

Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie



Heft
Volume **1**
2004

Bulletin de la Société Suisse
d'Anthropologie

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)

Jahrgang 10, Heft 1, 2004

Redaktion:
Andreas Cueni, Gerhard Hotz, Tanya Uldin

Korreferentin (textes français):
Isabelle Gemmerich, Brugg

Layout:
Andreas Cueni, Kriens

Bezugsort:
Gerhard Hotz, Naturhistorisches Museum, Augustinergasse 2, CH-4001 Basel
Tel. 061 266 55 45 / Fax 061 266 55 46
E-mail: gerhard.hotz@bs.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

Erscheinungsdatum: Juli 2004

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

Inhaltsverzeichnis

Wissenschaftliche Arbeiten

Alfred Czarnetzki, Carsten M. Pusch Prinzipien der Paläanthropologie gestern, heute, morgen	1
Annina A.-M. Gaschen, Urs Krähenbühl, Max Döbeli, Andreas Markwitz and Bernard Barry Studies on Fluorine Diffusion in Archaeological Bones	23
Gabriela Caplazi Eine Untersuchung über die Auswirkungen von Tuberkulose auf Anlagerungsfrequenz und Beschaffenheit der Zementringe des menschlichen Zahnes	35
Thomas Becker Der Kirchenfriedhof von Langenfeld-Richrath, Kr. Mettmann D. Ein Vorbericht.....	85

Mitteilungen

SANW Nachwuchsförderung in den Naturwissenschaften. Patenschaft für Maturaarbeiten. Promotion des sciences naturelles auprès des jeunes. Des parrainages pour des travaux de maturité	95
--	----

Cribrā orbitalia – Makroskopische Evaluation eines Stressors in der Skelettserie Spitalfriedhof St. Johann in Basel

Sandra Braun

Keywords: Cribrā orbitalia, Hospital Cemetery St. Johann, Basel, 19th century, epidemiology

Inhalt

Abstract	2
Einleitung und Fragestellungen	2
Der Spitalfriedhof St. Johann	3
Demographie und die soziale Situation	4
Die Krankheitsökologie in der Basler Bevölkerung im 19. Jahrhundert	6
Das Symptom Cribrā orbitalia	
Definition der Cribrā orbitalia und Übersicht zu den Ursachen	8
Histologische Untersuchungen	10
Chronische Entzündungen als Ursache der Cribrā orbitalia	11
Parasiten als Ursache der Cribrā orbitalia	12
Thalassämie als Ursache der Cribrā orbitalia	13
Anämie als Ursache der Cribrā orbitalia	14
Cribrā orbitalia als Autoimmunreaktion des Körpers	16
Siedlungs- und Lebensform als Einflussparameter auf Cribrā orbitalia	16
Können Cribrā orbitalia verheilen?	19
Cribrā orbitalia und porotische Hyperostose	19
Einteilungssysteme der Ausprägungsgrade der Cribrā orbitalia	21
Verschiedene Studien im Vergleich	24
Material	
Geschlechts- und Altersverteilung in der Stichprobe	28
Methoden	
Angewandtes Einteilungssystem	30
Krankheitskategorien	30
Retrospektive Diagnostik	31
Resultate	
Verheilungsspuren bei Cribrā orbitalia	32
Cribrā orbitalia bei den Geschlechtern	33
Cribrā orbitalia bei den Altersgruppen	34
Cribrā orbitalia und Tuberkulose, Typhus und Lungenentzündung	36
Cribrā orbitalia nach den vier Krankheitskategorien	39
Cribrā orbitalia und die regionale Herkunft	42

Cribrā orbitalia bei der Schweizer Stadt- und Landbevölkerung	42
Cribrā orbitalia und die Herkunftsländer	43
Symmetrien der Cribrā orbitalia	46
Vaskularisierungen	46
Diskussion und Schlussfolgerungen	48
Literaturverzeichnis	50

Abstract

Cribrā orbitalia, a pathological condition in the orbital roof, as well as vascularizations in the same spot and healing traces of both lesions were observed macroscopically. Cribrā orbitalia as an indicator for health stress is recorded in most skeletal populations. However, the exact aetiology has not been thoroughly understood yet.

The individuals buried on the Hospital Cemetery St. Johann belonged to the socio-economic low class in the up-coming industrialization in the city of Basel during mid-19th century. At the Public Record Office, the death records as well as the hospital archive books were found. Thus, identification of the exhumed individuals was possible. Data such as name, sex, age at death, profession, regional origin and cause of death are available.

The data collected in this study on 274 crania were then correlated to the informations about the individuals. The aim was to link Cribrā orbitalia to any of the skeletal data and thus to shed more light on the phenomenon.

Many of the obtained results do not correspond to the expectations. Cribrā orbitalia can be observed more frequently in men than in women. With increasing age the prevalence of Cribrā orbitalia decreases in men while the contrary is the case in women. The causes of death appear to have no correlation with Cribrā orbitalia lesions. However, some very important questions in research have arisen with this study.

Einleitung und Fragestellungen

Die vorliegende Arbeit basiert auf einer anthropologischen Diplomarbeit an der Universität Basel. Die Datenaufnahme und Auswertung hat im Naturhistorischen Museum Basel stattgefunden.

Das Symptom Cribrā orbitalia ist ein in der Anthropologie in Bezug auf die Gesundheitssituation (prä-)historischer Skelettserien häufig verwendeter Parameter; ein so genannter Stressor. Die Kausalität des Symptoms Cribrā orbitalia wird seit geraumer Zeit intensiv und kontrovers diskutiert (siehe Kapitel *Das Symptom Cribrā orbitalia*). Die vorliegende Arbeit befasst sich unter anderem mit dem Studium eines möglichen Zusammenhanges von Cribrā orbitalia und den Todesursachen der untersuchten Individuen. Zu diesem Zweck eignet sich die Skelettserie Spitalfriedhof St. Johann hervorragend, da für diese Serie die vollständigen Krankenakten vorliegen. In der Regel kann eine anthropologische Studie lediglich Krankheiten studieren, welche sich am Skelett manifestieren. Dabei ist zu beachten, dass dies die Minderheit der Krankheiten betrifft. Aggressive Krankheiten, welche schnell zum Tod führen, haben nicht genug Zeit, ihre spezifischen (oder unspezifischen) Spuren am Skelett zu hinterlassen.

Es seien hier folgende Annahmen bezüglich einer Ausbildung von Cribrā orbitalia im Erwachsenenalter formuliert. Es wird vorausgesetzt, dass eine ursächliche Erkrankung lange genug dauern muss, um eine Knochenveränderung im Sinne von Cribrā orbitalia zu bewirken.

Aus der Literatur liegen hierzu keine Angaben vor. Deshalb wird eine hypothetische Zeitspanne von einem bis zwei Monaten als Ausbildungsdauer angenommen. Daraus folgt die Annahme, dass chronische Krankheiten eher in der Ausbildung von *Cribr orbitalia* resultieren können, als schnell zum Tod führende Krankheiten (siehe Abschnitt *Krankheitskategorien*).

Folgende Fragestellungen stehen im Zentrum dieser epidemiologischen Untersuchung:

1. Können *Cribr orbitalia* verheilen?
2. Besteht ein geschlechtsspezifischer Unterschied bezüglich des Auftretens von *Cribr orbitalia*?
3. Kommen in einer bestimmten Altersgruppe vermehrt *Cribr orbitalia* vor?
4. Kann ein gehäuftes Auftreten von *Cribr orbitalia* im Zusammenhang mit einer bestimmten Todesursache beobachtet werden?
5. Weisen Individuen aus der gleichen Herkunftsregion häufiger *Cribr orbitalia* auf?
5. Treten *Cribr orbitalia* in dieser Skelettserie symmetrisch auf, oder ist eine Körperseite bevorzugt?
7. Wie häufig sind Vaskularisierungen in der Stichprobe?

Der Spitalfriedhof St. Johann

In der vorliegenden Arbeit soll nur auf die wichtigsten Eckdaten bezüglich der anthropologischen Grabung und der zeitlichen und sozialen Zugehörigkeit der untersuchten Individuen eingegangen werden. Für eine ausführlichere Darstellung sei an dieser Stelle auf die Arbeiten von Etter et al. (1993), Etter und Lörcher (1994), Lörcher (1999) und zum aktuellen Forschungsstand auf Hotz und Cueni (2003) verwiesen.

Im Sommer 1988 und im Frühling 1989 wurde von der Archäologischen Bodenforschung Basel-Stadt, unter der wissenschaftlichen Leitung von PD Dr. Hu. F. Etter, der Spitalfriedhof St. Johann ausgegraben. Der Friedhof gehörte zum Basler Bürgerspital, wo vorwiegend Unvermögende oder Durchreisende behandelt wurden. Das Bürgerspital beinhaltete auch eine Pfrundanstalt, was heute einer Geriatrie entsprechen würde. Während der Ausgrabung wurden 1061 Gräber gehoben. Davon wurden 569 Skelette auf dem Friedhof Hörnli in Basel wiederbestattet, nachdem sie *in situ* eingemessen und untersucht worden waren. Im Naturhistorischen Museum werden nun die übrigen 219 vollständigen Skelette, sowie weitere 273 Pathologien aus der Serie aufbewahrt und wissenschaftlich bearbeitet.

Die Belegungszeit des Friedhofes betrug 23 Jahre. Das erste Individuum wurde dort im Jahr 1845 und das letzte 1868 bestattet. Dies war die Zeit der frühen Industrialisierung in Basel. Während dieser Zeit wurden vor allem Textilfabriken gebaut und die zum Teil zugewanderten Leute zu schlechten Bedingungen angestellt. Zugewandert sind die Arbeiter vor allem von der übrigen deutschsprachigen Schweiz, von Süddeutschland und von Frankreich (Etter et al. 1993).

Diese Stichprobe ist eine künstliche Auswahl aus der damaligen Bevölkerung von Basel. Auf diesem Friedhof wurden jene Personen bestattet, die es sich nicht leisten konnten, anderswo privat beerdigt zu werden. Die Auslese fand aufgrund der sozio-ökonomischen Zugehörigkeit statt. Vermögendere Personen starben ebenfalls im Bürgerspital (dem damals einzigen Spital in Basel), wurden jedoch von der Familie auf einem anderen Friedhof bestattet. Dies ist auch der Grund, weshalb mehr Männer als Frauen in der Stichprobe zu finden sind:

Frauen konnten es sich noch weniger leisten als Männer, im Spital medizinisch versorgt zu werden. Kinder sind kaum im Spital betreut worden; hierzu fehlte das Geld gänzlich.

Über den Spitalfriedhof ist festzuhalten, dass es sich bei den beerdigten Individuen um Mitglieder der sozialen Unterschicht handelt, welche zu schlechten Bedingungen arbeiten und wohnen mussten, und somit vermehrt Pathogenen ausgesetzt waren als die obere Bevölkerungsschicht. Die Pathologien, welche die Individuen aus dem St. Johann Spitalfriedhof aufweisen, sind zahlreich, schwerwiegend und bezeichnend für Populationen in jener Zeit und sozialen Schicht.

Ein glücklicher Umstand führte nach den Ausgrabungen in den Jahren 1988 und 1989 zur Identifikation der gehobenen Skelette aus verschiedenen schriftlichen Quellen. Im Staatsarchiv fand sich das Sterberegister, wo alle verstorbenen Personen erfasst wurden (N. N. 1842-1864). Anhand dieses Sterberegisters, sowie des Gräberverzeichnisses (N.N. 1845-1868) war es möglich, die ausgegrabenen Individuen mit Name, Geschlecht, Sterbealter, Herkunft, Stand (Beruf), Geburts- und Sterbedatum und Krankheit zu identifizieren (siehe auch Etter und Lörcher 1994). Grundsätzlich wird für die Individuen unter vier Identifikationsgraden unterschieden. Anhand der schriftlichen Quellen konnten die meisten Individuen sicher oder wahrscheinlich identifiziert werden. Einige Individuen konnten nur unsicher oder gar nicht identifiziert werden. Für die vorliegende Studie wurden ausschliesslich die Schädel von sicher und wahrscheinlich identifizierten Individuen berücksichtigt. Da im Spitalarchiv zusätzlich die Krankengeschichten aufbewahrt wurden, sind nun auch die Leidenswege der Bestatteten bekannt. Die Krankengeschichten umfassen zwei bis sechs Seiten Krankenbericht pro Person mit anschliessendem Sektionsbericht.

Im Folgenden soll die Frage der Repräsentanz der Spitalfriedhofserie St. Johann bezüglich der städtischen Bevölkerung von Basel erörtert werden. Zudem wird die Frage diskutiert, inwieweit die im Sterberegister verzeichneten Krankheiten als fürs 19. Jahrhundert charakteristisch gekennzeichnet werden können.

Demographie und die soziale Situation

Laut den Volkszählungen von 1847 und 1860 lebten mehr Frauen als Männer in der Stadt Basel. Im Jahr 1847 hielten sich 17% mehr Frauen als Männer in der Stadt Basel auf und 1860 waren es noch 4%. Unter diese gezählten Individuen fallen Kantonsangehörige, Schweizer aus anderen Kantonen, sowie Ausländer. Die Gemeindebürger von Basel-Stadt machten im Jahr 1860 lediglich 27.6% der gesamten Stadtbevölkerung aus. Die restlichen Bewohner waren Niedergelassene und Aufenthalter. Im Jahr 1847 kamen auf 100 Basler Bürger im Alter zwischen 20 und 30 Jahren 380 Nicht-Basler. Im Durchschnitt auf alle Altersgruppen verteilt lebten 185 Nicht-Basler auf 100 Basler in der Stadt. Es wird deutlich, dass vornehmlich junge Leute nach Basel zugewandert sind (Burckhardt-Fürstenberger 1861).

In der Zeit zwischen 1835 und 1860 haben sich die sanitäre, sowie die Wohnsituation der Basler Unterschicht stark verschlimmert. In dieser Zeit stieg die Einwohnerzahl der Stadt Basel von 21'219 auf 37'915, ohne dass wesentlich mehr Wohnraum geschaffen wurde. In der Innerstadt hat sich die Zahl der Bewohner eines Hauses fast verdoppelt. Der Umstand, dass erst am Ende des 19. Jahrhunderts eine Kanalisation gebaut wurde, macht die schlechten sanitären Verhältnisse deutlich. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts hat sich Basel zur Grosstadt mit über 100'000 Einwohnern entwickelt. In der Belegungszeit des St. Johann Spitalfriedhofes (1845 bis 1868) war die Zuwachsrate in der Basler Bevölkerung mit 3.25% pro Jahr besonders hoch. Der Hauptgrund dafür war die Zuwanderung von Arbeitskräften aus

den umliegenden Gebieten, vor allem Basel-Land, Aargau, Elsass, Baden und Württemberg. Diese zugewanderten Arbeitskräfte waren jedoch sehr mobil, das heisst, sehr viele wurden nicht in Basel sesshaft, sondern wanderten bald wieder aus. So wurden in Basel zwischen 1860 und 1870 mehr als 100'000 Arbeitsbewilligungen erteilt. Das Ausmass dieser Zuwanderung wird im prozentualen Anteil der Basler Kantonsbürger ersichtlich. Während es 1837 42.5% aller Bewohner des Kantons Basel-Stadt waren, so waren es 1870 nur noch 30%. Dieser Trend in der Bevölkerungsentwicklung stellt jedoch keinen Ausnahmefall dar, sondern entspricht der allgemeinen Tendenz vieler europäischer Städte jener Zeit. Der grösste Teil dieser zugewanderten Bevölkerung stammte aus ländlichen Gebieten. Sie waren in der Hoffnung nach Basel abgewandert, in den Basler Fabriken oder Haushalten ein besseres Auskommen verdienen zu können als in der Heimat. Die Basler Bürger reagierten auf dieses Bevölkerungswachstum jedoch eher mit Zurückhaltung und versuchten nach Möglichkeit, die zugewanderten, meist katholischen Nicht-Basler aus dem Bürgerrecht und der politischen Mitbestimmung ausgeschlossen zu halten. Dieses Widerstreben betraf zu Anfang vor allem die Konfession. So wurden zum Beispiel erst im Jahr 1872 erstmals Juden in das Basler Bürgerrecht aufgenommen. Etwas später war dieses Kriterium nicht mehr hauptsächlich. Eine Aufnahme in das Bürgerrecht bedingte vorerst die Konvertierung zum Protestantismus, aber auch wirtschaftliche Sicherheit, sowie hohe Aufnahmegebühren. Ab 1848 betragen diese Gebühren für einen Schweizer Fr. 900.- und für Ausländer Fr. 1200.-, bei einem durchschnittlichen Jahreseinkommen einer Arbeiterfamilie von weniger als Fr. 2000.- (Wecker 2000). Diese Kosten hatten sich aufgrund eines Gesetzes für erleichterte Einbürgerung bereits gesenkt, waren früher also noch höher. Diese Erleichterungen bei der Einbürgerung wurden erlassen, um kein Missverhältnis zwischen Bürgern und Niedergelassenen entstehen zu lassen. Der von der konservativen Seite befürchtete Zustrom von Neueinbürgerungen blieb jedoch zur Überraschung aller aus (Pfister 1976). Ausserdem war der „gute Leumund“ ein wichtiges Kriterium für die Einbürgerung (Wecker 2000, Pfister 1976).

Die zugewanderten Frauen arbeiteten vor allem als Dienstmädchen bei Basler Familien. Bereits um 1870 waren über die Hälfte aller Fabrikangestellten Frauen. Gegen Ende des 19. Jahrhunderts fanden sich weibliche Angestellte zu je einem Drittel in den Sektoren Industrie, Gewerbe und Privathaushalt (Wecker 2000). Diese fremden Frauen stellten jedoch für viele Basler eine Gefahr dar. Sie wurden mit minderwertiger Produktionskraft gegenüber männlichen Arbeitskräften und „Gefahren für die öffentliche Sittlichkeit“ (zit. Kinkelin 1872, aus Wecker 2000) in Zusammenhang gebracht. Dennoch verdankt die Basler Industrie einen Teil ihrer Erfolge dem weiblichen Geschlecht, vor allem in den Seidenbandwebereien, welche im 19. Jahrhundert in Basel grossen Aufschwung erfuhren. In der ersten Fabrikzählung 1870 waren 5000 der 6600 Fabrikarbeiter in der Seidenindustrie angestellt. Andere Industriezweige in jener Zeit waren etwa die Baumwoll- und Tabakmanufakturen, sowie Papiermühlen. Die chemisch-pharmazeutische Industrie etablierte sich erst im 20. Jahrhundert in Basel.

Neben den zugewanderten Nicht-Baslern kamen auch viele Heimatlose nach Basel. Die Heimatlosen waren Vertriebene aus Kriegszeiten, vor allem aus den napoleonischen Kriegen (1803-1814) und den französischen Revolutionskriegen (1792-1802). Diese Menschen mussten versuchen, sich irgendwo ein Auskommen zu verdienen. Das Wort Heimatloser war gleichgestellt mit „Vagantismus, Armut und Bettel“. In der Stadt Basel sind Zahlen dieser Heimatlosen erst im 19. Jahrhundert bekannt. In der Volkszählung von 1837 sind bei einer Gesamtbevölkerung von 23'911 Menschen 242 Heimatlose verzeichnet, was 1% entspricht. Im Jahr 1860 waren es nur noch 24 Heimatlose, da sich viele unterdessen bereits eingebürgert hatten (Pfister 1976).

Die Wohnverhältnisse der Basler Arbeiter wurden in einer „Wohnungenenquête“ von 1889 nach dem Vorstoss des sozialdemokratischen Grossrates Wilhelm Arnold untersucht und als katastrophal bezeichnet. Diese Enquête wurde also erst durchgeführt, nachdem der St. Johann Spitalfriedhof bereits aufgelassen worden war. Bemängelt wurde vor allem das Fehlen von Küchen und sanitären Einrichtungen in den Arbeiterwohnungen. Ausserdem nahmen sich viele Familien mit bereits überbelegten Schlafräumen sogenannte „Schlafgänger“, um die Mietkosten teilen zu können. Nebst den äusserst schlechten Wohnverhältnissen hatte die Arbeiterschaft auch mit niedrigen Löhnen, unsicheren Arbeitsplätzen und langen Arbeitszeiten zu leben. Bis 1869 gab es in Basel keine Regelung der Arbeitsverhältnisse. Das erste Fabrikgesetz in der Schweiz entstand im Kanton Glarus im Jahr 1864 und beinhaltete die Festlegung der Höchstarbeitszeit für Erwachsene und die Einschränkung der Kinderarbeit beinhaltete. Ein solches Gesetz trat in Basel erst im Jahr 1870 in Kraft, also wiederum erst nach der Auflösung des St. Johann Spitalfriedhofes. Der Inhalt des Gesetzes war die Verankerung des 12-Stunden-Arbeitstages, das Nachtarbeitsverbot für Frauen und Kinder, Vorschriften über Kündigungsfristen, Unfallschutz und Wöchnerinnenschutz. Die auf dem St. Johann Spitalfriedhof beerdigten Individuen kamen demnach nicht mehr in den Genuss einer solchen Erleichterung für die Arbeiterschaft. Zu Lebzeiten dieser Leute gab es auch noch keine Gewerkschaften (welche erst Mitte der 1880er Jahre samt der Herausgabe der Zeitung „Basler Arbeiterfreund“ organisiert wurden), oder Rechte für allein stehende Frauen. So mussten etwa uneheliche Schwangerschaften gemeldet werden. Väter und Mütter von unehelichen Kindern wurden mit Gefängnis- oder Geldstrafen belegt. Kantonsfremde Frauen, welche mehrmals uneheliche Kinder gebaren, konnten rechtlich aus der Stadt verwiesen werden (Wecker 2000).

Die Armut in der Basler Arbeiterschicht war beträchtlich. Die Hauptgründe für die finanzielle Misere einer Familie waren Krankheit, Unfall, Tod des Familienvaters oder der Familienmutter und Arbeitslosigkeit, sowie die Geburt eines Kindes. Aus dem Steuerregister der Stadt Basel ist zu erfahren, dass solche Armutsverhältnisse in Basler Familien durchaus nicht Ausnahmefälle darstellten, sondern die Mehrheit der Stadtbevölkerung betrafen. Zwei Drittel verdienten weniger als Fr. 2000.- pro Jahr, was als Grenzwert für den Familienunterhalt angesehen werden konnte. Etwa 8.5% der Basler Steuerzahler verdienten zwischen Fr. 2000.- und Fr. 3000.-. Etwa gleich viele hatten ein Einkommen zwischen Fr. 3000.- und Fr. 6000.- und nur 1.9% der Bevölkerung verdiente über Fr. 20'000.-. Alle anderen in der Bevölkerung mussten mit weniger als Fr. 2000.- leben (Wecker 2000). Erst im Jahr 1909 wurde eine freiwillige kantonale Arbeitslosenversicherung gegründet, welche erst 1926 gesetzlich obligatorisch wurde.

Die Krankheitsökologie in der Basler Bevölkerung im 19. Jahrhundert

Krankheitsökologie entspricht weitgehend der Summe aller Einflüsse auf Pathogene und deren Wirte und aller gegenseitigen Wechselwirkungen (Ell 1993). Die Krankheitsökologie ist ein äusserst schwierig zu erfassendes und sicher nicht vollständig klärbares Thema. Jedoch dienen die historischen Lebensumstände als Hinweis darauf, wie retrospektiv die Krankheitsökologie als Erklärung für gewisse Phänomene erstellt werden könnte (Ell 1993).

Das Bevölkerungswachstum im Westeuropa des 19. Jahrhunderts hat bereits im 18. Jahrhundert seinen Anfang genommen. Im Vergleich zu früheren Epochen reduzierte sich die Mortalität, die Lebenserwartung stieg und die Fertilität nahm allmählich zu. Durch die zunehmende innen- und aussenpolitische Stabilität, ein grösseres Verständnis im Umgang mit Nahrungsressourcen, allmähliche Verbesserung der Sanitation und das zunehmende medizini-

sche Wissen um Krankheitsvorbeugung und -heilung wurde das Bevölkerungswachstum gesteigert. Die Umgebung der Menschen spielt hier auch eine grosse Rolle. Während vor dem 19. Jahrhundert der Grossteil der Menschen in Dörfern auf dem Land lebte und nur wenige in Städten, änderte sich diese Situation im 19. Jahrhundert, als sich Grossstädte zu bilden begannen und viele vom Land in die wachsenden Städte abwanderten, auf der Suche nach einem besseren Leben. Dabei ist zu betonen, dass die gesunkene Sterblichkeitsrate lediglich auf die Landbevölkerung zutrifft, nicht jedoch auf die Stadtbevölkerung, wo die Sterblichkeitsrate bis weit ins 19. Jahrhundert hinein hoch blieb (Kunitz 1993).

Es lässt sich vermuten, dass über die Zeit hinweg gewisse Krankheitsklassen seltener wurden, bis sie schliesslich ganz verschwanden. Dies ist offensichtlich all diesen oben genannten Faktoren zuzuschreiben. Die Ernährungssituation wird häufig als der wichtigste Faktor dargestellt, ist aber am wenigsten gut auf Ursache und Wirkung hin untersucht. Die pandemischen und epidemischen Krankheiten wurden als erste seltener. Diese manifestieren sich oft unabhängig von der Ernährungssituation. Als nächstes reduzierten sich die Krankheiten mit lebenslanger Immunität nach der erlittenen Infektion. Am längsten währten jene Krankheiten, welche sich in Symptomkomplexen äusserten und endemischer Natur waren. Dies waren vor allem Tuberkulose, Typhus, oder Lungenentzündungen. Diese drei Krankheiten stellten denn auch die häufigsten Todesursachen unter den Individuen vom St. Johann Spitalfriedhof dar. Dabei muss vor allem die Art der Krankheitsübertragung beachtet werden. In dicht bewohnten Räumen ist die Übertragung durch den Respirationstrakt gut möglich, in sanitär ungünstigem Umfeld können Pathogene über die ungenügend gewaschene oder gekochte Nahrung und durch verschmutztes Wasser aufgenommen werden (Kunitz 1993).

