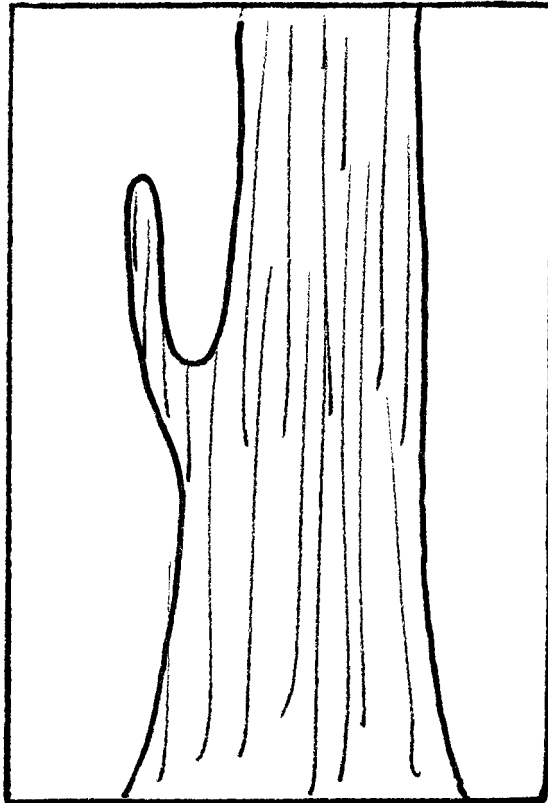


Abb. 7: Exostose

Als „Indikationsmethode“ zur vertieften Abklärung hat sich die Computertomographie (CT) etabliert. Insbesondere Spiral-CT und neuerdings Mehrzeilen-CT erlauben eine qualitativ hochwertige Darstellung pathologischer Veränderungen in Form von Schnittbildern; insbesondere können Grenzflächen und Markräume sehr gut dargestellt werden. Dichtemessungen unbekannter Strukturen helfen zur differentialdiagnostischen Eingrenzung. Der Nachverarbeitung (virtuelle Schnittebenen und Oberflächendarstellungen) sind praktisch keine Grenzen gesetzt. Die Magnetresonanztomographie hat beim lebenden Knochen eine wichtige Bedeutung bei der differentialdiagnostischen Abklärung unklarer Periostreaktionen. Da dieses bildgebende Verfahren auf dem unterschiedlichen Wassergehalt lebender Gewebe beruht, zeigt es jedoch keine sinnvolle Resultate am mazerierten und getrockneten Knochen.

#### Referenzen und weiterführende Literatur

Bohndorf K. 1995  
Knochenläsionen im Röntgenbild, Thieme, Stuttgart/New York.

Burgener F.A., Kormano M. 1995  
Radiologische Differentialdiagnostik in Orthopädie und Rheumatologie. Thieme Verlag. Stuttgart - New York.

Ebersbach R. 2000  
Handout zum Taphonomie-Workshop. Bull. Soc. Suisse d'Anthrop. 6(2), S. 69-79.

Herrmann B., Grupe G., Hummel S., Piepenbrink H., Schutkowski H. 1990  
Prähistorische Anthropologie. Springer, Berlin.

Ragsdale B.D., Madewell J.E., Sweet D.E. 1981  
Radiologic and pathologic analysis of solitary bone lesions. Part II: Periosteal reactions. Radiol. Clin. N. Am. 19, S. 749-783.

Rothschild B.M., Martin L.D. 1993  
Paleopathology, CRC Press, Boca Raton.

Specht N.T., Russo R.D. 1998  
Practical Guide to Diagnostic Imaging, Mosby, St.Louis.

Vögeli E. 1999  
Praktische Skelettradiologie, Hans Huber, Bern.

#### Anschrift

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

Eingang. 28. 11. 2001

## 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 ad interim:  
Andreas Cueni, Gerhard Hotz

Korreferentin (textes français):  
Isabelle Gemmerich, Brugg

Layout:  
Andreas Cueni, Kriens

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

Herstellung: Atelier d'Impression de l'Université de Genève  
Couverture: Montage Isabelle Gemmerich d'après un dessin original de Lucrezia Bieler-Berli  
(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