Tab. 1: Epidemische Krankheiten in Basel, vom 16. bis zum 19. Jahrhundert. Die für diese Arbeit in Frage kommende Zeit (1801-1890) ist fett gedruckt. Krankheiten, die in einer bestimmten Zeit nicht vorkamen, sind mit 0 und solche ohne genaue Angaben mit ? gekennzeichnet. (Nach Burckhardt 1908)

	16. Jhdt.	17. Jhdt.	18. Jhdt.	1801-1890	1890-1900
Abdominaltyphus	?	?	Ja	Ja	Ja
Cholera	0	0	0	Ja	0
Diphtherie	?	?	?	Ja	Ja
Flecktyphus	Ja	Ja	Ja	Ja	0
Genickstarre	?	?	?	Ja	Ja
Influenza	Ja	?	Ja	Ja	Ja
Keuchhusten	?	?	Ja	Ja	Ja
Masern	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Mumps	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Pest	Ja	Ja	0	0	0
Pocken	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Ruhr	Ja	Ja	Ja	Ja	0
Scharlach	?	?	Ja	Ja	Ja
Schweissfriesel	?	?	Ja	0	0
Schweiss, Engli- scher	Ja	0	0	0	0
Windpocken	?	?	Ja	Ja	Ja

Laut Burckhardt (1908) waren Tuberkulose, Verdauungskrankheiten (die so hohe Sterblichkeit an diesen Krankheiten ist dem Säuglingsdarmkatarrh zuzuschreiben), Respirationsleiden und Infektionskrankheiten typische Krankheiten für Basel im 19. Jahrhundert. Alle anderen Krankheitsgruppen hatten einen mit Abstand geringeren Einfluss auf die Sterblichkeit. In einer Übersicht der epidemischen Krankheiten vom 16. bis zum 19. Jahrhundert ist zu sehen, welche Krankheiten wann in Basel aufgetreten sind (Tabelle 1). Die meisten epidemischen Krankheiten kamen in jener Zeit vor, in welcher die Individuen vom St. Johann Spitalfriedhof in Basel lebten. Nur die Pest, der Schweissfriesel und der Englische Schweiss wurden in jener Zeit in Basel nicht diagnostiziert. Beim Schweissfriesel handelt es sich nach Höfler (1899) entweder um Schweissbläschen (Sudamina), die sich ohne Frosterscheinung bei sporadischen Krankheiten ausdrücken, aber in ähnlicher Form wie beim fieberhaften epidemischen Frieselausschlag oder um ein epidemisches Schweissfieber (Höfler 1899). Der Englische Schweiss ist eine besonders in England und Frankreich aufgetretene epidemische, fast stets tödliche Krankheit des 15. und 16. Jahrhunderts und wird von gewaltigen Schweissausbrüchen, Frieselausschlag, Herzklopfen, Präcordialangst, kleinem Puls und zunehmenden Depressionen begleitet (Guttman 1917). Dieses Nicht-Diagnostizieren dieser drei Krankheiten mag auch daran gelegen haben, dass vor dieser Zeit die Krankheiten nicht als eigene Gruppe in der Statistik aufgeführt worden waren (Burckhardt 1908). Im Bezug auf die untersuchten Individuen interessieren in diesem Zusammenhang nur Typhus, Ruhr und die Pocken. Ob unter Typhus auch der Flecktyphus fällt, ist aus den schriftlichen Quellen zu den untersuchten Individuen nicht ersichtlich.

Damit lässt sich zeigen, dass die Krankheiten, welche als Todesursachen im Basler Bürgerspital von 1845 bis 1868 in die Krankengeschichten und die Sterberegister registriert wurden, weitgehend den Krankheiten entsprechen, welche zu dieser Zeit auch in anderen europäischen Städten auftraten. Ebenso entspricht die Altersverteilung der Stichprobe jener der Basler Bevölkerung (Bevölkerungszählung von 1847, siehe unten). Allein die Geschlechterverteilung der Stichprobe stimmt nicht mit den demographischen Verhältnissen Basels im 19. Jahrhundert überein, hier waren die Frauen übervertreten. Insgesamt scheint die untersuchte Stichprobe die Bevölkerungssituation in Basel im 19. Jahrhundert relativ gut wiederzugeben.

Das Symptom *Cribra orbitalia*

Definition der *Cribra orbitalia* und Übersicht zu den Ursachen

Cribra orbitalia ist ein deskriptiver Term, welcher die Porosität des Augenhöhlendaches umschreibt. *Cribra orbitalia* stellen nicht eine eigenständige Krankheit dar, sondern sind das morphologische Symptom verschiedener Krankheiten (nach Schultz 2001, S. 106) (Abb. 1).

Diese Definition von Schultz (2001) betont die Tatsache, dass es sich bei *Cribra orbitalia* um den Ausdruck einer Pathologie handelt. Die zugrunde liegende Krankheit kann verschiedenen Ursprungs sein. Forschungsgeschichtlich sind mehrere Ursachen diskutiert worden.

Cribra orbitalia wurden im Jahre 1888 erstmals von Welcker mit ihrem heutigen Namen beschrieben. Welcker (1888) vermutete, dass es sich dabei um ein rassenspezifisches Merkmal handle, ebenso wie Toldt (1886), welcher *Cribra orbitalia* im Zusammenhang mit der normalen Embryonalentwicklung bestimmter Völker in Betracht zog. Koganei (1912) machte

in seiner Untersuchung eine Reizung des Periosts für die Cribra orbitalia verantwortlich. Andere mögliche Ursachen nannten zum Beispiel Møller-Christensen (1953, 1961, Lepra), Henschen (1961, Mangelernährung und chronische Entzündungen) und Angel (1966, Thalassämie). Diese Autoren untersuchten jeweils Individuen, welche an den von ihnen genannten Krankheiten verstorben waren und Cribra orbitalia aufwiesen. Sie schlossen daraus, dass die Krankheit die Ursache gewesen sein muss. Nathan/Haas (1966a) betrachten eine mangelhafte Ernährung als wahrscheinliche Ursache der Cribra orbitalia. Für Hengen (1971) ist Eisenmangel-Anämie die häufigste Ursache für Cribra orbitalia. Er hebt hierfür parasitären Befall als Verursacher hervor.

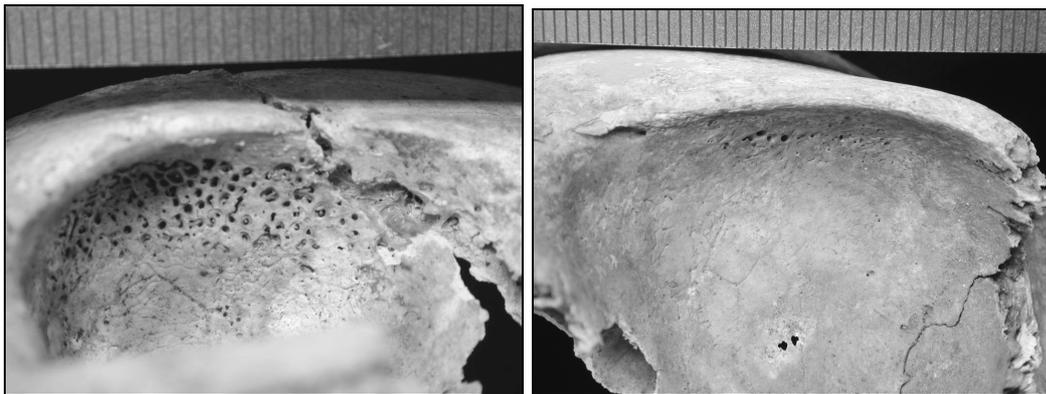


Abb. 1: Unterschiedliche Ausprägung von Cribra orbitalia. Links: rechte Orbita (STJ-0097) mit Grad 3. Rechts: linke Orbita (STJ-0028) mit Grad 2 nach Steckel et al. (2004) (Foto: S. Braun).

Schultz (2001) gibt als Gründe für gehäuftes Auftreten bei Subadulten a) parasitären Befall, b) chronischen, alimentär bedingten Eisenmangel, c) Thalassämie und d) chronische Unterernährung, durch chronischen Mangel an Aminosäuren an. Auch findet sich in seiner Arbeit eine genaue Beschreibung der porotischen Hyperostose (cribra cranii externa). Cribra orbitalia sind ein bei (prähistorischen) Kinderskeletten relativ häufig und praktisch weltweit auftretendes Phänomen. Schultz listet verursachende Krankheiten auf; einerseits für porotische Hyperostose, andererseits für Cribra orbitalia. Für letzteres Phänomen fügt er sogar noch einige in Frage kommende Ursachen hinzu, welche für die porotischen Hyperostosen nicht gelten.

Als Ursachen der Cribra orbitalia nennt Schultz (1988) vor allem Mangelkrankungen, so etwa Anämien oder Rachitis. Nicht zu verwechseln sind Cribra orbitalia allerdings mit den Auswirkungen entzündlicher Prozesse, welche im Bereich der Orbita entstanden sind, da solche Prozesse ähnliche Veränderungen am Knochen hervorrufen können (Schultz 1988).

Der älteste bekannte Fall von porotischer Hyperostose wurde an einem neolithischen Skelett entdeckt (Stuart-Macadam 1991). Kent (1986) erwähnt, dass einige wenige Fälle bereits aus dem Paläolithikum und dem Mesolithikum bekannt sind, das Vorkommen vom Paläolithikum bis heute jedoch immer häufiger wird. Dies erklärt sie mit ihrer These, dass dieses Phänomen vor allem mit dem Auftreten der Sesshaftigkeit und Agglomeration zusammenhängt. Diese These wird im Abschnitt *Cribra orbitalia als Autoimmunreaktion des Körpers* in dieser Arbeit ausführlicher diskutiert. Das vermehrte Auftreten seit dem Paläolithikum könnte allerdings auch damit zusammenhängen, dass die Stichprobengröße aus dem Paläolithikum relativ klein und somit stärker dem Zufallsprinzip ausgesetzt ist.

In der neueren Literatur herrscht die Meinung vor, dass *Cribrā orbitalia* von einem chronisch-anämischen Zustand herrühren. Dabei ist man von der Überzeugung abgekommen, dieser chronisch-anämische Zustand müsse rein ernährungsbedingt sein und von einer unausgewogenen Ernährungsweise stammen. Die *Cribrā orbitalia* entstehen nun durch die gesteigerte Aktivität des roten Knochenmarks, weil mehr Erythrozyten erforderlich sind und sich das erythropoietische System in der Diploë des Schädels befindet. Diese Hyperaktivität des roten Knochenmarks übt Druck auf das Orbitadach aus und perforiert dieses. Dieser chronisch-anämische Zustand kann genetisch oder alimentär (durch Eisen- oder Folsäuremangel) bedingt sein, oder von Parasitenbefall hervorgerufen werden (Schutkowski/Grupe 1997). Zur Theorie der Eisenmangel-Anämie als Ursache der *Cribrā orbitalia* beschreibt Götz (1988), dass diese Anämie von physiologischen, ernährungs- und umweltbedingten Faktoren abhängt. Allseits in der Literatur wird sie als wichtigste Ursache angenommen, doch Götz relativiert auch dies, indem er sie auch, aber nicht als die einzig wichtige Ursache betrachtet (Götz 1988).

Histologische Untersuchungen

Eine eindeutige Diagnose bezüglich den Ursachen der *Cribrā orbitalia* lassen sich nach Götz (1988), Schultz (2001) und Wapler (1998) nur aufgrund histologischer Untersuchungen erstellen. Mit Hilfe der Histologie liess sich nachweisen, dass längst nicht alle Fälle der *Cribrā orbitalia* von Anämien verursacht sind. Wapler et al. (2004) haben eine Skelettpopulation aus dem Sudan (Missiminia) untersucht, um histologisch zu testen, wie sehr *Cribrā orbitalia* eigentlich als Indikator für Anämie geeignet ist. Hierfür haben sie von den Individuen, die *Cribrā orbitalia* aufwiesen, Knochendünnschliffe angefertigt und festgestellt, dass sich lediglich 43.5% der Fälle im Zusammenhang mit Anämie entwickelt haben. Andere Ursachen in der untersuchten Population waren Osteitis, Hypervaskularisation und ein erheblicher Anteil (20%) war einer post-mortem Erosion zuzuschreiben. Ebenso stellten die Autoren fest, dass eine makroskopische Unterscheidung von ante- und post-mortem Ursachen der *Cribrā orbitalia* nicht möglich ist.

Wapler (1998) hat verschiedene publizierte Skelettpopulationen histologisch untersucht und kommt zum Schluss, dass knapp 55% aller Fälle nicht von chronisch-anämischen Zuständen kommen. Als alternative Ursachen werden Osteoporose, entzündliche Prozesse, sowie post-mortem Erosionen in ursprünglich intakten Orbitae genannt. Die Ursache für *Cribrā orbitalia* kann makroskopisch nicht festgestellt werden. Histologisch können *Cribrā orbitalia* in zwei Kategorien eingeteilt werden:

- (1) Histologisch sichtbar sind die Spongiosaräume bis dicht an den Cortex des Orbitadaches vergrössert. Makroskopisch kann man Gruppen von Foramina am Boden von kraterförmigen Öffnungen erkennen und
- (2) der Cortex der Orbita ist aufgelockert bis aufgelöst, die Markräume zur Orbita hin sind offen; zum Teil wachsen Trabekel über das Niveau des orbitalen Cortex hinaus. Makroskopisch sind diese Erscheinungsbilder die trabekulären *Cribrā orbitalia*. Histologisch lässt sich belegen, dass zumindest ein Teil der *Cribrā orbitalia*-Fälle auf Anämien gründet (Götz 1988, Wapler 1998).

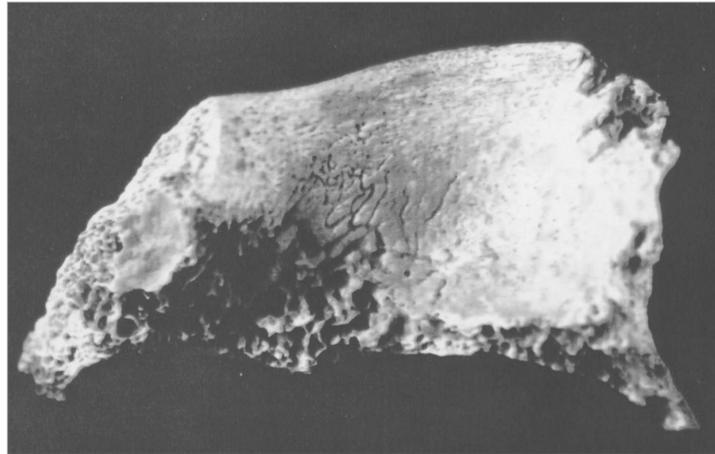


Abb. 2: Linkes Orbitadach eines wahrscheinlich männlichen, wahrscheinlich 41 bis 50 Jahre alten Individuums aus dem Gräberfeld Schretzheim (Grab-Nr. 533); sogenannte Cribra orbitalia bei verheiltem Entzündungsvorgang und sklerotischen Veränderungen. Hintere Orbitadachteile postmortal abgebrochen; deutlich sichtbare, kräftige Gefässimpressionen. (nach Götz 1988)

Die von Götz in seiner Dissertation (1988) histologisch untersuchten Fälle der Cribra orbitalia werden in folgende sechs Gruppen eingeteilt:

- (1) Varianten der normalen Anatomie des Orbitadaches, z. T. auch mit Zeichen vermehrter Vaskularisation (Abb. 2). Diese Fälle von Vaskularisation werden in der vorliegenden Arbeit auch als krankhaft behandelt, und für die St. Johann Spitalfriedhof Skelettserie systematisch aufgenommen. Sie sind laut Götz (1988), Schultz (2001) und Wapler (1998) auf Entzündungen zurückzuführen.
- (2) Orbitadächer mit beginnender Spongiosahypertrophie.
- (3) Orbitadächer mit fortgeschrittener Spongiosahypertrophie unter Lochdefektbildung des orbitalen Cortex oder Vorwachsen von Spongiosa in Richtung der Augenhöhle. Als Ursache für die Spongiosahypertrophie kommen Mangelkrankungen (z. B. durch Anämien, Rachitis) in Betracht.
- (4) Orbitadächer mit Entzündungsspuren und Spongiosahypertrophie.
- (5) Orbitadächer mit makroskopisch Cribra orbitalia-ähnlichen Veränderungen, die auf einen entzündlichen Prozess zurückgeführt werden können. Dabei handelt es sich um Spuren von unspezifischen Entzündungen.
- (6) Orbitadächer mit Verdacht auf Tumor-Erkrankungen.

Die bei Tumorerkrankungen beobachteten Cribra orbitalia stehen in keinem kausalen Zusammenhang zur tumorösen Veränderung. Diese Vorlage könnte bei einer histologischen Untersuchung und Diagnose übernommen werden (Götz 1988).

Chronische Entzündungen als Ursache der Cribra orbitalia

Entzündungen als Ursache für Cribra orbitalia sind relativ leicht zu erkennen, da sie sich auch anderswo am Schädel und am postkranialen Skelett Spuren hinterlassen. Prinzipiell sollte jeweils das gesamte Skelett untersucht werden.

Frühere Autoren lehnen eine Entzündung als Ursache der Cribra orbitalia entschieden ab (z. B. Nathan/Haas 1966a), während dies in der neueren Literatur in Betracht gezogen wird

(z.B. Ortner/Putschar 1985). Laut Götz (1988) kommen Entzündungen als Ursache der *Cribra orbitalia* in Frage, jedoch handelt es sich hierbei nicht um sekundäre, sondern um primäre Entzündungsherde, welche von der Hirnhäuten, den Nasennebenhöhlen, den Zähnen und der Haut herrühren. Bei chronischen Nasennebenhöhlenentzündungen kann man im Röntgenbild Verletzungen im Orbitadach feststellen. Aufgrund der benachbarten Lage ist innerhalb der Nasennebenhöhlen die Stirnhöhle der wichtigste Ausgangspunkt für solche das Orbitadach betreffenden Entzündungen. In der heutigen Zeit sind Entzündungen der Augenweichteile und des Orbitadaches aber selten. Die Einteilung der Ausprägungsgrade ist jedoch nur für die makroskopische Betrachtung sinnvoll (Götz 1988).

Daneben sind die vaskularisierten Orbitae unter diesem Abschnitt zu nennen (Abb. 2). Laut Götz (1988), Schultz (2001) und Wapler (1998) sind diese Läsionen auf entzündliche Prozesse in der Orbita zurückzuführen. Die Untersuchungen der vaskularisierten Orbitae an der St. Johann Spitalfriedhof Skelettserie werden im Abschnitt *Resultate: Vaskularisierungen* wiedergegeben.

Parasiten als Ursache der *Cribra orbitalia*

Eine Ursache für Eisenmangel-Anämie, und somit für *Cribra orbitalia* ist Parasitenbefall, wie bei Hengen (1971) erwähnt. Durch einen derartigen Befall kann eine Hämorrhagie im Darm ausgelöst werden. Dabei ist der Blutverlust so hoch, dass das rote Knochenmark im Augenhöhlendach hypertrophiert. Daraus können *Cribra orbitalia* entstehen. Dies wird vor allem aus rezenten klinischen Studien klar (Hengen 1950). Das Auffinden und Definieren von Parasiten aus der Vergangenheit ist laut Pike (1967) nicht möglich, denn diese zerfallen zusammen mit dem Wirt. Selbst in mumifizierten Körpern ist der Inhalt der Organe, oft aufgrund der intestinalen Veränderungen, nicht mehr ganz zu rekonstruieren. Allenfalls können zum Beispiel die Haken von Hakenwürmern erhalten bleiben. Ein seltenes Gegenbeispiel sind die Eier von *Schistosoma haematobium*, die Ruffer (1967) in den Nierengängen von zwei ägyptischen Mumien, datiert um 1250–1000 v. Chr., beobachten konnte. Bei diesem Parasiten handelt es sich um den Verursacher der Amöbenruhr, welche sich im akuten Stadium durch dünnbreiigen, schleimig-blutigen Stuhl äussert. Die Durchfälle wechseln sich im chronischen Stadium mit Obstipation ab. Gefährlich wird der Befall von anderen Organen, wo der Parasit Abszesse hervorrufen kann, welche oft nur operativ entfernt werden können. Übertragen wird *Schistosoma haematobium* zum Beispiel über nicht oder nur ungenügend gewaschene Salate oder Früchte (Storch/Welsch 1997).

Meistens werden Parasiten nach ihren Eiern und Zysten erkannt, welche sich relativ gut erhalten. Eine Ausnahme bilden die Arthropoden, welche ein Exoskelett aus Chitin besitzen, das oftmals aufgefunden werden kann (Pike 1967). Falls Koproolithen untersucht werden, so muss der menschliche Ursprung eindeutig feststehen. Ansonsten kann nicht zwischen menschlichen und tierischen Endoparasiten unterschieden werden. Pike (1967) erwähnt die israelische Fundstelle Nahal Mishmar. In der Schicht, um ca. 200 n. Chr. datiert, wurden zwei menschliche Koproolithen gefunden, welche die Eier von *Trichiuris trichiura* und Zysten von den Protozoa *Entamoeba histolytica*, *Entamoeba coli*, *Giardia lamblia* und *Chilomastix mesnili* enthielten. Während die drei erstgenannten Arten von Parasiten sehr zahlreich auftraten, waren die letzteren eher selten vertreten. Insgesamt waren alle Arten sehr gut erhalten. Zur Zeit der Publikation von Pike (1967) existierten alle hier genannten Arten noch in Israel. Der Peitschenwurm (*Trichiuris trichiura*) ist einer der häufigsten Wurmparasiten beim Menschen. Oft ist der Befall von *Trichiuris* noch mit dem anderer Parasiten verknüpft. Der Wurm verankert sich in der Darmwand und kann diese auch verletzen. Betroffen sind vor allem Colon,

Rectum und der Blinddarm. *Trichiuris* ist vor allem in sanitär unterentwickelten Gebieten der Tropen weit verbreitet, wo bis zu 90% der Bevölkerung davon betroffen sein können. Dieser Parasit beschränkt sich fast ausschliesslich auf den Menschen. Jedoch verursacht *Trichiuris* nur bei etwa 10% schwere klinische Symptome, wie etwa chronische, schleimig-blutige Durchfälle, phasenweise Obstipation, Erbrechen und starke Schmerzen im Oberbauch, sowie Gewichtsverlust (Storch und Welsch 1997, Patterson 1993a). Als weiteres Resultat von Trichuriasis wird Anämie genannt (Patterson 1993a), was im Zusammenhang mit dieser Arbeit von besonderer Bedeutung ist. Rezent kommt *Trichiuris* in Europa vor allem in Balkanländern vor, wo die Bevölkerung bis zu 40% befallen sein kann (Storch/Welsch 1997).

Giardia lamblia ist ein Darmbewohner und kommt weltweit vor. Anton van Leeuwenhoek hat im Jahr 1681 als erster den Flagellaten gesehen, wissenschaftlich beschrieben wurde er erst 1859 (Patterson 1993b). Es ist der häufigste Darmflagellat und betrifft etwa 10% der Weltbevölkerung, vor allem Kinder (Storch und Welsch 1997, Patterson 1993b). In Entwicklungsländern liegt das Vorkommen bei mindestens 20% (Patterson 1993b). Starker Befall von *Giardia* kann Darmentzündungen auslösen. Übertragen wird dieser Parasit durch verschmutztes Trinkwasser (Storch/Welsch 1997). Diese Flagellatenzysten sind erstaunlich resistent gegen Wasserpurifikationsmethoden. Die durch *Giardia* entstandene Giardiasis wird oft auch als „traveler's diarrhea“ bezeichnet (Patterson 1993b).

Cribrä orbitalia sind nicht nur in (prä-)historischen, sondern auch in rezenten Skeletten zu finden. Je näher ein Land am Äquator liegt, desto häufiger ist auch heute noch dieses Phänomen anzutreffen (Hengen 1971). Die rezenten Fälle in den Tropen werden vor allem durch parasitären Befall ausgelöst. Das erklärt auch den Umstand, warum Cribrä orbitalia in höheren Lagen und in Breitengraden weiter vom Äquator entfernt nicht auftreten: In kühlerem Klima sind Parasiten weitaus seltener als in warm-feuchtem. Bei den Parasiten handelt es sich um Nematoden (Fadenwürmer) und Trematoden (Saugwürmer) (Hengen 1971). Unter den Nematoden sind sowohl frei lebende, als auch parasitäre Formen beobachtbar. Die Parasiten beim Menschen bewohnen neben dem Darm auch das Blut und andere Gewebe (Patterson 1993c). Bei den Trematoden ist nicht immer der Mensch, sondern normalerweise ein anderes Säugetier der Wirt (Patterson 1993d). Bei einem starken parasitären Befall kann der intestinale Blutverlust beim Menschen bis zu 250 ml täglich betragen (Hengen 1971). Dies kann bereits eine hämorrhagische Anämie auslösen und als weitere Folgen Hypertrophien und Hyperplasien des roten Knochenmarks nach sich ziehen. Dies erklärt auch den stärkeren Befall bei Jugendlichen als bei Erwachsenen, denn Jugendliche sind sehr viel anfälliger auf Parasiten. Hengen (1950) untersuchte Kinder in Nord-Afrika, welche in jener Zeit praktisch zu 100% unter Helminthiasis litten.

Reinhard (1992) stellt eine signifikante Korrelation von 93% von Parasitenbefall mit porotischer Hyperostose fest. Dabei findet er in den Koprolithen einen Maisanteil von nur knapp 30%. So postuliert Reinhard, dass eine einseitige Ernährungslage nicht als einzige Ursache für porotische Hyperostosen in Frage kommt. Die Situation müsste schon mit weiteren Faktoren wie Proteinmangel, Infektionen oder Parasitenbefall verbunden sein (Reinhard 1992). Der Zusammenhang von Maiskonsum und porotischer Hyperostose, respektive Cribrä orbitalia, wird im Abschnitt *Anämie* ausführlicher besprochen.

Thalassämie als Ursache der Cribrä orbitalia

Die Thalassämie ist eine hämolytische Anämie, genetisch bedingt durch vielfältige Defekte in der Hämoglobinstruktur. Unterschieden wird zwischen Thalassaemia major, intermedia und minor. Thalassaemia major kommt gewöhnlich in Homozygoten vor, während man

die Thalassaemia minor bei Heterozygoten findet. Diese Form hat geringe bis gar keine klinischen Auswirkungen auf das Individuum. Thalassaemia intermedia ist auf einen anderen, abnormen genetischen Defekt zurückzuführen (Ortner/Putschar 1985).

Angel (1967) nennt als häufigste Ursachen für porotische Hyperostosen Thalassämie und Sichelzellanämie. Oft bestätigt die porotische Hyperostose in historischen Schädeln tatsächlich das Vorkommen von Thalassämie.

Interessanterweise ist das für Thalassämie verantwortliche Gen im amerikanischen Kontinent in der präkolumbischen Zeit nicht vorhanden. Sämtliche Fälle dieser Anämie in Amerika sind bei Individuen mit europäischem oder afrikanischem Einfluss gefunden worden. Die von Thalassämie major betroffenen Menschen haben eine hohe Sterblichkeitsrate im Kindes- und Jugendalter und die Überlebenden haben eine kürzere Lebenserwartung (Ortner/Putschar 1985). In dieser Form der Thalassämie ist auch der Knochen immer in Mitleidenschaft gezogen, was radiologisch bereits nach dem ersten Lebensjahr festgestellt werden kann. Bei der Thalassaemia intermedia kann der Knochen auch involviert sein, was auf den Ausdehnungsdrang des roten Knochenmarks zurückzuführen ist. In diesem Falle ist bei Kindern das gesamte Skelett gleichförmig betroffen, nicht jedoch bei Erwachsenen. Am stärksten ist immer der Schädel involviert. Die Diploë expandiert, die Trabekelzahl wird reduziert. Dazu verdicken sie sich und arrangieren sich später radiär. Die Lamina externa erodiert dabei, bis hin zur völligen Reduktion. Das Aussehen der neuen subperiostalen Knochenbildung wird bienenwabenartig, was das sogenannte „hair-on-end“-Phänomen hervorruft. Ortner/Putschar (1985) nennen auch die Zerstörung der Lamina interna, welche jedoch sehr viel später und viel weniger spektakulär auftritt als an der Lamina externa. Im Gesicht werden die Maxilla und das Zygomaticum angegriffen. Beide Knochen expandieren, was dem Individuum ein mongoloides Aussehen mit prominenten Backenknochen gibt. Auch hier werden der Cortex dünn und die Spongiosa lockerer angeordnet. Durch den Angriff auf die zähnetragenden Knochen im Gesicht wird beim Kind oder Jugendlichen die Abfolge des Zahndurchbruches gestört. Eine weitere Folge ist die Malokklusion im Gebiss (Ortner/Putschar 1985).

Die vor allem von Angel (1967) verfochtene Theorie, dass Thalassämie und Sichelzellanämie die Gründe für die *Cribra orbitalia* sind, relativiert Götz (1988) ebenso, wie Kugelzellanämie als Ursache. Er bestreitet nicht, dass die genannten Erkrankungen möglicherweise Ursachen sein können, betont aber, dass sie nicht ausschliesslich als Verursacher in Frage kommen. Vor allem die Kugelzellanämie verändert den Knochen nur leicht und geht oft einher mit einem frühen, vorzeitigen Verschluss der Schädelnähte und steht kaum im Zusammenhang mit *Cribra orbitalia* (Götz 1988).

Anämie als Ursache der *Cribra orbitalia*

Unter anderen Autoren geht Carli-Thiele (1996) auf Anämien als Ursache für *Cribra orbitalia* näher ein. Sie unterscheidet zwischen angeborenen und erworbenen Anämien. Während die angeborenen genetischen Ursprung haben, können die erworbenen ernährungsbedingt sein, zum Beispiel durch einen Mangel an Vitamin B12, Folsäure („Ziegenmilchanämie“), oder auch durch Umweltfaktoren verursacht werden.

Diagnostisch ist es am Knochen schwer zu erkennen, welche Anämie vorliegt, da alle ein ähnliches Erscheinungsbild aufweisen. In jedem Fall handelt es sich jedoch am Schädel um eine Hyperplasie der Diploë und eine Rarefizierung der Lamina externa. Einen Unterschied gibt es jedoch zwischen erworbener und genetisch bedingter Anämie: Während die erworbene

Anämie nur am Cranium zu beobachten ist, betrifft die angeborene Anämie das gesamte Skelett, da die Knochenveränderungen bereits pränatal beginnen, während der Cortex noch nicht so stark ist (Carli-Thiele 1996). Vor allem bei Kindern und Jugendlichen hinterlassen die verschiedenen Anämien verschiedenartige Spuren. So sind Anämien, sowie Infektionen bei Kindern und juvenilen Individuen häufiger als bei Erwachsenen zu beobachten. Im Kindes- und Jugendalter kann oft das eine das andere bedingen (Götz 1988).

Auch einen Proteinmangel nennt Carli-Thiele (1996) als mögliche Ursache. Für indigene, präkolumbische Bevölkerungen in Amerika ist in der Literatur lange nur ein ernährungsbedingter Eisenmangel diskutiert worden. Andere Ursachen wurden dieser untergeordnet.

Die Ausprägung einer Anämie ist abhängig von verschiedenen Faktoren, wie zum Beispiel dem Zeitraum, welchem ein Individuum einer mangelhaften Ernährungsbedingung ausgesetzt ist, dem täglichen Bedarf an Eisen und Vitaminen, oder auch der Ausprägung des Mangelzustandes (Carli-Thiele 1996). Es könnte sicher auch die individuelle körperliche Verfassung eine Rolle spielen denn diese bedingt die Krankheitsanfälligkeit und die Immunität. Bei einer Magen-/Darminfektion werden die Vitamin- und Nährstoffreserven in der Leber reduziert, woraus ein Folsäuremangel und unter Umständen eine Anämie resultieren können (Carli-Thiele 1996). Folsäure- und Eisenmangel, sowie Anämien können eine Ursache von Cribra orbitalia sein (Herrmann et al. 1990). Die Eisenresorption im Körper findet im Dünndarm statt. Zuvor hat die Magensäure das Eisen aus der Nahrung freigesetzt. Fe^{3+} wird mit Hilfe von Vitamin C zu Fe^{2+} reduziert. Phytat ist ein in bestimmten Pflanzen (z. B. Weizen, Mais) vorkommender so genannter Chelatbildner. Das bedeutet, Phytat ist in der Lage, die Eisenresorption im Körper zu reduzieren. Generell kann man sagen, dass die Eisenresorption im Körper mit ausschliesslich pflanzlicher Nahrung schlechter funktioniert als mit tierischer Nahrung. Dasselbe gilt auch für die Resorption von Zink, Magnesium und Kupfer (Carli-Thiele 1996). Gerade Mais ist kein geeignetes Grundnahrungsmittel, da es relativ viel Phytat und dazu noch relativ wenig Eisen enthält. Unter anderen Autoren hat El Najjar (z. B. 1976) die Theorie aufgestellt, dass protische Hyperostosen ernährungsbedingt seien und vor allem von einer Abhängigkeit von Mais herrühren.

Erwachsene beziehen 90% ihres Eisenbedarfs aus dem Abbau von Hämoglobin und nur 10% aus der täglichen Nahrung (Carli-Thiele 1996, Stuart-Macadam 1992b). Dies bedeutet eine relativ grosse Schwankungstoleranz im Eisengehalt der Nahrung. Bei Infektionen wird der körpereigene Eisen-Anteil gesenkt, da Pathogene für ihre Reproduktion ebenfalls Eisen benötigen. Dies ist eine Art Abwehrreaktion des Körpers, wobei dies vor allem bei Tumorerkrankungen der Fall ist. Stuart-Macadam (1992b) gibt jedoch zu bedenken, dass Eisenmangel alleine kaum einzige Ursache für eine Anämie sein kann, da die Eisenresorption aus der Nahrung bei Frauen und Männern, sowie bei gesunden und kranken Individuen unterschiedlich ist. Bei Nahrungsmangel senkt der Körper den Eisenverbrauch und damit auch die Ausscheidung von Eisen. Bei extrem dürftiger Ernährung würde es so zwei bis drei Jahre dauern, bis eine alimentär bedingte Eisenmangel-Anämie auftritt. Dabei ist zu beachten, dass auch eine Eisenmangel-Anämie keine Krankheit, sondern lediglich ein Symptom, eine Reaktion des Körpers auf pathogene Einflüsse ist (Carli-Thiele 1996, Stuart-Macadam 1992b). Stuart-Macadam (1992b) macht die Häufigkeit im Auftreten von der Gesamtbelastung der Bevölkerung abhängig.

Dabei definiert sie drei Faktoren:

- (1) die Häufigkeit über die Zeit
- (2) die Häufigkeit in Anbetracht der Geographie; zum Beispiel tritt Eisenmangel-Anämie häufiger in äquatornahen Ländern als in -fernen auf (Hengen 1971)
- (3) der ökologische Faktor, welcher besagt, dass die Häufigkeit abhängig von der Lokalisierung der Wohnstätte ist: so zum Beispiel kann die Häufigkeit in der gleichen Kultur-Periode an verschiedenen Orten unterschiedlich sein.

Daraus zieht Stuart-Macadam (1992b) den Schluss, dass für eine Eisenmangel-Anämie eher die Häufigkeit von Infektionen als Mangelernährung in Frage kommt. Daran ist eine vermehrte Häufigkeit von Eisenmangel-Anämie in Zusammenhang mit einer gesenkten Lebenserwartung und einem Ansteigen von Schmelzhypoplasien, sowie von periostalen Knochenneubildungen geknüpft, was jedoch in keiner Korrelation zu einer Veränderung der Ernährungslage steht.

Cribra orbitalia als Autoimmunreaktion des Körpers

Stuart-Macadam (1992a) zeigt nun eine neue Perspektive auf, Eisenmangel-Anämie und porotische Hyperostosen zu betrachten. Diese Perspektive besteht vor allem darin, dem Eisen eine neue Rolle zuzuordnen. Eisenmangel sollte nicht mehr als Krankheit gesehen werden, sondern vielmehr als Autoimmunreaktion des Körpers. Folglich stellt sie zwei wichtige Punkte fest:

- (1) wenn überhaupt, dann spielt die Ernährung nur in äusserst extremen Fällen der Mangelernährung eine Rolle bei einer Eisenmangel-Anämie, und
- (2) ist eine milde Form der Eisenmangel-Anämie kein negativer Zustand für den Körper, sondern vielmehr eine körpereigene Abwehr gegen Krankheiten.

Dies führt sie unter anderem darauf zurück, dass die Eisenresorption im Dünndarm sehr variabel sein kann und von verschiedenen Faktoren abhängt, wie etwa Alter, Geschlecht, Physiologie und allgemeinem Gesundheitszustand. Es ist bewiesen, dass die Eisenresorption bei gleicher Nahrung je nach Situation zwischen Bruchteilen eines Milligramms bis zu 4 Milligramm Eisen täglich variiert. Sinkt nun der Gehalt des Eisens in der Nahrung, liegt also eine Mangelsituation vor, so hebt der Körper die Eisenresorption an, das heisst, das wenige vorhandene Eisen wird resorbiert und verwertet. So zum Beispiel resorbiert ein gesunder erwachsener Mann 5 bis 10% des vorhandenen Eisens in der Nahrung, während ein eisenarmer Erwachsener 25% des vorhandenen Eisens resorbiert. Die Abwehr gegen Krankheiten erfolgt nun in der Weise, dass Mikroorganismen, also Pathogene, für ihre Reproduktion Eisen benötigen. Da sie keine eigenen Eisenreserven haben, werden die des jeweiligen Wirtes beansprucht. Der Körper ist nun imstande, den Eisengehalt des Serums, welches für Pathogene am leichtesten zugänglich ist, und gleichzeitig die Eisenresorption über die Darmschleimhaut zu minimieren, um den Pathogenen so wenig wie möglich Eisen zur Reproduktion zu gewähren. Dieser Zustand über eine kurze Zeit bedingt jedoch noch keinen Eisenmangel, da für den Bedarf des Körpers noch genügend Eisen aus dem Abbau von Hämoglobin gewonnen werden kann.

Siedlungs- und Lebensform als Einflussparameter auf *Cribra orbitalia*

Bei der globalen Betrachtung des Auftretens von porotischer Hyperostose in Raum und Zeit hat Stuart-Macadam (1991) wie bereits erwähnt drei Faktoren genannt: den zeitlichen, den geographischen und den ökologischen. Vor dem Neolithikum ist das Vorkommen der porotischen Hyperostose sehr selten. Mit dem Neolithikum wird es immer häufiger. Dies ist gleichbedeutend mit dem Auftreten von Sesshaftigkeit, grösserer Bevölkerungsdichte und mit der Einführung der Landwirtschaft; somit mit einem grösseren Auftreten von Pathogenen und nicht unbedingt mit eisenarmer Ernährung (Kent 1986). Dies ist eine Erklärung dafür, dass Ernährung nicht, wie allseits in der Literatur angenommen, der Hauptgrund für porotische Hyperostose ist. Vielmehr sind Faktoren wie Klima, Geographie, Topographie, Bevölkerungsgrösse und -dichte, Hygiene, saisonbedingte Nahrungsressourcen, Bräuche und Subsistenzmuster verantwortlich für die Anzahl Pathogene, denen die Bevölkerung ausgesetzt ist. Zieht man all diese Faktoren in Betracht, so kann man das Auftreten von porotischer Hyperostose zufriedenstellend erklären (Stuart-Macadam 1992a). Auch die von Reinhard (1992) untersuchten Koproolithen der Anasazi im Südwesten der USA führten zum Resultat, dass er keine Beziehung zwischen übermässigem Maiskonsum und porotischer Hyperostose finden konnte, jedoch zwischen Parasitenresten in den Koproolithen und porotischer Hyperostose. Auch Ubelaker (1992) fand kein Vorkommen dieser Pathologie bei Jägern und Sammlern in den Hochebenen der USA, jedoch ein häufiges Auftreten bei rezenteren, in den Küstenebenen lebenden Bevölkerungen. In der ethnographischen Studie von Dunn (1972) an verschiedenen Dörfern der malayischen Urbevölkerung werden sieben Punkte definiert, welche einen entscheidenden Einfluss auf Hygiene und folglich auf parasitären Befall (und damit auf das Vorkommen der porotischen Hyperostosen und *Cribra orbitalia*) haben:

- (1) Bevölkerungsdichte und -grösse; je grösser, desto stärker ist die Verschmutzung.
- (2) Landverfügbarkeit um die Agglomeration: je mehr Land zur Verfügung steht, desto geringer ist die Verschmutzung.
- (3) Mobilität der Gemeinschaft; je mobiler die Mitglieder einer Gemeinschaft sind, desto sauberer ist das Umfeld.
- (4) Subsistenz; agrarwirtschaftliche Gemeinschaften sind durch ihren direkten Kontakt mit dem Boden mehr Pathogenen ausgesetzt.
- (5) Wohnumstände; bodenebene Häuser sind im Vergleich zu mehrstöckigen eher von Pathogenen verseucht.
- (6) Haustiere; Haustiere können sich positiv auf ein hygienisches Lebensumfeld auswirken, da sie als Aasfresser fungieren. Haustiere könnten als Überträger von Parasiten aber auch einen negativen Einfluss auf die Menschen ausüben.
- (7) Höhenlage; in grösserer Meereshöhe ist die Überlebenschance für Parasiteneier geringer als in tiefen.

Nach diesen sieben Kritikpunkten hat Dunn die Hygiene untersucht und folgende Resultate erhalten: Je niedriger die hygienischen Lebensumstände insgesamt ausgefallen sind, desto grösser war der parasitäre Befall in der jeweiligen Bevölkerung. *Ascaris*, *Trichiuris*, *Giardia* und *Entamoeba histolytica* (siehe darüber im Abschnitt *Parasiten als Ursache der Cribra orbitalia*) haben sich durch ihr häufiges Auftreten offensichtlich als erfolgreich in der Anpassung erwiesen (Dunn 1972).

Diese Überlegungen führen zum Schluss, dass ein Eisenmangel während pathogenem Befall von Bakterien, Pilzen und Parasiten nicht nachteilig ist, wie oft angenommen. Das vermehrte Auftreten von porotischer Hyperostose und *Cribra orbitalia* in einer Skelettpopulation

zeigt, dass diese Individuen mit einem starken Befall von Pathogenen umzugehen hatten und dies durch eine Reduzierung ihres Eisenhaushaltes getan haben. So gesehen sind porotische Hyperostosen und *Cribra orbitalia* Stressoren, welche nicht die Ernährungsbedingung, sondern den Befall von Pathogenen umschreiben. Das Vorkommen dieser Pathologien reflektiert den Versuch der Bevölkerung, mit diesem Befall umzugehen. Eisenmangel ist demnach keine Schwäche der Bevölkerung, sondern eine evolutionäre Antwort auf hartnäckigen Parasitenbefall. Dies soll jedoch nicht heissen, dass Eisenmangel nur positive Folgen hat. Jede evolutionäre Anpassung an eine Situation hat auch immer eine negative Seite (Stuart-Macadam 1992a).

Kent (1986) beschreibt in ihrem Artikel ihre Ansicht gegenüber den verursachenden Faktoren der porotischen Hyperostose. Diese Ansichten sollen hier eingeschlossen werden, obwohl es sich nicht ausdrücklich um *Cribra orbitalia* handelt, denn die beiden Symptome sind wie bereits erwähnt in ihrer Ätiologie sehr ähnlich und die Theorie von Kent ist ausschlaggebend für weiterführende Gedanken. Kent bestreitet frühere Theorien über die Ursachen der porotischen Hyperostose nicht, sondern relativiert diese und gibt der Diskussion um den Ursprung der porotischen Hyperostose eine neue Wendung. So zum Beispiel räumt sie der Ernährung einen weitaus kleineren Platz ein, als dies frühere Autoren getan haben. Sie relativiert auch die Aussagen, dass porotische Hyperostosen in Griechenland und der Türkei von Thalassämie und in Afrika von Sichelzellanämie verursacht wurden. Sie schliesst aus, dass eine Abhängigkeit von Mais in der Ernährung die hauptverantwortliche Ursache sei. Vielmehr nennt Kent (1986) eine andere Ursache für porotische Hyperostosen, welche ihr viel wichtiger erscheint: Sesshaftigkeit und grössere Menschenansammlungen. Für ihre Studie untersuchte sie als Fallbeispiel die Anasazi im Südwesten der USA, mit denen sich bereits verschiedene Autoren beschäftigt hatten. Die früher angegebenen Ursachen für das Auftreten der porotischen Hyperostosen und *Cribra orbitalia* in jener Population wurden vorwiegend als mais-, oder genereller als ernährungsabhängig erwähnt. Mais als eisenarmes Nahrungsmittel enthält auch relativ viel Phytat, welches die Eisenresorption verhindert (siehe auch Carli-Thiele 1996). Dies führte frühere Autoren zu dem Schluss, es sei möglich, eine ernährungsbedingte Eisenmangel-Anämie zu entwickeln. Dazu kam, dass verschiedene Autoren eine vegetarische Ernährungsweise, also eine mit geringerem Protein- und Eisengehalt, für porotische Hyperostosen und *Cribra orbitalia* verantwortlich machten. Kent zeigt, dass die Anasazi keineswegs vegetarisch gelebt haben, sondern sich reichlich von Fleisch, vor allem von Truthahn, Hasen und Bison ernährten. So machen von den ausgegrabenen Knochenresten 13.55% Truthahn, 44% Hasen, 26% Nagetiere, 2.26% Hunde und 11.86% mittelgrosse bis grosse Säugetiere aus (Kent, 1986). Insgesamt 71% der gefundenen Anasazi Kopolithen enthalten Knochenreste. Kent befindet die Komponente des Fleisch- und des Maiskonsums in früheren Studien jeweils überbewertet. Sie bringt den Gegenbeweis, dass die Inuit, welche sich hauptsächlich von Fleisch ernähren, sehr häufig porotische Hyperostosen Grad 2 aufweisen. Dabei schliesst Kent jedoch keinesfalls die Ernährung als zusätzlichen Faktor aus, relativiert ihn aber.

Kent vergleicht das Vorkommen der porotischen Hyperostosen der Anasazi mit dem in der frühen Basketmaker-Kultur, ebenfalls aus dem Südwesten der USA. Letztere waren wenig landwirtschaftsbetreibend. Die Differenz in der Häufigkeit des Auftretens beträgt lediglich 5.8% und ist wenig aussagekräftig für die Subsistenzform. Jedoch waren die Basketmaker-Dörfer relativ gross, was wiederum Kents Hypothese bezüglich grossen Menschenansammlungen bestätigen würde. Eine Studie über die Basarwa !Kung in der Kalahari im östlichen Botswana zeigt, dass die nomadisch lebenden Buschleute praktisch frei von Eisenmangel-Anämien sind, was darauf zurückzuführen ist, dass sie erstens nicht sesshaft sind, zweitens in kleinen Ansammlungen zusammenleben und drittens geregelte Verhältnisse haben was das Trinkwasser und das Deponieren von Exkrementen betrifft. Nur einzelne wenige Fälle vom

Befall von *Necator americanus*, einem Hakenwurm, sind bekannt. Im Gegensatz dazu sind die Buschleute, welche zwangsmässig sesshaft werden mussten, von Parasiten geplagt, ebenso wie die bantusprachigen Nachbarn der !Kung, welche von zahlreichen Parasiten heimgesucht werden (Kent 1986). Wie die !Kung Buschleute aus der Kalahari, so haben auch die Pygmäen, ein anderes Nomadenvolk Afrikas keinerlei Probleme mit Eisenmangel-Anämien. Bei den australischen Aborigines sind Kinder 20-mal häufiger von Eisenmangel-Anämie betroffen als nicht-indigene Kinder in Australien (Kent 1986). Dies könnte auf viel schlechtere Lebensumstände unter der indigenen Bevölkerung hinweisen. Kent (1986) erwähnt noch weitere Ursachen für porotische Hyperostosen und Cribra orbitalia. Neben der Ernährungsweise sind das Infektionen, Traumata, Durchfälle, gastrointestinale Erkrankungen, bakterielle und virale Infekte, sowie Parasitenbefall.

Im Prinzip könnte man sagen, dass das Auftreten der porotischen Hyperostosen, und damit auch der Cribra orbitalia, weniger ein Anzeichen für eine bestimmte Ernährungs- oder Subsistenzweise ist, sondern vielmehr ein Indikator für eine bestimmte Lebensweise. Das beinhaltet vor allem die hygienischen Massnahmen einer Bevölkerung und lässt auf die vorhandenen infrastrukturellen Verhältnisse schliessen: gibt es Regelungen für Aborte, saubere Wasserquellen, getrennte Wohnquartiere für Tier und Mensch, warmes Wasser, etc. Somit wäre auch erklärt, warum dieses Symptom weltweit vorkommt, jedoch beschränkt auf gewisse Breitengrade, denn auch rezent kommt das Phänomen vor, jedoch nur in tropischen Drittweltländern, wo die hygienischen Verhältnisse und die medizinische Grundversorgung weitgehend fehlen. Es sind genau diese unhygienischen Verhältnisse, welche parasitären Befall und Durchfälle begünstigen. Fehlt die medizinische Versorgung, kann dies Eisenmangel-Anämien verursachen, wodurch wiederum porotische Hyperostosen und Cribra orbitalia entstehen. Kent/Weinberg (1989) warnen davor, Eisenmangel nicht undifferenziert zu verallgemeinern. Es sollte unterschieden werden, ob es sich um eine körpereigene Reaktion auf pathogenen Befall handelt, oder um einen pathologischen Zustand, welcher der Körper nicht selber beheben kann. Man sollte jedoch davon abkommen, allgemein einen höheren Eisengehalt, gegenüber einem reduzierten als besser aufzufassen. Mit Eisen angereicherte Produkte können im schlimmsten Fall pathogenen Befall eines Organismus noch begünstigen und den Körper bei der Immunabwehr behindern (Kent/Weinberg 1989).

Können Cribra orbitalia verheilen?

Hengen (1971) stellt vermindertes Auftreten und verminderte Intensität von Cribra orbitalia in Zusammenhang mit zunehmendem Alter fest. Kinder und Jugendliche sind am häufigsten betroffen (Hengen 1971). Dies wirft die Frage nach der Heilung der Cribra orbitalia oder nach der Sterblichkeitsrate auf. Cribra orbitalia sind jedoch keine Todesursache an für sich, sondern das Symptom einer Krankheit. Dies ist ein Anzeichen für eine Schwächung, die der Körper erfahren hat, oder erfährt. Daher ist es problematisch, von der Sterblichkeitsrate bei Cribra orbitalia zu sprechen, da diese nicht direkt für den Tod einer Person verantwortlich sind, obwohl bislang noch nichts über den Zusammenhang mit der effektiven Todesursache bekannt ist. Über die Verheilungsmöglichkeiten der Läsion gehen die Meinungen auseinander, die Mehrheit der Autoren hält eine Verheilung jedoch für möglich. Unterschieden wird dabei zwischen „aktiven“ und „inaktiven“ Läsionen. Bei aktiven Läsionen liegt der gesundheitliche Stress nicht weit oder unmittelbar vor dem Zeitpunkt des Todes. Bei inaktiven Läsionen kann der Stress weiter zurückliegen, wurde also überlebt.

Eine Verheilung der Läsion ist laut Götz (1988) nicht belegbar. Schultz (2001) hingegen hält eine Verheilung durch eine lokale Regenerierung des Knochens für möglich. Im Abschnitt *Resultate: Verheilungsspuren bei Cribrā orbitalia* wird auf die eigenen Beobachtungen hingewiesen.

Cribrā orbitalia und porotische Hyperostose

Die porotische Hyperostose ist ein deskriptiver Term, welcher eine verdickte und poröse Struktur der Tabula externa des Schädels umschreibt, diese Struktur wird auch manchmal als *Cribrā cranii* bezeichnet. Die porotische Hyperostose stellt nicht eine eigenständige Krankheit dar, sondern eher das morphologische Symptom verschiedener Krankheiten (nach Schultz 2001, S. 107).

Dies ist die äquivalente Definition einer Läsion mit ähnlichem Ursprung wie *Cribrā orbitalia*. Auch bei der porotischen Hyperostose handelt es sich um den Ausdruck einer Pathologie.

Die *Cribrā orbitalia* gelten generell als unspezifische Mangelerkrankung, aber auch als frühes Erkennungszeichen von anämischer Krankheit. Ein frühes Erkennungszeichen deshalb, weil die Reihenfolge der in Mitleidenschaft gezogenen Schädelregionen bei der Orbita anfängt, dann als zweites das Frontale betrifft und als drittes die Parietalia und das Occipitale (Carli-Thiele 1996). Stuart-Macadam (1992a) stellt zu dieser Reihenfolge fest, dass *Cribrā orbitalia* an einem Skelett wohl ohne porotische Hyperostose vorkommen können, jedoch nicht umgekehrt, das heisst, porotische Hyperostose ist nicht an einem Skelett beobachtbar, ohne dass es nicht auch von *Cribrā orbitalia* betroffen wäre (siehe auch Hengen 1971, Zink 1999). Götz (1988) bestätigt das gemeinsame Auftreten von *Cribrā cranii* und *Cribrā orbitalia* nicht. Da verschiedene Autoren dies beobachtet haben, schliesst er daraus, dass möglicherweise die gleiche Ursache zugrunde liegt. Eindeutig Aufschluss über die genaue Ursache gibt lediglich eine mikroskopische Untersuchung (Carli-Thiele 1996, Schultz 2001, Götz 1988, Wapler 1998, Wapler et al. 2004). Ohne histologische Untersuchung ist eine Diagnose sehr schwierig. Das Phänomen lässt sich makroskopisch beschreiben und deren Ausprägungsgrad klassifizieren, jedoch nicht nach seiner Ursache diagnostizieren (siehe unten).

Es ist hier noch anzumerken, dass verheilte entzündliche Prozesse unter der Kopfhaut (zum Beispiel Periostitis, Osteomyelitis) ähnliche poröse Verdickungen am Schädel hinterlassen können. Diese sind nicht mit porotischer Hyperostose zu verwechseln (Schultz 2001). Diese entzündlichen Prozesse können primär, zum Beispiel durch ein Trauma hervorgerufen werden, aber auch einen sekundären Entzündungsherd haben, zum Beispiel im Nasen- oder Nebenhöhlenbereich. Auch hämorrhagische Prozesse, etwa ein ektocraniales Hämatom, können nach Abheilen eine verdickte Stelle am Schädel hinterlassen. Bei Neugeborenen ist vor allem das Cephalthämatom während des Geburtsvorganges eine Ursache für dieses Phänomen. Ebenso können Tumoren oder Rachitis für Porositäten am Schädel verantwortlich sein (Schultz 2001).

Das Erscheinungsbild der hypertrophierten Orbitae ist jedoch nicht immer gleich. Dies führt Götz darauf zurück, dass eventuell die Reaktionen auf die verschiedenen Formen der Anämie nicht gleich sind (Götz 1988).

Die Läsionen können feinporöse Durchbrüche oder flächige, poröse Auflagerungen sein („porotische Hyperostosen“). Diese kommen typischerweise am Schädel und an Langknochen vor und bezeichnen ein unspezifisches Merkmal (Herrmann et al. 1990).

Eine grundsätzliche Veränderung in der Orbita bedingt durch eine Anämie ist die Hypertrophie der Diploë, veranlasst durch das gesteigerte Wachstum der Diploë und die Rarefizierung bis völlige Auflösung der Lamina externa. Dabei weisen auf dem Cranium die Trabekel eine radiäre Anordnung auf und stehen senkrecht zum Cranium, weshalb dieses Phänomen auch oft „Bürstenschädel“ genannt wird. Andere Bezeichnungen hierfür sind „spongiöse Hyperostose“, „osteoporosis symmetrica“ oder „porotische Hyperostose“ (Carli-Thiele 1996). Von oben betrachtet sieht die Knochenoberfläche des Craniums dann porös und löchrig aus. Synonyme für *Cribra orbitalia* wären daher analog „Hyperostosis spongiosa orbitae“ oder „usuræ orbitae“ (Carli-Thiele 1996).

Das „hair-on-end“-Phänomen ist eine extreme spongiöse Hyperostose und *Cribra orbitalia* im fortgeschrittenen Stadium (Hengen 1971). Hengen (1971) führt den Begriff „Hyperostosis spongiosa (tecti) orbitae“ ein, da *Cribra orbitalia* nicht der zutreffende Name für das beschriebene Phänomen sei, denn er entspreche der Pathogenese nur teilweise. Dieser neue Begriff konnte sich jedoch scheinbar nicht durchsetzen. Er argumentiert, dass die Pathogenese eine Hyperplasie und Hypertrophie der Diploë ist, welche eventuell noch von osteophytischen Trabekulae begleitet werden können, was zu einer weiteren Vergrößerung der Diploë führt. Der neue Begriff sollte beiden Arten der Pathogenese gerecht werden (Hengen 1971).

Porotische Hyperostose bei Erwachsenen lässt immer auf eine Kindheit mit Anämie schliessen (Stuart-Macadam 1991). Der Knochen kann sich anschliessend oft nicht völlig regenerieren, so dass Läsionen bestehen bleiben können. Bei Erwachsenen ist genügend Markraum zur Ausdehnung von rotem Knochenmark vorhanden, es bilden sich keine Porositäten. Bis zu 75% aller klinischen Anämie-Patienten zeigen Knochenveränderungen im Röntgenbild. Auf diese Ansicht bezieht sich auch weitgehend die Auswertung der gesammelten Daten der vorliegenden Arbeit, denn es scheint eine fundamentale Frage zu sein, welche mit in die Auswertung einzubeziehen unbedingt nötig erscheint. Eine Rekonstruktion der Anämie-Vorkommen in der Vergangenheit ist jedoch nahezu unmöglich (Stuart-Macadam 1991).

In einer neuen Forschungsarbeit (Rothschild et al. 2004) wird ein Zusammenhang von *Cribra orbitalia* und porotischer Hyperostose mit statistischer Signifikanz ausgeschlossen.

Einteilungssysteme der Ausprägungsgrade der *Cribra orbitalia*

Nathan/Haas (1966a) klassifizieren *Cribra orbitalia* in drei Hauptgrade, welche von 1 bis 3 progressiv verlaufen. Diese Hauptgrade existieren jedoch nicht nur in diesen Formen, sondern kommen auch in Transitionsformen vor. In Fällen mit verschiedenen Ausprägungsgraden im selben Orbitadach teilen Nathan und Haas den Fall nach dem am weitest fortgeschrittenen Typ ein. Götz (1988) hat einen Fall beobachtet, wo alle drei Formen gleichzeitig aufgetreten sind.

Die definierten Grade von Nathan und Haas sind:

- (1) porös
- (2) cribrös
- (3) trabekulär.

Beim porösen Typ handelt es sich um eine unterschiedliche Anzahl von isolierten kleinen Öffnungen, die das Orbitadach betreffen. Beim cribrösen Typ sind die Öffnungen grösser als beim porösen Typ, sie sind näher zusammen und tendieren dazu, Agglomerationen zu bilden, bewahren jedoch als ganzes ihre Individualität. Die Läsionen gleichen einer Bienenwabe. Der trabekuläre Typ zeichnet sich dadurch aus, dass die Öffnungen ineinander übergehen und ihre

Unabhängigkeit verlieren. Es scheint ein Netzwerk aus knöchernen Trabekulae unterschiedlicher Dicke zu sein, zum Teil unregelmässig, zum Teil mit regelmässiger paralleler oder radiärer Anordnung. Die Ränder der betroffenen Orbitaregion sind zum Teil klar erkennbar, meist jedoch eher schlecht definiert, mit den weniger ausgeprägten Läsionen in der Peripherie und einem graduellen Übergang zum gesunden Knochen (Nathan/Haas 1966a) (Abb. 3).

Auch wurden verschiedene Kombinationen des Auftretens von Cribra orbitalia festgestellt: (1) ein symmetrisches Auftreten, sowohl im Ausprägungsgrad als auch in der betroffenen Orbita. Dies war der am häufigsten beobachtete Typ. (2) Eine Symmetrie im Ausprägungsgrad, jedoch nicht in der betroffenen Orbita, (3) die gleiche betroffene Orbita, aber mit unterschiedlichen Ausprägungsgraden und (4) eine Asymmetrie sowohl im Grad, als auch in der Orbitaregion (Nathan/Haas 1966a).

Die betroffene Orbitalplatte kann bei den fortgeschrittenen Ausprägungsgraden um ein vielfaches verdickt sein. Zudem wurden farbliche Veränderungen der Regionen festgestellt. Am häufigsten wurde eine gelbliche Verfärbung beobachtet (Nathan/Haas 1966a). Die extra-orbitalen Läsionen teilen die Autoren in die gleichen Ausprägungsgrade ein wie Cribra orbitalia, der häufigste davon war der poröse (Nathan/Haas 1966a). Oft wurde eine unregelmässige Stelle im Orbitadach in der Region der sonst auftretenden Cribra orbitalia festgestellt; dies betrachten die Autoren als mögliche Beispiele für verheilende oder verheilte Cribra orbitalia. An künstlich verformten Schädelknochen aus Südamerika wurden dieselben Porositäten festgestellt (Nathan/Haas 1966a). Götz (1988) bringt Cribra orbitalia nicht in Zusammenhang mit Schädelmissbildungen. Wohl wurden an artifiziell deformierten Schädeln, sowie an einem Hydrocephalus Cribra orbitalia beobachtet, jedoch können keine Rückschlüsse auf Ursache und Wirkung gezogen werden (Götz 1988).



Abb. 3: Schematische Repräsentation der drei Haupttypen (progressive Grade) der Cribra orbitalia. (1) Porotisch: einzeln verteilte, isoliert voneinander auftretende feine Öffnungen. (2) Cribrös: Agglomeration von grösseren aber noch isoliert voneinander auftretenden Öffnungen. (3) Trabekulär: Öffnungen sind ineinander fliessend, Formierung von Knochentrabekeln (nach Nathan/Haas 1966a).

Das von Nathan/Haas (1966a) erstellte Einteilungsschema wird von zahlreichen Autoren verwendet, so zum Beispiel von Schutkowski/Grupe (1997). In dieser Studie untersuchen die Autoren den Eisengehalt des Knochens und die Unterhydroxylierung des Kollagens. Auch Steinbock (1976) verwendet die Cribra orbitalia-Einteilung nach Nathan/Haas (1966a) und fügt ergänzend hinzu, dass bei Grad I und II der Cortex resorbiert wird, während bei Grad III eine Hypertrophie der Diploë stattfindet. Götz (1988) übernimmt ebenfalls die Einteilung der Cribra orbitalia in die drei Typen von Nathan/Haas (1966a).

Hengen (1971) unterteilt die Cribra orbitalia in sieben Ausprägungsgrade, nimmt jedoch Bezug auf die Einteilung von Nathan/Haas (1966a). So korreliert er seine Grade 2 und 3 mit dem „porösen“, Grad 4 mit dem „cribrösen“ und Grade 5 bis 7 mit dem „trabekulären Typ“

von Nathan/Haas (1966a). Die Heftigkeit und die Häufigkeit des Auftretens der Cribra orbitalia nehmen mit zunehmendem Alter ab. Er stellt fest, dass in 22.2% der Fälle die linke Orbita stärker betroffen und die poröse Region grösser ist. Dagegen findet sich das gleiche für die rechte Seite nur in 7.8% der Fälle. Am häufigsten kommt dieser Unterschied in den Ausprägungsgraden 2 bis 4 vor. Hengen erklärt die Bevorzugung der linken Seite mit dem Umstand, dass die Knochen in der linken Schädelhälfte stärker und besser entwickelt sind. Es wird leider nicht genannt, aus welcher Quelle diese Aussage stammt.

Stuart-Macadam (1985) publizierte eine Gradeinteilung, indem sie zwischen (1) leicht, (2) mittel und (3) schwer betroffen unterscheidet. Bei dieser Einteilung handelt es sich nicht um die Grösse der betroffenen Orbitaregion, sondern, wie bei Schultz (1988), um die Einbeziehung der dritten Dimension. Als leicht bezeichnet Stuart-Macadam verstreute kleine Foramina. Mittel bedeutet grosse und kleine isolierte Foramina, sowie Foramina, welche sich zu einer trabekulären Struktur geformt haben und unter schwer versteht Stuart-Macadam den Auswuchs von trabekulärer Struktur aus der normalen Kontur der äusseren Knochenlamina (Stuart-Macadam 1985). Diese Einteilung entspricht weitestgehend jenen von Nathan/Haas (1966a) und Schultz (1988).

Tab. 2: Vergleich der Einteilungssysteme von Hengen (1971), Nathan/Haas (1966a), Stuart-Macadam (1985), Schultz (1988) und Steckel et al. (2004) (modifiziert nach Fornaciari et al. (1981)).

Hengen (1971)	Nathan/Haas (1966a)	Stuart-Macadam (1985)	Schultz (1988)	Steckel et al. (2004)
				0
				1
Grade 1				2
Grade 2	Porotisch	Leicht	Grad I	
Grade 3				
Grade 4	Cribrös	Mittel	Grad II	
Grade 5				3
Grade 6	Trabekulär	Schwer	Grad III	
Grade 7				

In Knusmann gibt Schultz (1988) eine kurze Einteilung der Cribra orbitalia-Ausprägungsgrade. Im Gegensatz zur Einteilung von Nathan/Haas (1966a) berücksichtigt Schultz die

dritte Dimension bei diesem Symptom und beschreibt auch die Vorwölbung der Trabekelbildungen in die Orbita. Ansonsten entsprechen sich die zwei Einteilungsschemata weitgehend:

- Grad I: Leichte beginnende Veränderungen in Form einzelner, feinporöser Lochdefekte.
- Grad II: Auffällig poröses Orbitadach; deutlich ausgeprägte Lochdefekte treten miteinander in Verbindung; geringgradige, d. h. sehr flache Vorwölbung der porösen Knochenneubildungen.
- Grad III: Kräftiges trabekuläres Wachstum aus der Diploë des Orbitadaches in die Augenhöhle (Schultz 1988).

In neuester Zeit besteht die erfreuliche Tendenz die Einteilungsschemata möglichst einfach zu gestalten, um solcherart die Replizierbarkeit der Ergebnisse zu erhöhen. In diesem Zusammenhang sind die neuen Schemata bezüglich unterschiedlicher Stressoren und Pathologien im Codebook von Steckel et al. (2004) zu verstehen. Wegen der einfachen Handhabung und der weiten Verbreitung wird in dieser Arbeit die Einteilung nach Steckel et al. (2004) verwendet (Abb. 4). Im Gegensatz zu den Einteilungssystemen von anderen Autoren unternehmen Steckel et al. keine Einteilung pro Körperhälfte, sondern vergeben einen Grad pro Individuum.

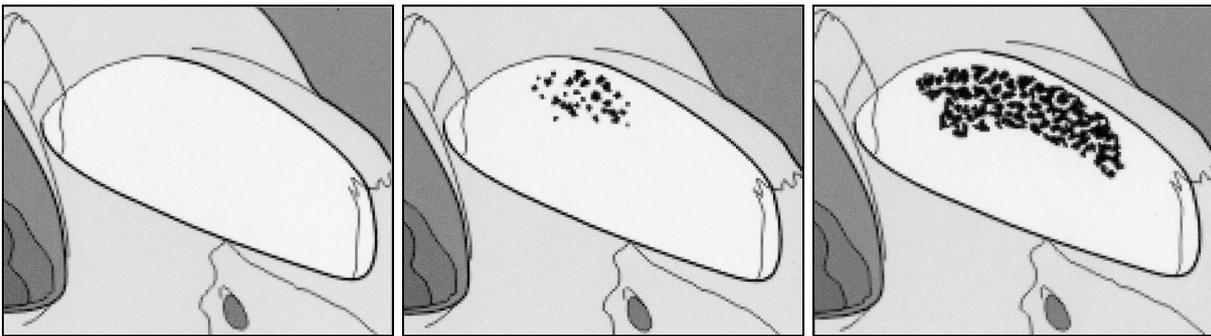


Abb. 4: Grad 1 bis 3 nach Steckel et al. (2004), bei Grad 0 ist keine Orbita beobachtbar (Steckel et al., 2004).

- Grad 0: keine Orbitae für die Untersuchung vorhanden
- Grad 1: mindestens eine vorhandene Orbita, aber keine Cribra orbitalia beobachtbar
- Grad 2: eine Ansammlung von meist kleinen Foramina über eine kleine Fläche (kleiner gleich 1 cm^2) verteilt (Abb. 1, rechts)
- Grad 3: erhebliche Fläche (grösser als 1 cm^2) betroffen von kleinen und/oder grösseren Foramina mit der Tendenz sich zu vereinigen (Abb. 1, links)

In Tabelle 2 werden die Klassifikationssysteme von Hengen (1971), Nathan/Haas (1966a), Stuart-Macadam (1985), Schultz (1988) und Steckel et al. (2004) miteinander verglichen. Dabei überschneiden sich gewisse Grade.

Verschiedene Studien im Vergleich

Im Folgenden werden verschiedene Studien über Cribra orbitalia an Skelettpopulationen vorgestellt. Eine dieser Studien (Nathan/Haas 1966b) beschäftigt sich mit Cribra orbitalia bei rezenten Primaten. Es soll gezeigt werden, wie unterschiedlich die Forschungsmethoden und

–gegenstände dabei waren. Auch die verschiedenen Resultate dieser Studien sind interessant; daneben dient dieser Abschnitt Vergleichszwecken zwischen früheren Studien und der vorliegenden Arbeit.

Nathan/Haas (1966a) untersuchten Skelettpopulationen aus verschiedenen Regionen der Welt (Nord-, Zentral- und Südamerika, Europa, Asien), sowie eine Anzahl Schädel unterschiedlichen Ursprungs. Sie stellten fest, dass *Cribr orbitalia* in allen Populationen vorkommen, wobei Kinder häufiger betroffen sind als Erwachsene, und Frauen häufiger als Männer. Von insgesamt 718 Schädeln wiesen 25.3%, also rund ein Viertel, *Cribr orbitalia* auf.

Das Orbitadach ist stets anterior superior betroffen, nie medial, lateral oder inferior. Ähnliche Läsionen stellen sie endo- und ektocranial fest. Die Ätiologie der *Cribr orbitalia* ist ihnen jedoch nicht bekannt.

Mit ihrer Studie widerlegen Nathan/Haas (1966a) den von Welcker (1888) und Toldt (1886) angenommenen rassenbezogenen Ursprung der Pathologie. Sie schliessen aus ihrer Untersuchung eher auf einen alimentär bedingten Ursprung, da jene untersuchten Populationen mit unzureichender Ernährung am stärksten betroffen waren. So zum Beispiel waren die Kinderskelette der israelischen Fundorte Nahal Hever, Nahal Seelim und Nahal Mishmar zu 95.2% von *Cribr orbitalia* betroffen, während „nur“ zwei Drittel der Kinderskelette der Fundstelle Ein Gedi (Israel) davon betroffen sind. Archäologisch lässt sich diese Tatsache so erklären, dass Nahal Hever und Nahal Seelim während des Bar-Kochba Krieges gegen die Römer (132-135 n. Chr.) als Unterschlupfhöhlen gedient haben, und somit die flüchtige Bevölkerung unter schlechten (Ernährungs-)Bedingungen dort lebte.

Eine weitere Studie von Nathan/Haas (1966b) hat ergeben, dass *Cribr orbitalia* nicht nur im Menschen, sondern auch in rezenten Primaten vorkommt. Untersucht wurden 106 Primatenschädel, davon 82 Menschenaffen (58 Gorillas, zehn Orang-Utans und 14 Schimpansen) und 24 Affen (ein Pavian, 19 Makaken, ein Wollaffe, eine Meerkatze, eine Mangabe und ein Kapuzineraffe). Dabei wurden bei 15 Tieren, das entspricht 14.1%, *Cribr orbitalia* festgestellt. Nur zwei Schädel (8.3%) der Affen waren betroffen, jedoch 13 Schädel (15.8%) der Menschenaffen. Praktisch nur der porotische Typ, definiert nach Nathan/Haas (1966a) war beobachtbar. Wie bei den Menschen, sind bei den Primaten Jungtiere häufiger betroffen als Erwachsene, und weibliche Tiere weisen die Läsion etwas häufiger auf als männliche.

Hengen (1971) betont, dass Säuglinge in den ersten sechs Lebensmonaten nur wenig Eisen über die Muttermilch aufnehmen, da sie über eine fötal angelegte Eisenreserve verfügen, mit deren Hilfe sie diese ersten Lebensmonate überstehen können. Diese Reserven sind bei Früh- oder Mehrlingsgeburten deutlich geringer. Das „gefährliche Alter“ für eine Eisenmangel-Anämie bei Kleinkindern liegt zwischen sechs Monaten und zwei Jahren (also etwa in der Zeit der Entwöhnung). Entweder als Reaktion auf die extrauterine Umgebung, oder durch das Zusammentreffen von verschiedenen beschleunigenden und begünstigenden Faktoren könnte eine solche Anämie verursacht werden. Diese Situation kann zum Beispiel durch Protein- oder Vitamin C-Mangel verschlimmert werden (Hengen 1971).

Im Jahre 1974 wurde bei Ausgrabungen aus der Peruvian Preceramic ein Kinderskelett mit *Cribr orbitalia* gefunden (Trinkaus 1977). Dies ist der früheste Beleg dieses Symptoms aus dieser nicht-agrarwirtschaftlich lebenden Bevölkerung. Datiert wird das Skelett auf 2000 bis 1700 v. Chr. Das Kind starb im Alter von zehn bis elf Jahren, festgestellt anhand der Zahn-eruption. Das Kind scheint an Eisenmangel gelitten zu haben. Parasitärer Befall würde hier in Frage kommen, jedoch fehlen die Hinweise darauf. Trinkaus (1977) führt dieses Beispiel von *Cribr orbitalia* auf Sichelzellanämie und Thalassämie zurück. Die Ernährung der nicht-land-

wirtschaftlich lebenden Bevölkerung war stark marin-littoral abhängig. Vor allem Mollusken, Fische und aquatische Raubtiere wurden gegessen, daneben auch Vögel und Nagetiere, wenn auch weniger häufig. Die pflanzliche Nahrung war nicht sehr üppig und bestand vor allem aus einer Art Kürbis. Die Rolle des Eisens in Mollusken ist noch nicht sicher erforscht (Trinkaus 1977).

Fornaciari et al. (1981) untersuchten punische Gräber in Karthago (3. Jahrhundert v. Chr.). Dort wurden 35 Individuen exhumiert, wovon 24 intakte und untersuchbare Orbitadächer aufwiesen. Die vorhandenen *Cribra orbitalia* wurden aufgrund von Hengen (1971) und Nathan/ Haas (1966a) eingeteilt.

Von den vorhandenen 24 Crania weisen 13 *Cribra orbitalia* auf. Alle Individuen unter 18 Jahren sind von den Läsionen betroffen. Bei den Individuen unter 18 Jahren herrschen fortgeschrittene Stadien der *Cribra orbitalia* vor. Der Höhepunkt der Ausprägung ist mit zehn Jahren erreicht. Nach dem 18. Lebensjahr sinkt die Kurve der Betroffenen beständig ab und ist bei 50 Jahren auf dem Nullpunkt. Höhere Einteilungsgrade nach dem 18. Lebensjahr sind selten. Von den 18 adulten Individuen weisen nur sieben die Läsion auf. Über 55% der Frauen, aber nur etwas mehr als 22% der adulten Männer sind betroffen. In dieser Skelettserie scheint Eisenmangel-Anämie die häufigste Ursache zu sein, was die Autoren mittels Knocheneisen-Analyse festgestellt haben. Die Resultate hiervon zeigen, dass die von *Cribra orbitalia* betroffenen Individuen einen deutlich geringeren Eisengehalt in den Knochen aufweisen als jene ohne.

Die Autoren erhalten folgende Resultate:

- (1) *Cribra orbitalia* kommen meist in Schädeln von Individuen vor, welche vor dem Erreichen des 40. Lebensjahr verstorben sind;
- (2) *Cribra orbitalia* in fortgeschrittenen Verlaufsstadien kommen nur in Individuen unter 18 Jahren vor;
- (3) alle Kinder und Jugendliche sind betroffen und
- (4) die Läsionen sind bei den Adulten deutlich häufiger bei Frauen als bei Männern zu beobachten.

Aus diesen Resultaten könnte man schliessen, dass *Cribra orbitalia* in der Kindheit entstehen müssen, da alle Kinder und Jugendlichen davon betroffen sind. Dies könnte ein Hinweis auf die These von Stuart-Macadam (1985) sein. Da das Symptom bei allen vorkommt, muss es Verheilung geben, denn einige adulte Individuen werden älter als 40 Jahre und weisen keine *Cribra orbitalia* mehr auf. Eine Erklärung könnte sein, dass bei gesundheitlich schwachen Erwachsenen das Symptom nicht verheilt, sondern bis zum Tod bestehen bleibt. Es ist jedoch nicht bekannt, woran diese Individuen letztendlich gestorben sind. Dass Männer deutlich weniger häufig betroffen sind als Frauen, könnte bedeuten, dass Frauen durch die körperliche Schwächung von Menstruation, Schwangerschaft, Geburt und Laktation weniger gut in der Lage sind, eine gesundheitliche Stabilität zu erlangen. Wahrscheinlich gehen den Frauen durch diese körperlichen Anstrengungen wichtige Nährstoffe oder zuviel Eisen verloren. Dieses können sie nun nicht mehr gänzlich kompensieren. Somit können die *Cribra orbitalia* aus ihrer Kindheit weniger gut verheilen wie bei Männern, welche keine solchen körperlichen Schwächungen erfahren.

Walker (1986) untersuchte 432 Schädel von verschiedenen, nicht-landwirtschaftlich lebenden Bevölkerungen auf den Channel Islands in Süd-Kalifornien. Diese Bevölkerungen waren von unterschiedlichen Nahrungsressourcen abhängig. Jene im Landesinnern der Inseln nahmen eine eher pflanzliche Nahrung zu sich, während die Küstenbewohner sich hauptsäch-

lich von Fisch und Meeressäugern ernährten. Hier stellte Walker eine ebenso grosse Häufigkeit von porotischer Hyperostose und *Cribr orbitalia* fest, wie bei landwirtschaftlich lebenden indigenen Völkern in Nordamerika. Auch stellte er einen Unterschied zwischen den Populationen der verschiedenen Lebensräume in seinem Beobachtungsgebiet fest. Diese Unterschiede führt er auf verschiedene Faktoren zurück. Er nennt eine verlängerte Stillzeit als möglichen Auslöser von Eisenmangel-Anämie bei Frauen. Durchfall bei Säuglingen, ausgelöst durch die Entwöhnung von steriler Muttermilch und die Einführung von zum Teil unreinem Wasser und unreiner Nahrung könnte ein zweiter in Frage kommender Grund sein. Auch parasitärer Befall ist in diesem Zusammenhang genannt. Dies könnte durch den Konsum von rohem Fisch und Fleisch von Meeressäugern geschehen sein, wobei Endoparasiten wie Rund- oder Bandwürmer übertragen wurden. Diese wiederum bedingten einen Blutverlust im Mensch, welcher zu einer hämorrhagischen Anämie geführt haben könnte. Solche Parasiten können im Menschen die Wände des Verdauungstraktes durchbrechen, und können Erbrechen, Durchfall, Geschwürbildung und Blut im Stuhlgang verursachen. Ein hoher Verlust an Nährstoffen kann oft eine schlimmere Wirkung auf den Organismus haben, als eine verminderte Aufnahme (Walker 1986).

Die in Walkers Studie (1986) mit einbezogenen Schädel waren auf *Cribr orbitalia* untersucht worden und nach Nathan/Haas (1966a) eingeteilt. Ein Schwere-Index wurde durch das Addieren der Ausprägungsgrade der linken und rechten Orbita gezogen. Die Unterscheidung nach „aktiver“ und „verheilte“ porotischer Hyperostose macht Walker nach Angel (1967) und teilt alle untersuchten Schädel in die Kategorie „verheilt“ ein. Dies ist jedoch nicht einleuchtend, da Angel in seinem Artikel die zwei Kategorien lediglich erwähnt, aber nicht beschreibt oder in Abbildungen darstellt, was den Unterschied nicht genau festlegt und sich somit nicht zur Einteilung eignet. Walker (1986) deutet die so genannt „verheilten“ Läsionen dahingehend, dass die Anämie nicht akut, also nicht als direkte Todesursache in Frage kommt, sondern dass die akute Zeit schon eine Weile her sein muss. Er stellt auch fest, dass keine Kleinkinder unter drei oder vier Jahren unter dem Skelettmaterial waren. Dies könnte zum Beispiel daher rühren, dass diese Kleinkinder an einem anderen Ort beerdigt wurden, oder dass ihre Knochen nicht erhalten sind. Menschen, die in jungen Jahren anämisch waren, haben eine geringere Chance, das Erwachsenenalter zu erreichen (Walker 1986). Ein Grund, warum porotische Hyperostose häufiger bei Kindern als bei Erwachsenen vorkommt, ist die Möglichkeit einer Verheilung im Erwachsenenalter. In den untersuchten Populationen besteht kein signifikanter Geschlechtsunterschied. Dies könnte auf einen Ursprung der Anämien in der frühen Kindheit hinweisen. Wäre die Anämie erst beim Erwachsenen aufgetreten, so müssten Frauen laut Walker (1986) deutlich häufiger betroffen sein als Männer, da Frauen von Natur aus anfälliger sind, durch Blutverluste und für den Körper belastende Vorgänge. Für Säuglinge jedoch ist die Entwöhnung eine gefährliche Zeit. Mit der Muttermilch wird eine bestimmte Menge Eisen aufgenommen, welche mit der Entwöhnung wegfällt. Für ein paar Monate muss der Säugling nun von seinen Eisenreserven leben. Kann er das nicht, ist die Gefahr, anämisch zu werden, sehr real (Walker 1986). Hier wird jedoch nicht klar gesagt, wie viel Eisen Muttermilch enthält und weshalb es nicht möglich sein sollte, dass das entwöhnte Kleinkind das benötigte Eisen aus der Nahrung zu sich nimmt.

Die von Zink (1999) untersuchte Skelettpopulation (Altenerding, Landkreis Erding, Bayern) wurden von Grupe (1995) auf Aminosäuren des Knochenkollagens und auf den Eisen-gehalt des Knochens hin untersucht. Die Resultate zeigen, dass bei den Altenerdinger Kindern wohl ein Vitamin-C Mangel der Ausschlag für die *Cribr orbitalia* war. Auch Zink betont, dass die Ursachen differentialdiagnostisch schwer zu erörtern sind. Zink gebraucht die Ausprägungsgrade nach Schultz (1988). Die Kinder der beobachteten Serie Altenerding sind

im Alter von zwölf Jahren mit 100% am stärksten betroffen, jedoch bereits mit sechs Jahren liegt die Verbreitung bereits bei knapp 90%. Dies könnte andeuten, dass sich *Cribra orbitalia* nicht ausschliesslich im Kleinkinderalter ausprägen können, sondern auch bei juvenilen Individuen. Interessant ist, dass beim schwersten Ausprägungsgrad III die Mädchen gegenüber den Jungen doppelt so häufig betroffen sind. Diese Tatsache korreliert mit dem Befund der Schmelzhypoplasien (Zink 1999). Diese Korrelation sinnvoll, denn bei den Schmelzhypoplasien handelt es sich wie bei *Cribra orbitalia* um einen Stressor. Die Schmelzhypoplasien weisen aber eine unterschiedliche Ätiologie auf.

Peckmann (2003) hat in Südafrika drei verschiedene Skelettpopulationen untersucht und dabei versucht, die vorhandenen *Cribra orbitalia* mit der Todesursache in Verbindung zu bringen. Dieses Forschungsziel kommt dem der vorliegenden Arbeit sehr nahe. Peckmann hat vor allem die häufig auftretenden Pockenepidemien in Südafrika als Anhaltspunkt genommen und mit dem Vorkommen von *Cribra orbitalia* verglichen. Das Pockenvirus betrifft jede Altersgruppe und kann nur in grosser Bevölkerungsdichte überleben. Dies setzt Sesshaftigkeit voraus. An dieser Stelle wäre wiederum auf die Theorie von Kent (1986) zu verweisen. In ihrem Artikel betrachtet Peckmann zwei theoretische Modelle für die Ursache der *Cribra orbitalia*: erstens die Ernährungs- und zweitens die Parasiten-Theorie. Die Ernährungssituation der Bevölkerungen kann für das Auftreten der *Cribra orbitalia* nicht ausschlaggebend gewesen sein. Parasiten waren wohl vorhanden, jedoch nicht in dem Mass, als dass diese für ein derart hohes Vorkommen verantwortlich gemacht werden könnten. Da die untersuchten Bevölkerungen ansonsten recht gesund gewesen sind (wenig Pathologien am Skelett) und andererseits zeitweise eine hohe Frequenz von *Cribra orbitalia* nachgewiesen werden kann (das durchschnittliche *Cribra orbitalia*-Vorkommen der drei Bevölkerungen liegt bei 42.4%), nimmt Peckmann an, dass die Pockenepidemien momentan einen Einfluss auf die Sterblichkeit hatten, welche zu Zeiten der Epidemien 30% betrug. Pockenepidemien sind in Südafrika in den Jahren 1713, 1735, 1755, 1767, 1831, 1859, 1866, 1882, 1883, 1884, 1893 und 1896 verzeichnet (Peckmann 2003).

Zu diesem Versuch der Korrelation von *Cribra orbitalia* mit den Pocken sollte noch etwas angefügt sein. Bei den Pocken handelt es sich um eine akute, febrile Krankheit, welche durch das Variola-Virus verursacht wird. Es wird zwischen zwei Arten unterschieden: (1) *Variola major*; bei diesem Virus liegt die Sterblichkeitsrate zwischen 25 und 40% und bei (2) *Variola minor*, welches vor allem in Afrika und Südamerika auftritt, liegt die Sterblichkeitsrate bei weniger als 1% (Aufderheide/Rodríguez-Martín 1998). Peckmann spezifiziert in ihrer Studie die Frage der Virusart nicht. Es könnte sich jedoch um die *Variola minor* gehandelt haben, da diese vor allem in Afrika auftritt. Dann wäre jedoch die Sterblichkeitsrate relativ gering. Das Skelett wird bei Pocken in zirka 5 bis 20% involviert, jedoch überhaupt nicht bei Erwachsenen (Ortner/Putschar 1985). Bei Kindern kann Osteomyelitis und Arthritis vom Variola-Virus verursacht werden (Ortner/Putschar 1985, Aufderheide/Rodríguez-Martín 1998). Betroffen werden nur die Extremitätenknochen, meist bilateral und an mehreren Stellen. Am häufigsten (80%) wird das Ellbogengelenk involviert. Dabei sind alle drei am Gelenk beteiligten Armknochen in Mitleidenschaft gezogen. Die nächst häufig betroffene Stelle sind die Fussknochen und das Knöchelgelenk (zwischen Tibia, Fibula und Tarsus). Dabei verbreitet sich die Infektion in diesen Knochen von der Epiphyse her in Richtung Diaphyse. Die Epiphyse wird zerstört und die Diaphyse weist periostitische Reaktionen auf (Ortner/Putschar 1985, Aufderheide/Rodríguez-Martín 1998). Nicht betroffen werden hingegen Rippen, Wirbelsäule, Becken und Schädel (Ortner/Putschar 1985).

Es ist problematisch, die Pocken mit *Cribra orbitalia* korrelieren zu wollen, denn die Krankheit verläuft akut. Die Inkubationszeit beträgt vier Wochen. Die Krankheit verläuft her-

nach relativ schnell, entweder zur Immunität oder zum Tod (Smith 1989). Die Frage ist nun, in welche Richtung der Zusammenhang von Pocken und Cribra orbitalia verlaufen soll. Ist die körperliche Schwächung durch Cribra orbitalia aus der Kindheit an einer Variola-Infektion mitbeteiligt, oder kann eine überlebte Variola-Infektion den Organismus im Kindesalter schwächen und zu Mangelerscheinungen und schlussendlich mit der Ausbildung von Cribra orbitalia enden?

Material

Geschlechts- und Altersverteilung in der Stichprobe

In der St. Johann Spitalfriedhof Skelettserie werden 492 Schädel aufbewahrt. Davon konnten insgesamt 274 für diese Studie berücksichtigt werden. Es sollten nur Individuen mit vollständigen Angaben zu den wichtigsten Kriterien (Todesursache, Sterbealter und Herkunft) berücksichtigt werden. In über 50 Fällen waren zu den Individuen keine Angaben im Sterberegister vorhanden. Hier konnten aber auf die Angaben in den Krankengeschichten zurückgegriffen werden.

Die Stichprobe setzt sich aus 165 Männer und 109 Frauen zusammen. Dieses Geschlechterverhältnis entspricht nicht dem der damaligen Zeit (siehe Abschnitt *Demographie und die soziale Situation*). Die Frauen waren in Basel in jener Zeit in der Mehrheit. Die Altersverteilungen in der Stichprobe sowie in der Basler Bevölkerung um 1848 sind in Abb. 5 wiedergegeben. Die Zahlen von 1847 stammen aus der Volkszählung (Burckhardt-Fürstenberger 1848).

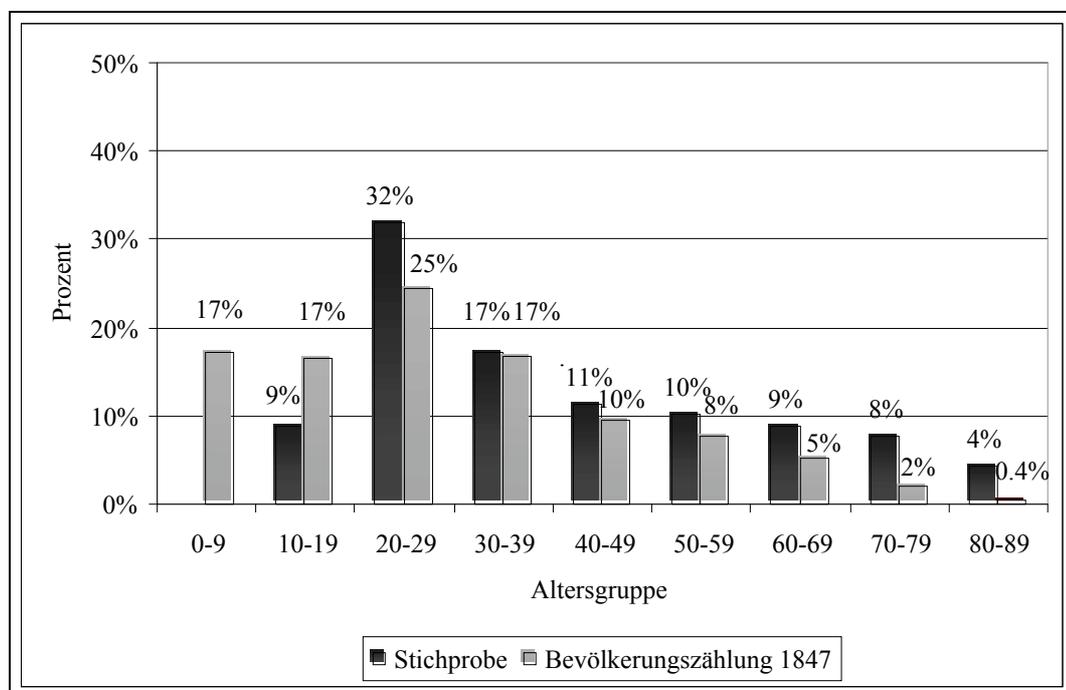


Abb. 5: Vergleich der Altersstruktur in der Stichprobe und in der Basler Bevölkerung um 1847.

Tendenziell ist die Altersstruktur der Stichprobenbevölkerung ähnlich jener der Bevölkerungszählung von 1847. Jedoch fehlen in der Stichprobe die Kinder gänzlich und die Jugend-

lichen sind selten vertreten. Die Alterskategorien der 20- bis 29jährigen, sowie der über 50jährigen sind in der Stichprobe stärker vertreten als in der gesamten Basler Bevölkerung.

Methoden

Die Beobachtung der Schädel ist makroskopisch durchgeführt worden. Es wurden aus Zeitgründen keine intrusiven Untersuchungen angestellt. Diese Studie untersucht die Epidemiologie, also die Verteilung der *Cribra orbitalia* (Ackermann-Liebrich et al. 1990). Die Auswertung basiert auf Prävalenz-Untersuchungen, welche die Häufigkeit der *Cribra orbitalia* in der Stichprobe feststellen (Waldron 1994). Anhand von statistischen Vierfelder-Chi-Quadrat-Tests (Lorenz 1992) wurde die Signifikanz (bei $p \leq 0.05$) untersucht. In Fällen, wo sich eine statistische Signifikanz ergeben hat, wird diese im Abschnitt *Resultate* angegeben.

Angewandtes Einteilungssystem

Wie unter *Einteilungssysteme der Ausprägungsgrade der Cribra orbitalia* erwähnt, werden in dieser Arbeit die *Cribra orbitalia* wegen der einfachen Handhabung und für eine einheitliche Datenaufnahme nach Steckel et al. (2004) eingeteilt.

Krankheitskategorien

Die in den schriftlichen Quellen genannten Krankheiten werden hier kategorisiert. Es ist darauf hinzuweisen, dass in den schriftlichen Quellen das Wort Todesursache nicht erwähnt wird. Im Sterberegister, sowie in den Krankengeschichten taucht jeweils der Begriff Krankheit auf. Es kann nicht nachvollzogen werden, ob diese Krankheit der Todesursache entsprach. Dies wird jedoch angenommen. Die Autorin erhebt in keinem Falle Anspruch auf Vollständigkeit bei diesen Angaben. Dies ist ein Versuch, die in den schriftlichen Quellen erwähnten Todesursachen zu analysieren und zu kategorisieren.

Bei einer hypothetischen Ausbildungszeit der *Cribra orbitalia* von einem bis zwei Monaten (siehe Abschnitt *Fragestellung*) müssen die Todesursachen auf ihre Dauer hin untersucht und eingeteilt werden. Demnach wurden folgende Kategorien erstellt:

- Kategorie „Alter“
- Kategorie „Schneller Verlauf“
- Kategorie „Langsamer Verlauf“
- Kategorie „Nicht definierbar“

In die Kategorie „Alter“ fallen alle Bezeichnung von Todesursachen, welche nicht direkt eine Erkrankung, sondern eher einen Zustand im Alter beschreiben. Hierunter fallen Marasmus (senilis/praecox), Alter und Altersschwäche. Die 18 Individuen in dieser Kategorie sind im Alter zwischen 52 und 87 Jahren verstorben. Darunter befinden sich acht Frauen und zehn Männer.

In die Kategorie „Langsamer Verlauf“ werden relativ langsam verlaufende Todesursachen zusammengefasst. Es handelt sich vor allem um Tuberkulose mit 59 von 108 Fällen (55%), Krebsgeschwüre mit 22 Fällen (20%) und Ödeme mit 15 Fällen (14%). Die 108 hier

eingeorordneten Individuen sind im Alter von 16 bis 92 Jahren, also über das gesamte Altersspektrum, verstorben. Darunter befinden sich 47 Frauen und 61 Männer.

In der Kategorie „Schneller Verlauf“ befinden sich Todesursachen mit relativ schnellem Verlauf, wobei die wichtigsten Krankheitsbezeichnungen die Infektionskrankheiten mit 82 von 102 Fällen (80%) sind. Unter diesen Infektionskrankheiten befinden sich neben einem Fall von Pocken und drei Fällen von Ruhr 78 Fälle von Typhus oder Nervenfieber, das sind 92% der Infektionskrankheiten. Von den 78 Typhus-Fällen sind 51 Männer und 27 sind Frauen. Von den Opfern des Typhus sind 48 (62%) unter 30 Jahren verstorben. Von diesen 48 Individuen wiederum waren nur 12 Frauen und 36 waren Männer. Bis zum 40. Lebensjahr sind von den 78 Typhus-Fällen sogar 69 Individuen (89%), davon 46 Männer, verstorben. Nur neun Individuen sind zwischen dem 40. und 62. Lebensjahr an Typhus verstorben, davon fünf Männer. Die Männer scheinen im generellen, altersunabhängig, deutlich häufiger von Typhus betroffen gewesen zu sein als die Frauen. Neben den Infektionskrankheiten sind sieben Individuen (7%) am Schlag gestorben, mit je einem Fall der konkreten Todesursache Lungen-schlag und Hirnschlag oder einfach Schlagfluss (in fünf Fällen). Fünf Fälle von Unfall und Suizid (5%) sind zu verzeichnen, wobei nur ein Fall von Suizid („erschoss sich mit Schrot“) vorliegt; die restlichen vier Fälle sind sehr wahrscheinlich Unfälle, wie etwa „Verletzung der Eingeweide“, „durch zwei Wagen verdrückt“, oder „an Brandwunden“. In sechs Fällen (6%) ist Brand als Todesursache angegeben. Dabei handelt es sich um „Brand im Mund“, „Lungenbrand“ und „Vereiterung und Brand der Füsse“. An den Folgen der Geburt sind zwei Frauen verstorben (2%).

Die vierte Kategorie „Nicht definierbar“ beinhaltet all jene todesursächlichen Krankheiten, die sich nicht eindeutig einer anderen Kategorie zuordnen lassen. In diese Kategorie wurden 55 Individuen eingeteilt. Unter den 55 Individuen befinden sich 32 Männer und 23 Frauen. Die häufigsten Todesursachen waren Entzündungen mit 37 Fällen oder 67%. Davon sind über die Hälfte (24 oder 65%) Lungenentzündungen. Das Altersspektrum bei Lungenentzündungen reicht von 19 bis 75 Jahren, die Frauen mit 13 Individuen übertreffen leicht die Männer mit 11 Individuen. Die restlichen Entzündungen beziehen sich zum Beispiel auf Peritonitis, Gebärmutterentzündung, Hirnentzündung, oder Pericarditis. Nach den Entzündungen ist die grösste Krankheitsgruppe jene, die unter der Krankheitsbezeichnung „allgemeine Leiden und Beschwerden“ zusammengefasst wurde. Diese Bezeichnung beinhaltet schwer oder nicht kategorisierbare Krankheitsangaben, wie etwa „Gehirnkrankheit“, „Harnbeschwerden“, „Leberleiden“ und „Nierenkrankheit“.

Retrospektive Diagnostik

Ein weitere Problematik stellt die retrospektiven Diagnose dar (Ritzmann 2001). Es ist der Autorin bewusst, dass das Zurückgreifen auf die historischen Krankheitsbegriffe problematisch ist. Da für die Skelettserie vom St. Johann Spitalfriedhof Krankengeschichten zur Verfügung stehen, müssten diese transkribiert und analysiert werden, um die genauen Todesursachen diagnostizieren zu können. Dies würde jedoch den zeitlichen Rahmen dieser Arbeit sprengen und entspräche der Arbeit eines Medizinhistorikers. Hier soll auch darauf verwiesen sein, dass die vorliegende Arbeit als eine Vorstudie auf ein grösseres Forschungsprojekt gelten darf, welches sich interdisziplinär in Zusammenarbeit mit der Medizinhistorik mit diesem Thema beschäftigen wird. Es ist heutzutage schwer nachvollziehbar, mit welchen Mitteln in der frühen Industrialisierung Krankheiten diagnostiziert wurden, und wie der Begriff Krankheit von der Bevölkerung wahrgenommen wurde, da es mehr als ein Verständnis von diesem Wort gibt. Krankheit wird von verschiedenen Faktoren geprägt. So etwa vom Patienten, dem

behandelnden Arzt, dem allgemeinen Verständnis von Gesundheit, den Medizinwissenschaften, der pharmazeutischen Industrie, der Gesellschaft im generellen und natürlich von der Krankheit selbst (Rosenberg 2003). Die retrospektive Diagnose ist insofern eine Gratwanderung, als der Wissenschaftler, der sich heute mit den historischen Diagnosen beschäftigt, zwischen zwei Perspektiven einen Mittelweg finden muss. Dabei handelt es sich darum, das „Primärerleben“ einer Krankheit durch den Patienten über die Zeit hinweg als konstant anzusehen. Hingegen ist diesem Umstand auch mit Vorsicht zu begegnen, denn eine Krankheit ist keine Naturgegebenheit und wirkt sich somit nicht immer gleich aus (Leven 1998).

Resultate

Verheilungsspuren bei Cribra orbitalia

In der Literatur sind Hinweise auf Verheilungsspuren der Cribra orbitalia zu finden; die Diskussion scheint jedoch nicht eindeutig geklärt zu sein. Schultz (2001) verweist auf Verheilungsspuren der Cribra orbitalia durch Knochenneubildungen in den Orbitadächern. Es hat sich als schwierig erwiesen, solche zu identifizieren, da in der Literatur, soweit für die vorliegende Arbeit recherchiert wurde, keine ausführliche Beschreibung mit Abbildungen zu diesem Thema zu finden ist. Es kann demnach sein, dass die Liste der Verheilungsspuren in der Datenaufnahme dieser Arbeit nicht komplett ist. Soweit makroskopisch beurteilbar, weisen neun von 274 (3.3%) Schädeln Verheilungsspuren auf. Die Autorin stellt keinerlei Ansprüche an die Vollständigkeit bezüglich der Datenaufnahme der Verheilungsspuren.

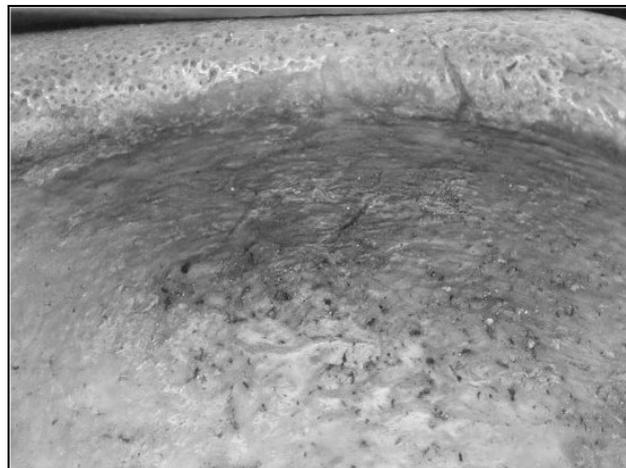


Abb. 6: Verheilungsspuren: Knochenneubildung als weisse Struktur über dem Orbitadach. Linke Orbita, STJ-1639 (Foto: S. Braun).

Es wird hier versucht, die Verheilungsspuren zu beschreiben und mit einer Abbildung zu dokumentieren. Helles Knochenmaterial scheint „über dem Knochen verstrichen“ zu sein, wobei dieses neue Knochenmaterial über das Niveau des Orbitadaches hinauswächst. Man kann das neu gebildete Knochenmaterial durchaus mit dem Finger als Kanten und kleine Wülste spüren. Die Läsionen sind undeutlich darunter zu sehen. Dies kann auf einen Verheilungszustand zurückgeführt werden (Abb. 6).

Aus der Literatur sind keine Prozentzahlen zu Verheilungsspuren bekannt, daher können keine Vergleiche angestellt werden. In vier der neun Fälle (44.4%) mit Knochenneubildungen können diese gleichzeitig mit Cribra orbitalia in einer Orbita beobachtet werden. In drei Fällen (33.3%) treten gleichzeitig Verheilungsspuren, Cribra orbitalia sowie Vaskularisierungen in der gleichen Orbita auf. Hier ist nicht deutlich, ob die Knochenneubildungen die Cribra orbitalia oder die Vaskularisierungen betreffen. In den anderen zwei Fällen (22.2%) kommen die Verheilungsspuren mit Vaskularisierungen in den gleichen Orbitae vor. Somit wird deutlich, dass Knochenneubildungen nie unabhängig in einer Orbita auftreten.

Cribra orbitalia bei den Geschlechtern

Berücksichtigt man die Augenhöhlendächer frei von Cribra orbitalia (Grad 1), so weisen die Männer mit 76 (46.1%) einen leicht höheren Anteil auf, als die Frauen mit 59 (42.2%) Individuen (Abb. 7). Hingegen zeigen die Frauen beim Grad 2 mit 46 (54.1%) Individuen eine leicht höhere Cribra orbitalia-Häufigkeit, als die Männer mit 82 (50%) Individuen. Der Grad 3 zeichnet sich bei beiden Geschlechter durch einen ähnlich tiefen Befall aus: sieben Männer (4.2%) im Vergleich zu vier Frauen (3.7%). Die Prozentzahlen beziehen sich jeweils auf die Gruppe der Männer mit 165 Individuen (100%) und die der Frauen mit 109 Individuen (100%).

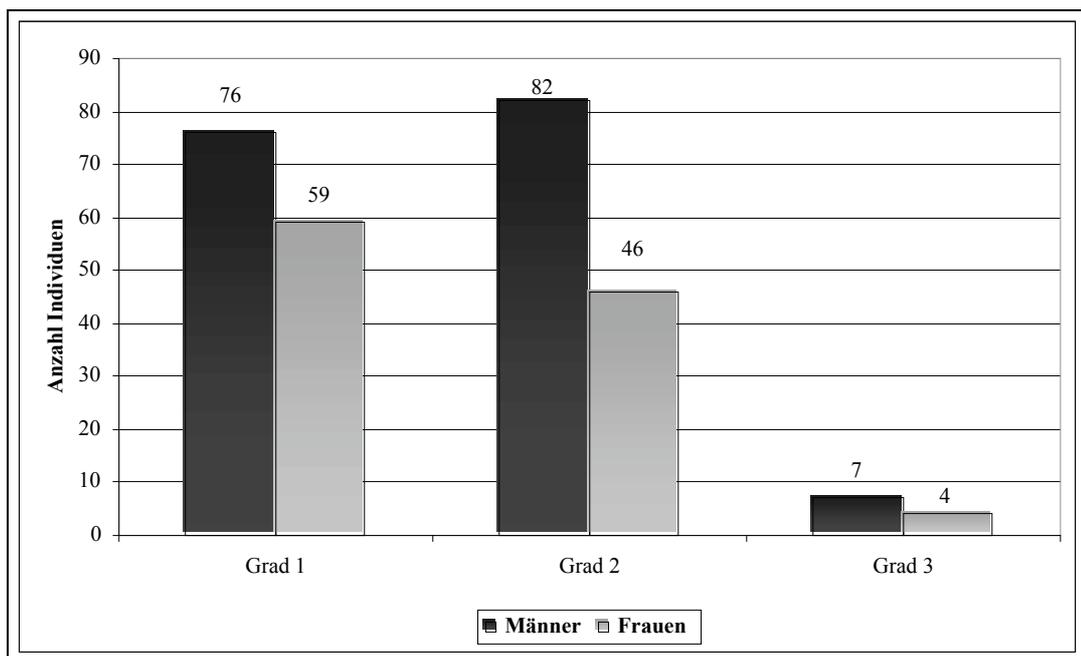


Abb. 7: Das Vorkommen der Cribra orbitalia bei den Männern (n=165) und Frauen (n=109) des St. Johann Spitalfriedhofes.

Werden die Grade 2 und 3 in einer Gruppe zusammengefasst, wird der tiefere Anteil bezüglich Cribra orbitalia bei den Frauen noch deutlicher. Die Frauen weisen eine Prävalenz von nur 0.46 auf, während die Männer eine solche von 0.54 zeigen (Abb. 8). Dies ist bemerkenswert, da Frauen in der Literatur häufiger in Zusammenhang mit Cribra orbitalia gebracht werden als Männer. Dies beruht vor allem auf körperschwächenden Vorgängen, die zum Teil mit Blutverlusten zusammenhängen, wie Menstruation, Schwangerschaft, Geburt und Lakta-

tion. Diese zusätzlichen Belastungen des weiblichen Organismus werden mit einer daraus resultierenden geringeren Fitness und demzufolge einem häufigeren Auftreten von Cribra orbitalia korreliert. Aus den hier vorliegenden Resultaten drängt sich aber die gegenteilige Schlussfolgerung auf, nämlich die einer grösseren gesundheitlichen Fitness des weiblichen Geschlechts.

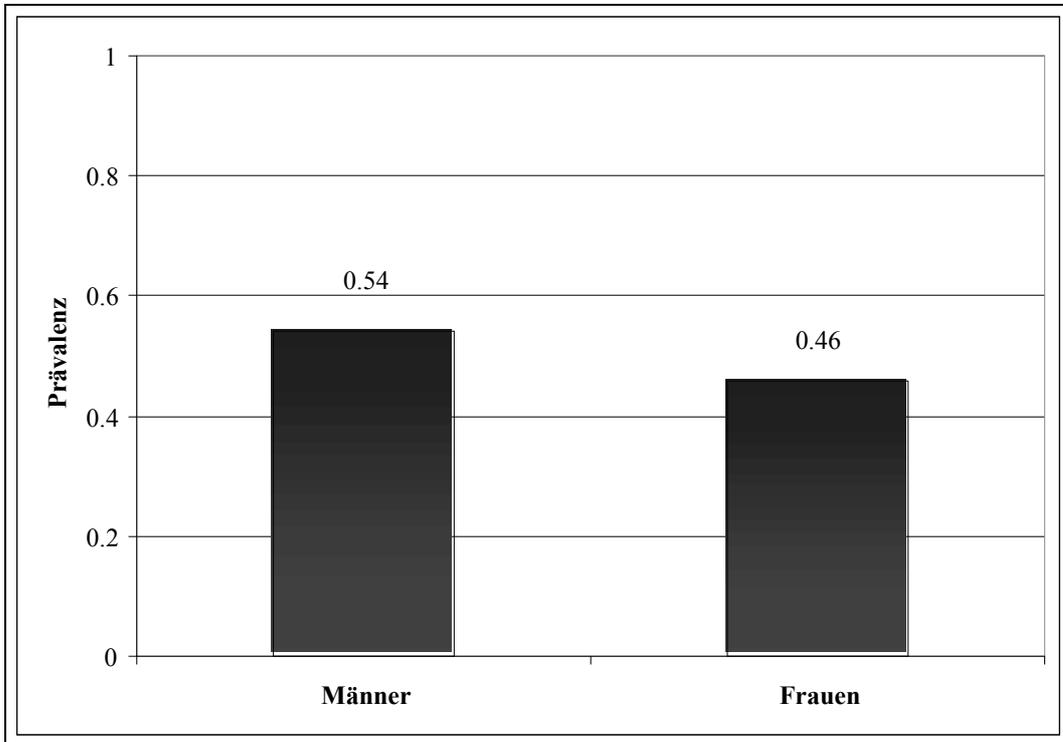


Abb. 8: Die Prävalenz der Cribra orbitalia bei den untersuchten Männern (n=165) und Frauen (n=109).

Cribra orbitalia bei den Altersgruppen

Bei der Prävalenz der Cribra orbitalia in den Altersgruppen nach Männern und Frauen getrennt ergeben sich zum Teil deutliche Unterschiede (Abb. 9). Diese sind besonders gross in den Altersgruppen der 40- bis 49- und der 70- bis 79jährigen. Ein Grund für diese Differenz ist nicht offensichtlich. Während sich beim männlichen Geschlecht, abgesehen von der Altersgruppe der 60- bis 69jährigen, eine allmählich sinkende Tendenz der Prävalenz abzeichnet (die Altersgruppen der 80jährigen und älteren wird aufgrund der kleinen Stichprobe nicht berücksichtigt), weisen die Frauen bis ins höhere Alter eine relativ konstant bleibende Prävalenz auf (mit Ausnahme der Altersgruppe der 40- bis 49jährigen). Wie erwähnt können die Gruppe der 80- bis 92jährigen, welche sich aus vier Männern und acht Frauen zusammensetzt (die Gruppe beinhaltet eine einzige Person älter als 90 Jahre; eine 92jährige Frau) für statistisch signifikante Aussagen nicht berücksichtigt werden, da die Stichprobengrösse zu gering ist. Trotzdem darf darauf hingewiesen werden, dass bei der Auswertung der Krankheitskategorien, die der Kategorie „Alter“ zugeordneten Individuen eine sehr hohe Prävalenz aufweisen. Somit scheint das vorliegende Resultat der Realität zu entsprechen.

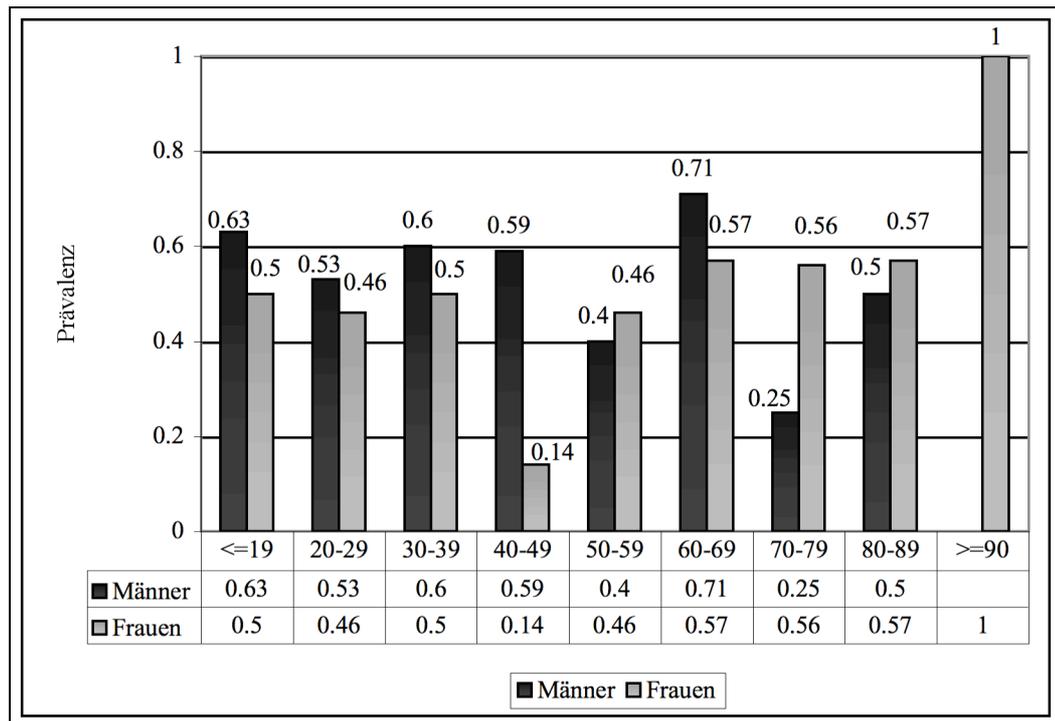


Abb. 9: Prävalenz der Cribra orbitalia in den Altersgruppen bei Männern (n=165) und Frauen (n=109).

Bei der Aufteilung der Altersgruppen in juvenile, adulte und mature Individuen (< = 19 bis 59) einerseits und senile (60 bis > = 90) andererseits, lassen sich diese Tendenzen ebenfalls feststellen (Abb. 10). Die Frauen in der Gruppe „senil“ sind mit einer Prävalenz von 0.68 deutlich häufiger von Cribra orbitalia betroffen, als die jüngeren Frauen mit einer Prävalenz

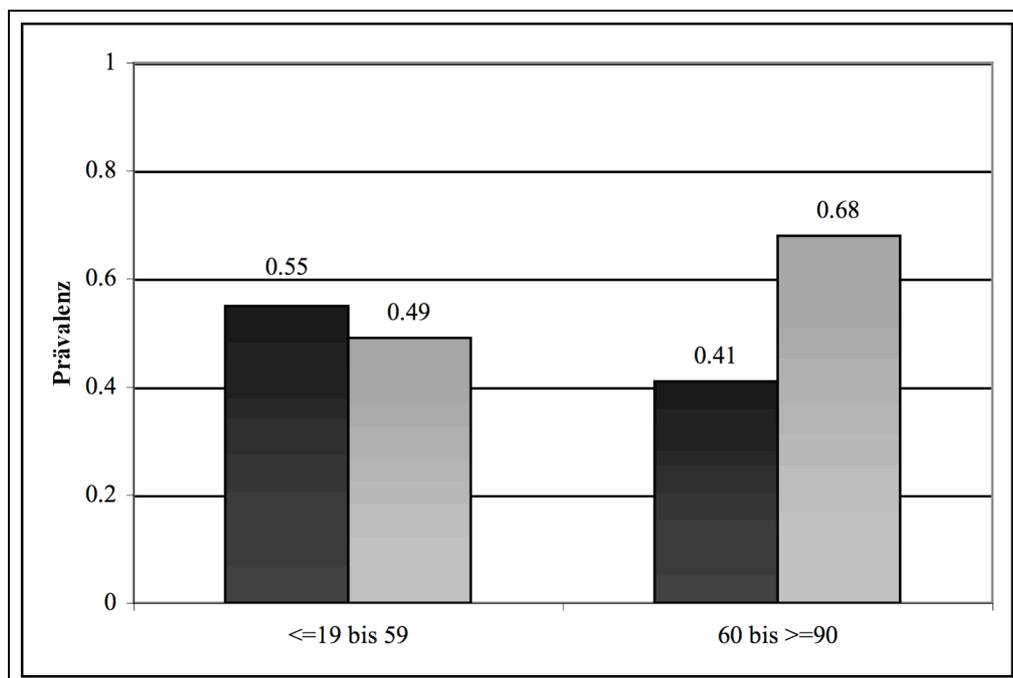


Abb. 10: Prävalenz der Cribra orbitalia bei und unterteilt in juvenil, adult und matur (Männer n=132, Frauen n=85) versus senil (Männer n=33, Frauen n=24).

von 0.49 oder die Gruppe der Männer mit einer Prävalenz von 0.55. Dies scheint zu bestätigen, dass die Läsionen keinen gravierenden negativen Einfluss auf die körperliche Fitness der Frauen hatten. Bei den Männern nimmt die Prävalenz von Cribra orbitalia von der jüngeren Altersgruppe mit Prävalenz = 0.55 auf Prävalenz = 0.41 zur älteren Gruppe ab. Damit lässt sich die in Abbildung 10 angesprochene Tendenz noch verdeutlichen.

Cribra orbitalia und Tuberkulose, Typhus und Lungenentzündung

Die in der vorliegenden Stichprobe der Spitalfriedhofbevölkerung am häufigsten verzeichneten Todesursachen stellen Typhus mit 78 Individuen oder 28.5%, Tuberkulose mit 59 Fällen oder 21.5% und Lungenentzündung mit 24 Todesfällen oder 8.8% dar. Diese drei Todesursachen sind für den Tod von 161 oder 58.8% der 274 Individuen verantwortlich. Bei der Einteilung in die Ausprägungsgrade fällt ein vermehrtes Auftreten von Grad 2- und 3-Fällen bei Typhus auf (Abb. 11).

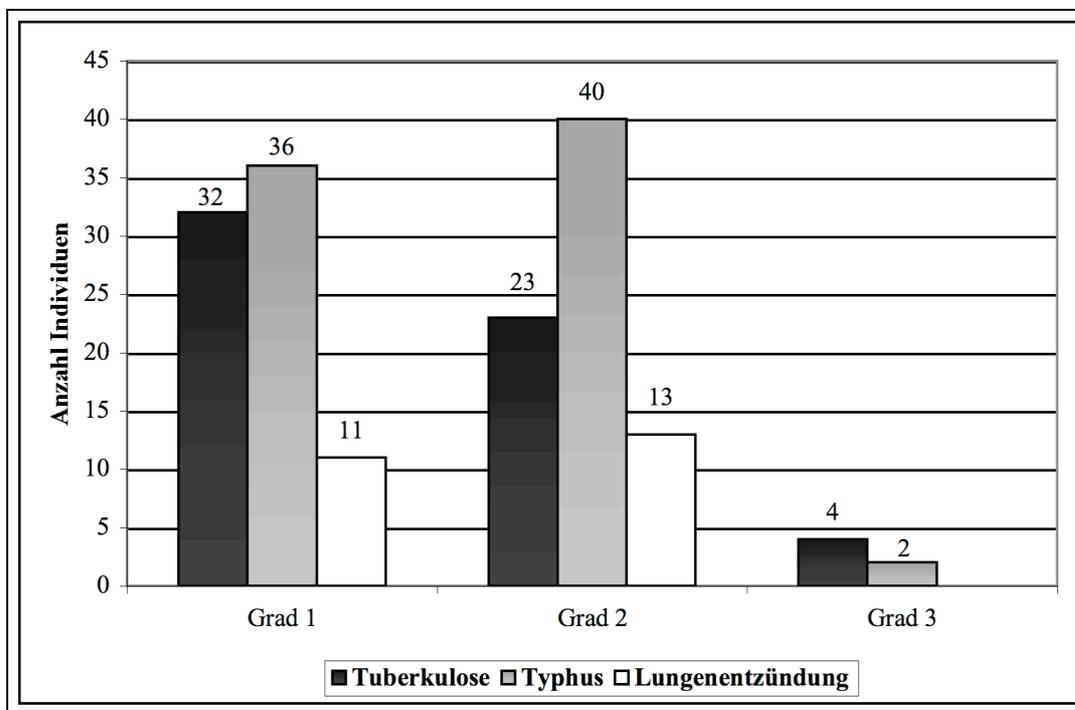


Abb. 11: Cribra orbitalia bei Fällen von Tuberkulose (n=59), Typhus (n=78) und Lungenentzündung (n=24).

Bei der Untersuchung der Prävalenz der Cribra orbitalia bei den drei Krankheiten fällt auf, dass weniger als die Hälfte ($P=0.46$) der an Tuberkulose Verstorbenen die Läsionen aufweisen. Dies entspricht nicht den Erwartungen, da die Cribra orbitalia als Knochenveränderung in einen engen Zusammenhang mit der langandauernden Tuberkulose gebracht wurden. Die anderen beiden Krankheiten weisen eine gleich grosse Prävalenz von 0.54 bezüglich Cribra orbitalia auf (Abb. 12). Im folgenden sollen die Krankheiten geschlechtsspezifisch betrachtet werden.

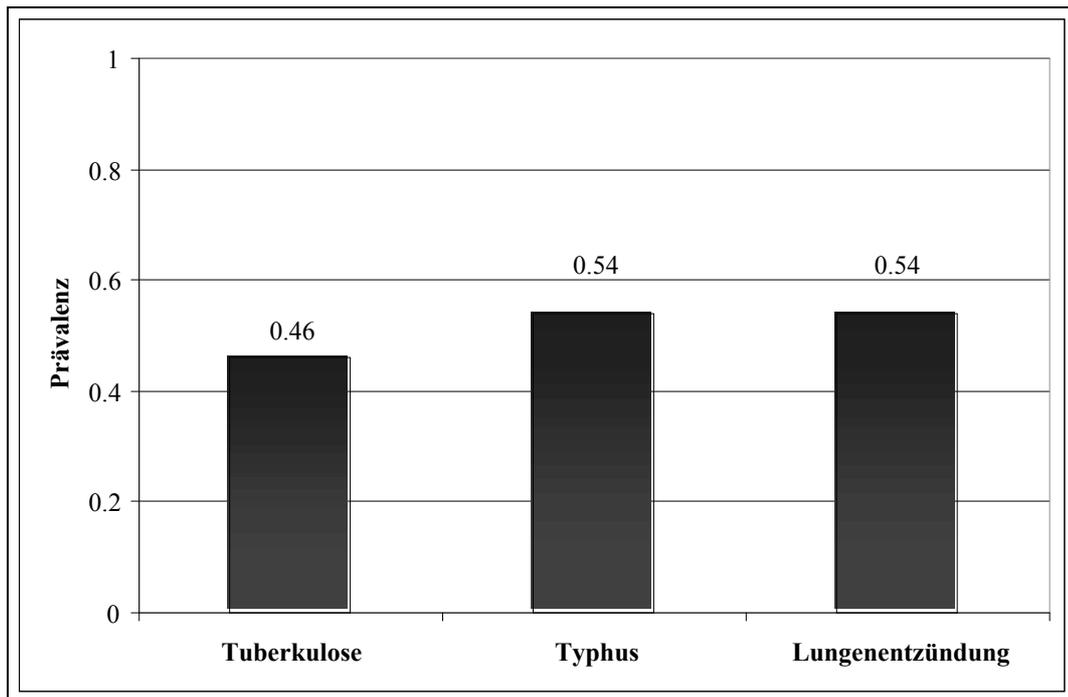


Abb. 12: Prävalenz der Cribra orbitalia bei Fällen von Tuberkulose, Typhus und Lungenentzündung (n=161).

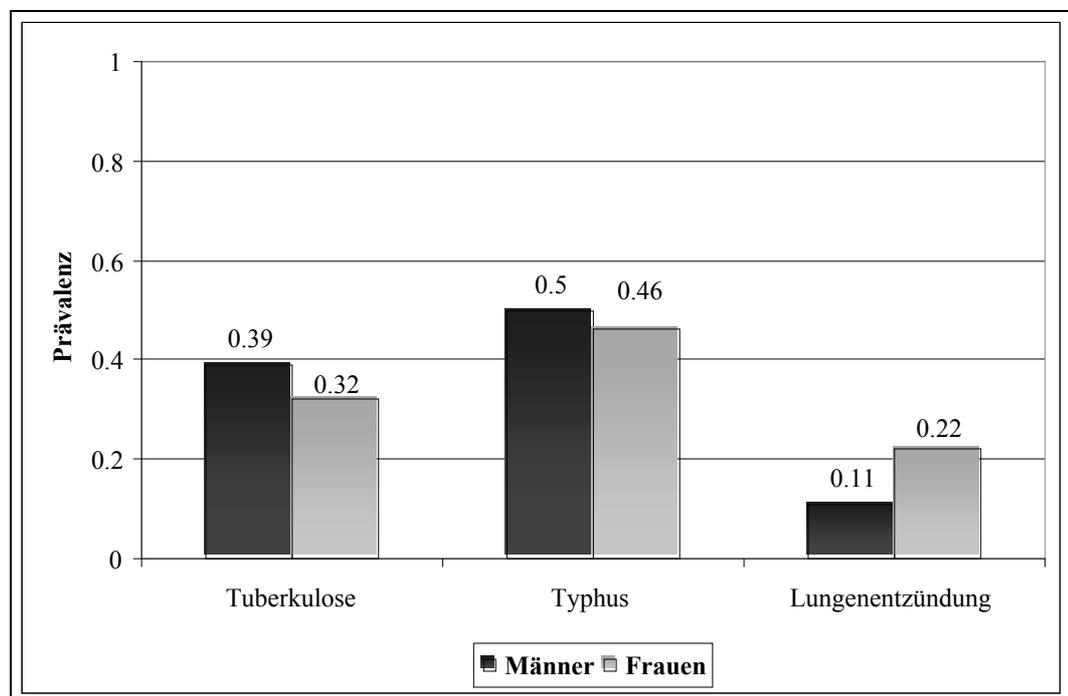


Abb. 13: Prävalenz der Cribra orbitalia bei Tuberkulose (Männer n=40, Frauen n=19), Typhus (Männer n=51, Frauen n=27) und Lungenentzündung (Männer n=11, Frauen n=13).

Bei den Lungenentzündungen sind die Frauen häufiger betroffen als die Männer, während es sich bei den anderen beiden Krankheiten umgekehrt verhält (Abb. 13).

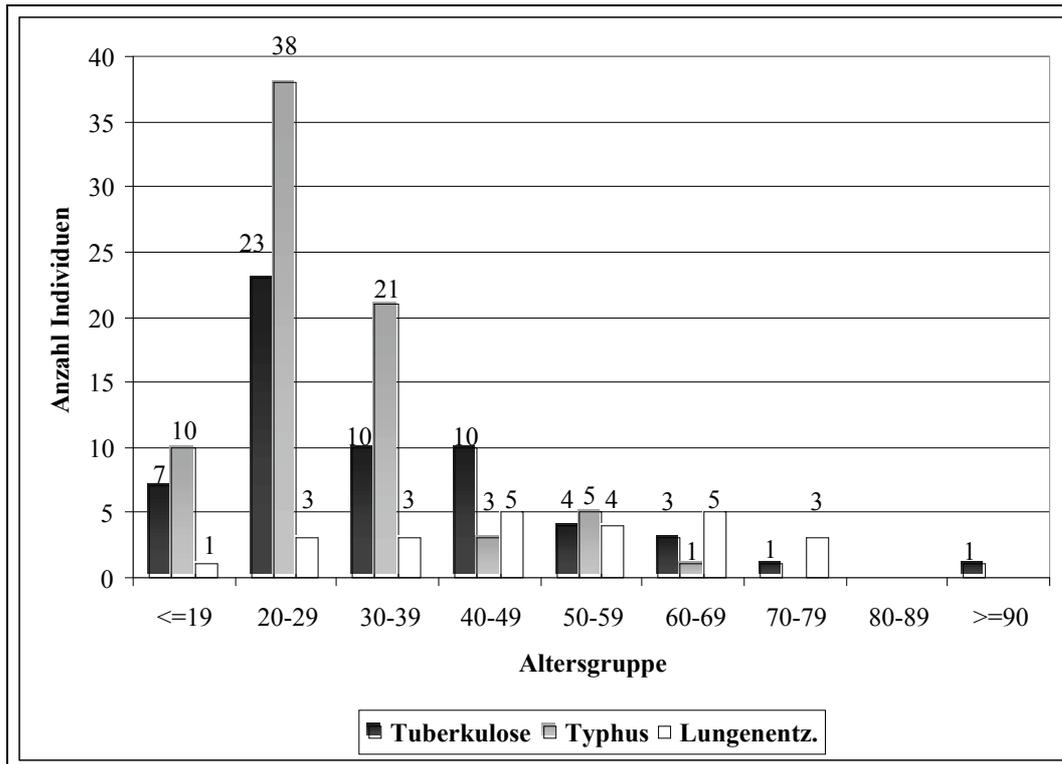


Abb. 14: Altersverteilung bei Fällen von Tuberkulose, Typhus und Lungenentzündung (n=161).

Weiter wurde die Altersverteilung bei den drei Krankheiten untersucht. Mit Abstand am meisten Individuen sind zwischen 20 und 29 Jahren an Typhus verstorben. Auch Tuberkulose ist in jüngeren Jahren vermehrt aufgetreten. Hierbei muss auch betont werden, dass dies der Altersverteilung der Stichprobe entspricht und daher auch mit vermehrten Todesfällen in den jungen Altersgruppen gerechnet werden kann. Auffällig ist das zunehmende Auftreten von Lungenentzündungen mit zunehmendem Alter. Dies ist insbesondere bemerkenswert, als dass sich diese Tendenz gegenläufig zur Altersstruktur der Stichprobe verhält (Abb. 14).

Cribra orbitalia nach den vier Krankheitskategorien

Nachdem drei spezifische Krankheiten beleuchtet wurden, sollen nun alle anderen auf einen möglichen Zusammenhang mit Cribra orbitalia untersucht werden. Hierzu wurden die in den schriftlichen Quellen genannten Todesursachen in Krankheitskategorien zusammengefasst. Die Kriterien zur Erstellung dieser Kategorien wurden im Abschnitt *Methoden* erläutert. Für die Bearbeitung dieser Krankheitskategorien musste die Stichprobengröße verändert werden. Bei einigen Individuen wurden mehr als eine Erkrankung aufgeführt. Welche die tatsächliche Todesursache war, kann nicht festgestellt werden. Für die Analyse wurden sämtliche Erkrankungen mitgezählt. Deshalb ergibt sich hier eine Stichprobengröße von 283. Die Abbildung 15 zeigt die Ausprägungsgrade der vier Krankheitskategorien.

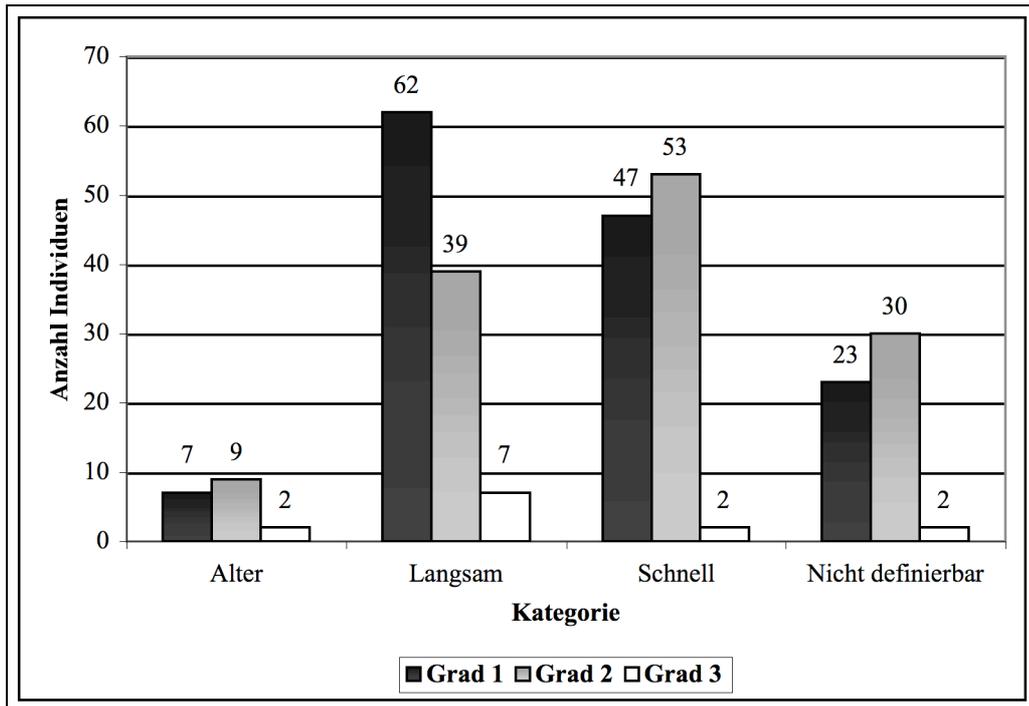


Abb. 15: Gradeinteilung der Cribra orbitalia in den vier Krankheitskategorien „Alter“ (n=18), „Langsam“ (n=108), „Schnell“ (n=102) und „Nicht definierbar“ (n=55).

Die Prävalenz-Untersuchung der Cribra orbitalia wurde auch für die Geschlechter getrennt vorgenommen (Abb. 16).

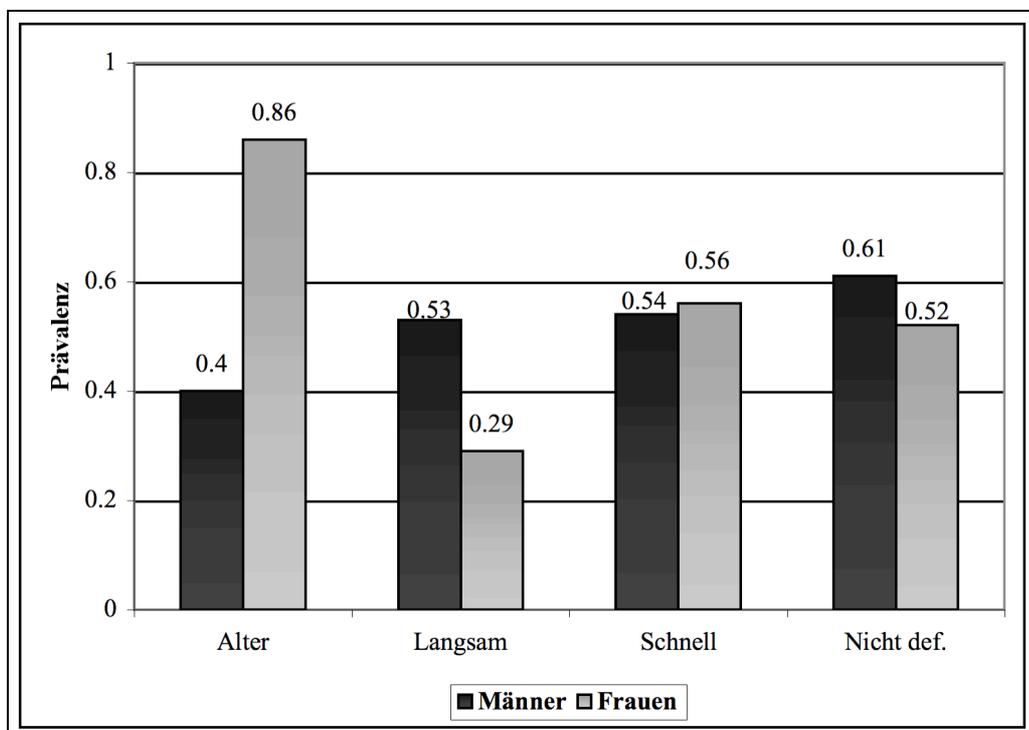


Abb. 16: Prävalenz der Cribra orbitalia bei den Krankheitskategorien („Alter“: Männer n=10, Frauen n=8; „Langsam“: Männer n=60, Frauen n=48; „Schnell“: Männer n=67, Frauen n=35; „Nicht definierbar“: Männer n=32, Frauen n=23).

In der Kategorie „Alter“ liegt die Prävalenz der *Cribra orbitalia* bei den Frauen (n=8) sehr hoch, bei den Männern (n=10) hingegen ist sie gering ausgeprägt. Die vielen Fälle der *Cribra orbitalia* bei älteren Frauen lassen nicht auf eine verringerte Lebensfitness schliessen. Es ist hier aber noch anzumerken, dass die Stichprobe der Kategorie „Alter“ mit nur 18 Individuen im Vergleich zu den anderen Kategorien relativ klein ist. Die Aussage ist demnach mit Vorsicht zu betrachten. Der Unterschied in Prävalenz zwischen Männern und Frauen in dieser Kategorie ist statistisch signifikant, mit $\chi^2=4.22$ und $p=0.04$. Ein weiterer Unterschied zwischen Männern (n=60) und Frauen (n=48) ist in der Kategorie „Langsamer Verlauf“ zu beobachten. Während über die Hälfte der Männer in dieser Kategorie von *Cribra orbitalia* betroffen waren, sind es bei den Frauen weniger als ein Drittel. Auffällig an diesen Ergebnissen ist der grosse Unterschied zwischen den Prävalenzen der Kategorien „Alter“ und „Langsam“ bei den Frauen. Hier stehen sich die Prävalenzen 0.86 („Alter“) und 0.29 („Langsam“) gegenüber. Dieses Resultat ist mit $\chi^2=7.87$ und $p=0.005$ statistisch signifikant. Bei den Männern ist der Unterschied nicht so stark ausgeprägt (0.4 versus 0.53). Zudem zeigen die Männer bezüglich allen vier Kategorien eine relativ konstant ausgeprägte Prävalenz. Aus diesen Resultaten lässt sich zeigen, dass sich bezüglich der männlichen Stichprobe kein Zusammenhang zwischen lang andauernden Krankheiten und dem Auftreten von *Cribra orbitalia* ableiten lässt. Inwieweit der deutliche Unterschied bei den beiden weiblichen Gruppen bezüglich der Kategorien auf einen geschlechtsspezifischen Zusammenhang zurückzuführen ist, muss weiteren Untersuchungen vorbehalten sein. Hier liegen für beide Kategorien Resultate vor, die den allgemeinen Annahmen widersprechen. Die Prävalenz in den Kategorien „Schneller Verlauf“ (Männer n=67, Frauen n=35) und „Nicht definierbar“ (Männer n=32, Frauen n=23) verhält sich bei den Geschlechtern sehr ähnlich.

Cribra orbitalia und die regionale Herkunft

In diesem Abschnitt werden verschiedene Fragestellungen beleuchtet. Einerseits soll die unterschiedliche Prävalenz der *Cribra orbitalia* in der Schweizer Bevölkerung untersucht werden. Hierbei wird zwischen den Basler Stadtbürgern und den zugewanderten Schweizern unterschieden. Letztere stammen alle aus ländlichen Kantonen und sind somit nicht Basler Bürger. Dabei soll ein eventueller Unterschied bezüglich der Gesundheitssituation einer städtischen und einer ursprünglich ländlichen Bevölkerung untersucht werden.

In einem zweiten Schritt wird der Beobachtungshorizont auf die gesamte Stichprobe ausgeweitet und die Bevölkerungen im damaligen nationalen Zusammenhang untersucht.

Die Herkunft der Individuen vom St. Johann Spitalfriedhof ist neben der Schweiz (164 Individuen) auch das angrenzende Ausland (110 Individuen), mit Ausnahme eines Individuums aus Grossbritannien.

Cribra orbitalia bei der Schweizer Stadt- und Landbevölkerung

Bei der Untersuchung der Prävalenz der *Cribra orbitalia* in der Stadt- und der Landbevölkerung lässt sich ein deutlich grösseres Vorkommen bei der Stadtbevölkerung feststellen (Abb. 17). Daraus können gesündere Lebens- und Ernährungsumstände bei der Landbevölkerung aufgrund der dort betriebenen Landwirtschaft geschlossen werden. Ebenso war die Bevölkerungsdichte auf dem Land weniger gross als in der Stadt, wo nur sehr wenig Wohnfläche für eine Familie zur Verfügung gestanden hat (siehe Abschnitt *Demographie und die soziale Situation*).

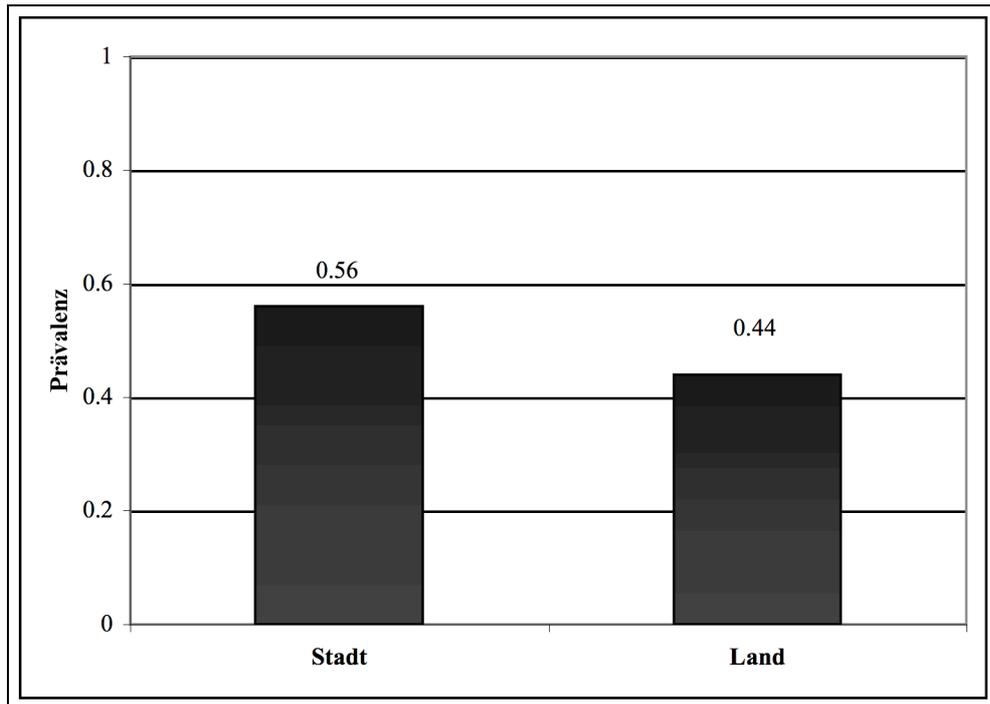


Abb. 17: Prävalenz der Cribra orbitalia bei der Schweizer Stadt- (Männer n=26, Frauen n=19) und Landbevölkerung (Männer n=69, Frauen n=50).

Cribra orbitalia und die Herkunftsländer

Die ausländischen Individuen wurden zunächst gesamthaft jeweils in ihre Herkunftsländer unterteilt. Diese sind Deutschland, Frankreich, Italien und Grossbritannien. Ausserdem sind sechs Heimatlose in der Stichprobe vertreten. Die zwei Italiener wurden mit dem Individuum aus Grossbritannien und den sechs Heimatlosen in eine einzige Kategorie gestellt (Abb. 18). Bei einigen dieser Heimatlosen wurde im Sterberegister vermerkt, dass sie früher deutsche Bürger waren. Hier folgt eine Darstellung der Heimatländer der gesamten Stichprobe.

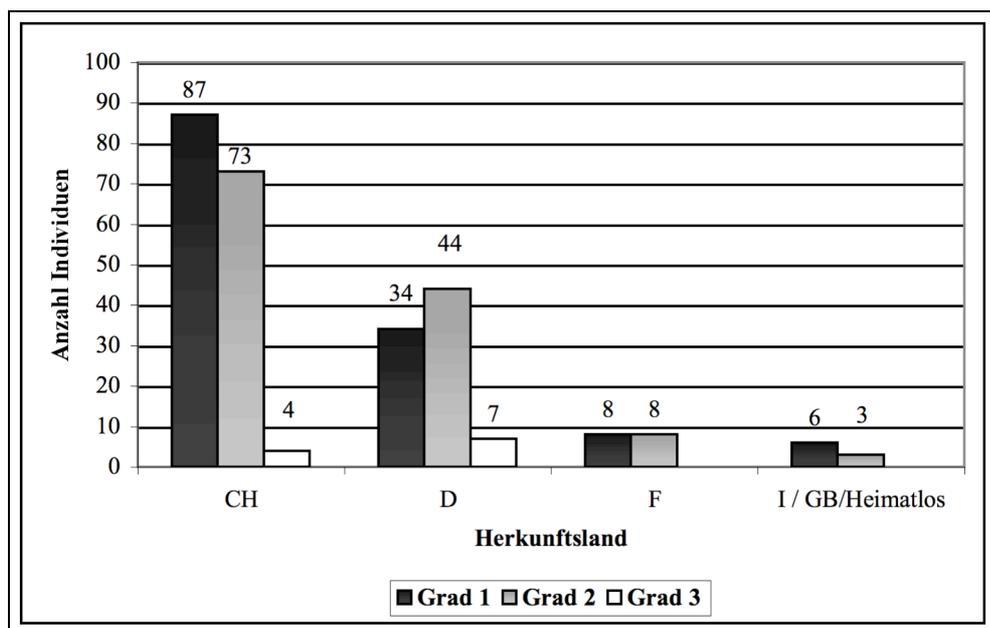


Abb. 18: Cribra orbitalia bei den 274 Individuen aller Herkunftsländer.

Neben den Deutschen ebenfalls stark von der Läsion betroffen waren die in Basel lebenden Franzosen, welche zu gleichen Teilen Grad 1 und Grad 2 aufweisen. Am wenigsten stark in Mitleidenschaft gezogen sind die Heimatlosen, die zwei italienischen und das britische Individuum. Da bei dieser Gruppe jedoch die Stichprobe sehr gering ist, können keine relevanten Aussagen zu diesen Resultaten gemacht werden. Die Schweizer in Basel sind zu etwas weniger als der Hälfte der untersuchbaren Orbitae von Cribra orbitalia-Läsionen betroffen. Mit der Prävalenz $P=0.6$ sind die meisten Immigranten aus Deutschland (Baden, Württemberg und verschiedene andere Regionen) von Cribra orbitalia betroffen (Abb. 19).

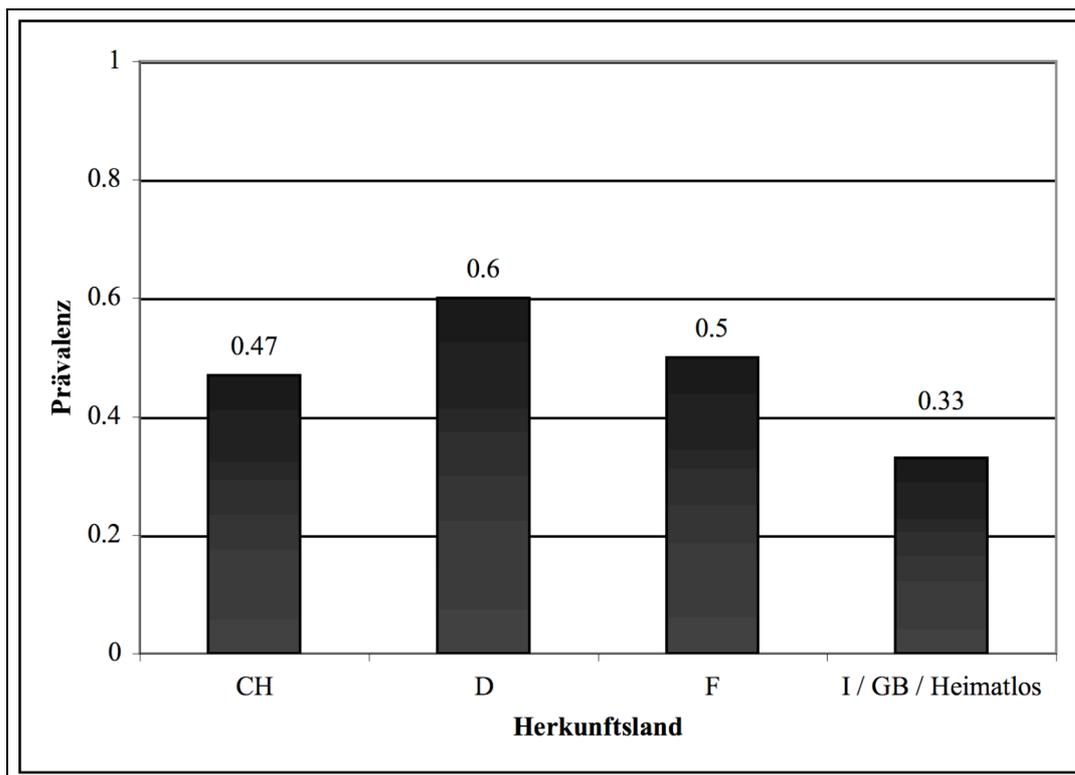


Abb. 19: Prävalenz der Cribra orbitalia bei den 274 Individuen aller Herkunftsländer (CH $n=164$; D $n=85$; F $n=16$; I/GB/Heimatlos $n=9$).

Es soll nun untersucht werden, was hinter dieser starken Betroffenheit der Deutschen stehen könnte. Dafür wird die Geschlechterverteilung untersucht (Abb. 20). Zu den anderen Bevölkerungsgruppen wird diese Untersuchungen nicht durchgeführt, da die Resultate nicht aussergewöhnlich sind. Aus der Untersuchung der Prävalenz bei den Geschlechtern lässt sich kein grundlegender Unterschied feststellen. Beide Geschlechter sind sehr stark von Cribra orbitalia betroffen, die Männer wiederum mehr als die Frauen.

Symmetrien der Cribra orbitalia

In der untersuchten Stichprobe ist Grad 2 in 91 von 128 Fällen oder 71.1% symmetrisch, sowohl in der Gradausprägung als auch in der betroffenen Orbita. Hingegen besteht bei 16 Individuen (12.5%) eine Rechts-Asymmetrie, das heisst, die Läsion kommt nur in der rechten

Orbita vor. Bei 27 Individuen (21.1%) herrscht eine Links-Asymmetrie vor. Entweder ist die andere Orbita nicht vorhanden, oder aber frei von Läsionen.

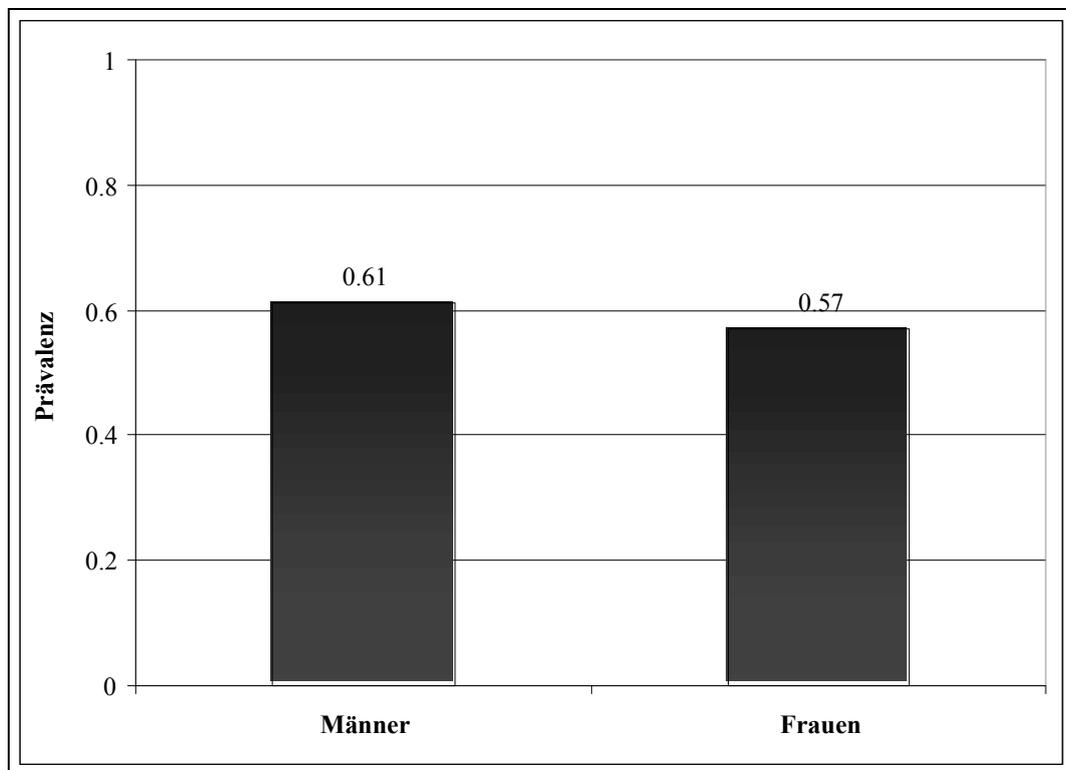


Abb. 20: Prävalenz der Cribra orbitalia bei den deutschen Immigranten (Männer n=57, Frauen n=28).

In Grad 3 wurden elf Fälle eingeteilt. Sieben davon (63.6%) sind in der Gradausprägung, sowie in der betroffenen Orbita symmetrisch. In jeweils einem Fall (9.1%) findet sich eine Rechts-, beziehungsweise eine Links-Asymmetrie. In den zwei verbleibenden Fällen (18.2%) besteht eine Grad-Asymmetrie, das heisst, beide Orbitae sind betroffen, jedoch nicht im gleichen Ausmass. In beiden Fällen handelt es sich um eine Grad 3-Ausprägung in der linken, und eine Grad 2-Ausprägung in der rechten Orbita. Diese zwei Fälle wurden unter Grad 3 aufgelistet. Aus der Literatur wurde ersichtlich, Gradasymmetrien jeweils nach dem höheren Grad zu klassifizieren.

Vaskularisierungen

Bei den Beobachtungen an den Schädeln ist neben den verschiedenen Ausprägungsgraden der Cribra orbitalia noch eine andere pathologische Veränderung aufgefallen: leicht bis stark ausgeprägte termitengängähnliche Gefässimpressionen (Abb. 21 und 22), wie sie bei Schultz (1993) und bei Wapler (1998) erwähnt werden. Beide Autoren geben als Ursache dafür entzündliche Prozesse der Periorbita an (siehe auch Abschnitte *Histologische Untersuchungen* und *Chronische Entzündungen als Ursache der Cribra orbitalia*). Auch bei Götz (1988) werden solche vaskularisierten Orbitae angesprochen. Dort werden sie in die Gruppe I eingeordnet. Diese Gruppe beinhaltet anatomisch normale Orbitae, zuweilen mit Gefässimpressionen.

Götz (1988) behandelt diese Fälle gesondert von den *Cribrata orbitalia*. Auch hier werden entzündliche Prozesse als Ursache für die Vaskularisierung genannt.



Abb. 21: Vaskularisierungen: Termitengangähnliche Strukturen in der Orbita, oft im Zusammenhang mit *Cribrata orbitalia*. Linke Orbita, STJ-325 (Foto: S. Braun).

Bei der Auswertung der vaskularisierten Orbitae werden alle Individuen in den Graden 1, 2 und 3 nach Steckel et al. (2004) berücksichtigt, da bei einer Vaskularisierung nicht unbedingt *Cribrata orbitalia* vorkommen müssen. Nach Schultz (1993), Wapler (1998) und Götz (1988) sind die Ursachen für Vaskularisierungen entzündliche Prozesse in der Periorbita und haben keine direkte Verbindung mit den Läsionen der *Cribrata orbitalia*, kommen jedoch oft im Zusammenhang damit vor (Abb. 23). Insgesamt weisen 79 Individuen oder 28.8% solche Vaskularisierungen auf. Die Vaskularisierungen treten in 58 Fällen (73.4%) symmetrisch in beiden Orbitae auf. In 21 Fällen (26.6%) sind sie asymmetrisch; es liegt in sechs Fällen (7.6%) eine Rechts-Asymmetrie und in 15 Fällen (19.0%) eine Links-Asymmetrie vor.

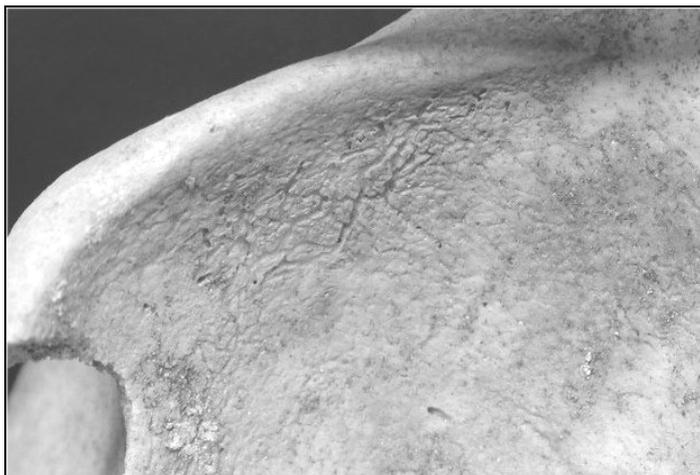


Abb. 22: Vaskularisierung in der rechten Orbita, Grab-Nr. 325 (Foto: S. Braun)

Vaskularisierungen treten bei 40 Individuen (50.6%) unabhängig von anderen beobachtbaren Läsionen auf. In 34 Fällen (43.0%) sind Vaskularisierungen im Zusammenhang mit *Cribrata orbitalia* in derselben Orbita zu beobachten (Abb. 23). In zwei Fällen (2.5%) sind sie zusammen mit Verheilungsspuren zu sehen und in drei Fällen (3.8%) gleichzeitig mit sowohl

Cribralia orbitalia, als auch Verheilungsspuren. Vaskularisierungen treten ebenso häufig ohne, als auch mit Cribralia orbitalia im selben Individuum auf. Dies bestätigt, dass Vaskularisierungen keine direkte Verbindung zu Cribralia orbitalia haben. Durch das gemeinsame Auftreten der Vaskularisierungen mit Verheilungsspuren kann vermutet werden, dass Vaskularisierungen abheilen können.

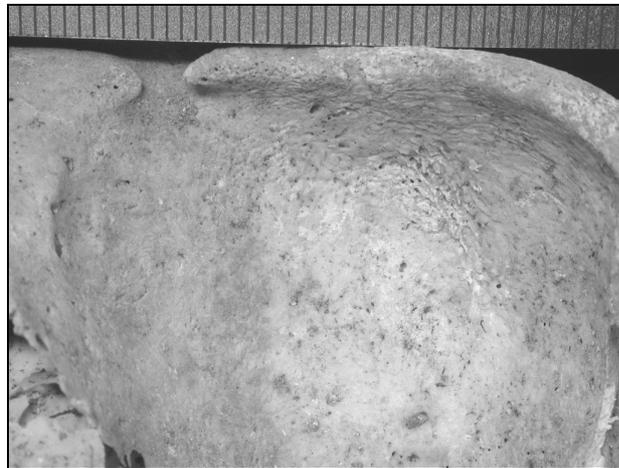


Abb. 23: Vaskularisierungen und Cribralia orbitalia in der gleichen Orbita. Linke Orbita, STJ-1640 (Foto: S. Braun).

Diskussion und Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, den Stressor Cribralia orbitalia an Individualdaten aus der St. Johann Spitalfriedhof Skelettserie aus Basel zu knüpfen. Es sollten mögliche Korrelationen zwischen den Cribralia orbitalia-Läsionen und dem Geschlecht, dem Sterbealter, der regionalen Herkunft, den Berufen und den Todesursachen hergestellt werden. Es sind dabei Kernfragen in der Erforschung der Cribralia orbitalia aufgetaucht.

Die wichtigsten noch ungeklärten Fragen sind:

- In welchem Alter können sich Cribralia orbitalia entwickeln?
- Wie lange brauchen Cribralia orbitalia für die Entwicklung?
- Ist eine nicht-verheilte Cribralia orbitalia-Läsion zwangsläufig noch aktiv?
- Unter welchen Umständen verheilen Cribralia orbitalia-Läsionen?

Diese epidemiologische Untersuchung hat zu einigen interessanten und unerwarteten Ergebnissen geführt.

Zur Frage der Verheilung der Cribralia orbitalia wurde versucht, eine Beschreibung mit Abbildungen zu erstellen. Die Autorin ist sich aber der möglichen Unvollständigkeit der Datenaufnahme in Bezug auf Verheilungsspuren aufgrund von ungenügenden Beschreibungen in der Literatur bewusst.

Die Untersuchung der Geschlechter auf Cribralia orbitalia hat ein überwiegendes Vorkommen bei Männern ergeben. Dieses Resultat ist erstaunlich, da die meisten Gräberfelder ein vermehrtes Auftreten bei Frauen aufweisen. Ein vermehrtes Auftreten bei Frauen wurde allgemein mit grösserer körperlicher Schwächung korreliert. Diese ist bei Frauen durch Vorgänge wie Menstruation, Schwangerschaft, Geburt und Laktation wahrscheinlicher als bei

Männern. Diese generell geringere körperliche Schwächung kann in der St. Johann Spitalfriedhof Skelettserie nicht bestätigt werden. Hier sind Männer häufiger betroffen als Frauen.

Die Frage nach der Betroffenheit in den Altersgruppen hat ebenfalls ein unerwartetes Resultat ergeben. Generell wurden *Cribrā orbitalia* mit einer geringen Fitness in Zusammenhang gebracht. Aufgrund dessen wurde eine geringere Lebenserwartung vorausgesetzt. Die Antwort auf diese Frage ergibt jedoch das Gegenteil: mit zunehmendem Alter steigt die Prävalenz der *Cribrā orbitalia*, vor allem beim weiblichen Geschlecht. *Cribrā orbitalia* haben demnach keinen unmittelbaren Einfluss auf die Fitness der Frauen aus der St. Johann Spitalfriedhof Skelettserie ausgeübt. Diese konnten trotz der Läsionen ein relativ hohes Alter erreichen. Bei den Männern werden die *Cribrā orbitalia*-Fälle mit zunehmendem Alter tendenziell weniger. Dies entspricht eher den Erwartungen.

Sehr interessante Resultate haben die Untersuchungen in Bezug auf die Todesursachen ergeben. Hier wurde angenommen, dass lang andauernde Krankheiten mit der Entwicklung von *Cribrā orbitalia* im Zusammenhang stehen könnten. Als Knochenveränderung brauchen *Cribrā orbitalia* genügend Zeit, um sich manifestieren zu können. Dies wurde mit lang andauernden Krankheiten korreliert. Jedoch stellte sich das Gegenteil heraus. Die meisten *Cribrā orbitalia*-Fälle wurden im Zusammenhang mit Krankheiten von relativ kurzer Dauer (zum Beispiel Typhus) beobachtet. Bei Krankheiten mit nicht definierbarer Dauer konnten gleichfalls viele Fälle beobachtet werden. Die Krankheiten mit langsamem Verlauf wiesen die tiefste Anzahl von Läsionen auf. Die an hohem Alter Verstorbenen litten in relativ grosser Zahl an *Cribrā orbitalia*, was wiederum nicht den Erwartungen entspricht. Es konnte insgesamt keine unmittelbare Korrelation zwischen *Cribrā orbitalia* und den Todesursachen festgestellt werden.

Bei der Untersuchung der Herkunftsregion wurde zuerst das *Cribrā orbitalia*-Vorkommen bei den Individuen aus der Schweizer Stadt- und Landbevölkerung betrachtet. Dabei ist das Auftreten bei der Landbevölkerung geringer, was auf eine allgemein gesündere Lebensform schliessen lässt. In einem zweiten Schritt wurde die Prävalenz der *Cribrā orbitalia* bei den Bevölkerungen der verschiedenen Herkunftsländer untersucht. Dabei wurde ein gehäuftes Auftreten der Läsionen bei den deutschen Immigranten beobachtet.

Die *Cribrā orbitalia*-Läsionen sind in 71.1% symmetrisch, sowohl in der Gradausprägung, als auch in der betroffenen Orbita. In 12.5% herrscht eine Rechts-Asymmetrie vor, in 21.1% eine Links-Asymmetrie. Dieses Ergebnis scheint mit jenem von Hengen (1971) übereinzustimmen. Auch dort wurde eine Bevorzugung der linken Orbita beobachtet. Dies könnte eine einseitige, lokale Ursache bedeuten. Die Vaskularisierungen sind in ähnlichem Masse wie *Cribrā orbitalia* mit 73.4% symmetrisch. In 7.6% herrscht eine Rechts-Asymmetrie und in 19.0% eine Links-Asymmetrie vor. Auch hier ist die linke Orbita bevorzugt. Weshalb die linke Seite bevorzugt ist, kann nicht geklärt werden.

Literaturverzeichnis

Ackermann-Liebrich U., Gutzwiller F., Keil U., Kunze M. 1990
Epidemiologie. Lehrbuch für praktizierende Ärzte und Studenten. Medication Foundation, Cham.

Angel J. L. 1966
Porotic Hyperostosis, Anemias, Malaris and Marshes in the Prehistoric Eastern Mediterranean. Science 153, S. 760-763.

Angel J. L. 1967

Porotic Hyperostosis or Osteoporosis Symmetrica. In: Brothwell D., Sandison A. T. (eds.): Diseases in Antiquity. Charles C Thomas Publisher, Springfield Illinois USA, S. 378-389.

Aufderheide A. C., Rodríguez-Martín C. 1998

Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology. Cambridge University Press.

Burckhardt A. 1908

Demographie und Epidemiologie der Stadt Basel während der letzten drei Jahrhunderte 1601-1900. Friedrich Reinhardt, Universitätsbuchdruckerei Basel.

Burckhardt-Fürstenberger E. 1848

Die Bevölkerungs-Aufnahme von Basel-Stadt am 3. Februar 1847. Bericht an den E. E. Kleinen Rath. Karl Detloff, Basel.

Burckhardt-Fürstenberger E. 1861

Die Bevölkerung von Basel-Stadt am 10. Dezember 1860. Bericht an den E. E. Kleinen Rath. Otto Stuckert, Basel.

Carli-Thiele P. 1996

Spuren von Mangelkrankungen an steinzeitlichen Kinderskeletten. Fortschritte in der Paläopathologie und Osteoarchäologie, Band I. Verlag Erich Glotze, Göttingen.

Dunn F. L. 1972

Intestinal parasitism in Malayan aborigines (Orang Asli). Bull. Wld Hlth Org. 46, S. 99-113.

Ell S. R. 1993

Disease Ecologies of Europe. In: Kiple, K. F. (ed.), The Cambridge World History of Human Disease. Cambridge University Press, Cambridge, S. 504-519.

Etter H. F., Bockmühl P., Heinrichs C., Hitz I., Hotz G., Lörcher M., Rigert E., Schröder S., Uhl A. 1993

Armut - Krankheit - Tod im frühindustriellen Basel. Der Spitalfriedhof St. Johann in Basel, Funde und Befunde aus einer anthropologischen Ausgrabung. Veröffentlichung aus dem Naturhistorischen Museum in Basel, Nr. 25.

Etter H. F., Lörcher M. 1994

Armut - Krankheit - Tod. In: Frommelt H. (Hg.), Fabriklerleben. Publikation zur Ausstellung im Liechtensteinischen Landesmuseum. Chronos Verlag, Zürich, S. 341-364.

Fornaciari G., Mallegni F., Bertini D., Nuti V. 1981

Cribræ orbitalia, and Elemental Bone Iron, in the Punic of Carthage. Ossa 8, S. 63-77.

Götz W. 1988

Histologische Untersuchungen an Cribræ orbitalia - ein Beitrag zur Paläopathologie des Orbitadaches. Inaugural-Dissertation. Göttingen.

Guttman W. 1917

Medizinische Terminologie. Ableitung und Erklärung der gebräuchlichsten Fachausdrücke aller Zweige der Medizin und ihrer Hilfswissenschaften. 8. und 9. Auflage, Urban & Schwarzenberg, Berlin, Wien.

Hengen O. P. 1950

Hygienische Erfahrungen in Nordafrika. Thesis, University of Heidelberg.

Hengen O. P. 1971

Cribræ orbitalia: Pathogenesis and probable etiology. Homo 22, S. 57-75.

Henschen F. 1961

Cribra Cranii, a Skull Condition Said To Be of Racial or Geographical Nature. *Pathologia et Microbiologia* 24, S. 724-729.

Höfler M. 1899

Deutsches Krankheitsnamen-Buch. Verlag von Piloty & Loehle, München.

Hotz G., Cueni A. 2003

Ein Überblick zum Forschungsstand der frühneuzeitlichen Skelettserie Spitalfriedhof St. Johann, Basel. *Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie* 9/1, S. 1-6.

Kent S. 1986

The Influence of Sedentism and Aggregation on Porotic Hyperostosis and Anaemia: A Case Study. *Man, New Series*, 21, 4, S. 605-636.

Kent S., Weinberg E. 1989

Hypoferremia: Adaptation to Disease? *The New England Journal of Medicine* Vol. 320, No. 10, S. 672.

Koganei Y. 1912

Cribra Cranii und Cribra orbitalia. *Mitt. med. Fak. Tokyo* 10/2, S. 113.

Kunitz S. J. 1993

Diseases and the European Mortality Decline, 1700-1900. In: Kiple, K. F. (Hg.), *The Cambridge World History of Human Disease*. Cambridge University Press, Cambridge, S. 287-293.

Leven K.-H. 1998

Krankheiten – historische Deutung versus retrospektive Diagnose. In: Paul N., Schlich T. (eds.), *Medizingeschichte; Aufgaben, Probleme, Perspektiven*. Campus Verlag, Frankfurt / New York, S. 153-185.

Lorenz R. J. 1992

Grundbegriffe der Biometrie. 3. Auflage, Gustav Fischer Verlag.

Møller-Christensen V. 1953

Ten Lepers from Naestved in Denmark: A Study of Skeletons from a Medieval Danish Leper Hospital. Copenhagen, Danish Science Press Ltd.

Møller-Christensen V. 1961

Bone Changes in Leprosy. Copenhagen, Munksgaard.

Nathan H., Haas N. 1966a

“Cribra orbitalia”. A bone condition of the orbit of unknown nature. Anatomical study with etiological considerations. *Israel J. Med. Sci.* Vol. 2 No. 2, S. 171-191.

Nathan H., Haas N. 1966b

On the Presence of Cribra Orbitalia in Apes and Monkeys. *Am. J. Phys. Anthropol.* 24, S. 351-360.

N.N. 1842-1864

Sterbe- und Beerdigungsregister 1842-1864. Staatsarchiv Baselstadt, Spitalarchiv AA 2.2 1842-1864.

N.N. 1842-1865

Tagebuch der medicinisch kranken Männer & Frauen. 1842-1867. Staatsarchiv Baselstadt, Spitalarchiv V30.1-27. 1842-1867.

N.N. 1845-1868

Gräberverzeichnis der auf dem Gottesacker des Spitals vor dem St. Johann Thor vom 14. Nov. 1845 bis 19. Juni 1868 beerdigten 2561 Leichen. Staatsarchiv Basel, Bauakten JJ 44 1799-1886.

- Ortner D.J., Putschar W. G. J. 1985
Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains. Smithsonian Contribution to Anthropology 28. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Patterson K. D. 1993a
Trichuriasis. In: Kiple, K. F. (ed.), The Cambridge World History of Human Disease. Cambridge University Press, Cambridge, S. 1058-1059.
- Patterson K. D. 1993b
Giardiasis. In: Kiple, K. F. (ed.), The Cambridge World History of Human Disease. Cambridge University Press, Cambridge, S. 745.
- Patterson K. D. 1993c
Nematode Infections. In: Kiple, K. F. (ed.), The Cambridge World History of Human Disease. Cambridge University Press, Cambridge, S. 895.
- Patterson K. D. 1993d
Trematode Infections. In: Kiple, K. F. (ed.), The Cambridge World History of Human Disease. Cambridge University Press, Cambridge, S. 1052.
- Peckmann T. 2003
Possible relationship between porotic hyperostosis and smallpox infections in nineteenth-century populations in the northern frontier, South Africa. *World Archaeology* Vol 35(2), S. 289-305.
- Pfister W. 1976
Die Einbürgerung der Ausländer in der Stadt Basel im 19. Jahrhundert (Basler Bürgerbuch III). Kommissionsverlag Friedrich Reinhardt AG, Basel.
- Pike A. W. 1967
The Recovery of Parasite Eggs from Ancient Cesspit and Latrine Deposits: an Approach to the Study of Early Parasite Infections. In: Brothwell D., Sandison A. T. (eds.): *Diseases in Antiquity*. Charles C Thomas Publisher, Springfield Illinois USA, S. 184-188.
- Reinhard K. J. 1992
Patterns of Diet, Parasitism and Anemia in Prehistoric West North America. In: Stuart-Macadam P., Kent S (eds.), *Diet, Demography and Disease. Changing Perspectives on Anemia*. Aldine de Gruyter, New York, S. 219-258.
- Ritzmann I. 2001
Leidenserfahrung in der historischen Betrachtung. Ein Seiltanz zwischen sozialem Konstrukt und humanbiologischer Konstanz. In: Münch, P. (ed.), „Erfahrung“ als Kategorie der Frühneuzeitgeschichte. *Historische Zeitschrift, Beiheft 31*, R. Oldenbourg Verlag München, S. 59-72.
- Rosenberg C. E. 2003
What is Disease? In Memory of Owsei Temkin. *Bull. Hist. Med.* 77, S. 491-505.
- Rothschild B. M., Rühli F. J., Sebes J., Naples V., Billard M. 2004
Relationship between Porotic Hyperostosis and Cribra orbitalia? *Paleobios (Lyon)* 13, S. 4-7.
- Ruffer M. A. 1967
Note on the Presence of „*Bilharzia Haematobia*“ in Egyptian Mummies of the Twentieth Dynasty [1250-1000 B.C.]. In: Brothwell D., Sandison A. T. (eds.): *Diseases in Antiquity*. Charles C Thomas Publisher, Springfield Illinois USA. S. 177.

- Schultz M. 1988
Paläopathologische Diagnostik. In: Knussmann R. (ed.), *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*, Bd. 1. S. 480-496.
- Schultz M. 1993
Spuren unspezifischer Entzündungen an prähistorischen und historischen Schädeln. Ein Beitrag zur Paläoanthropologie. *Anthropologische Beiträge* Band 4A und B. Aesch.
- Schultz M. 2001
Paleohistopathology of Bone: A New Approach to the Study of Ancient Diseases. *Yearbook of Physical Anthropology* 44, S. 106-147.
- Schutkowski H., Grupe G. 1997
Zusammenhänge zwischen *Cribra orbitalia*, archäometrischen Befunden am Skelett und Habitatbedingungen. *Anthrop. Anz.* Jg. 55, 2, S. 155-166.
- Smith A. B. 1989
Khoikhoi Susceptibility to Virgin Soil Epidemics in the 18th Century. *South African Medical Journal* 75, S. 25-26.
- Steckel R. H., Larsen C. S., Sciulli P. W., Walker P. L. 2004
<http://global.sbs.ohio-state.edu/docs/codebook-12-12-04.pdf>. (Zugriffsdatum 02.05.2005)
- Steinbock R. T. 1976
Paleopathological Diagnosis and Interpretation. Bone Diseases in ancient human populations. Charles C Thomas Publisher, Springfield Illinois USA.
- Storch V., Welsch U. 1997
Systematische Zoologie. 5. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Stuart-Macadam P. 1985
Porotic Hyperostosis: Representative of a Childhood Condition. *Am. J. Phys. Anthropol.* 66, S. 391-398.
- Stuart-Macadam P. 1991
Porotic hyperostosis: changing interpretations. In: Ortner D. J., Aufderheide A. C. (eds.): *Human Paleopathology. Current Syntheses and Future Options. A Symposium held at the International Congress of Anthropological and Ethnological Sciences Zagreb, Yugoslavia, 24-31 July, 1988*. Smithsonian Institution Press, Washington, S. 36-39.
- Stuart-Macadam P. 1992a
Porotic Hyperostosis: A New Perspective. *Am. J. Phys. Anthropol.* 87, S. 39-47.
- Stuart-Macadam P. 1992b
Anemia in Past Human Populations. In: Stuart-Macadam P., Kent S. (eds.): *Diet, Demography and Disease, Changing Perspectives on Anemia*. Aldine de Gruyter, New York.
- Trinkaus E. 1977
The Alto Salaverry Child: A Case of Anemia from the Peruvian Preceramic. *Am. J. Phys. Anthropol.* 46, S. 25-28.
- Ubelaker D. H. 1992
Porotic Hyperostosis in Prehistoric Ecuador. In: Stuart-Macadam P., Kent S. (eds.), *Diet, Demography and Disease. Changing Perspectives on Anemia*. Aldine de Gruyter, New York, S. 201-217.
- Waldron T. 1994
Counting the Dead. The epidemiology of skeletal populations. John Wiley & Sons.

Walker P. L. 1986

Porotic Hyperostosis in a Marine-Dependent California Indian Population. *Am. J. Phys. Anthrop.* 68, S. 345-354.

Wapler U. 1998

Cribra orbitalia in Anthropobiology: Diagnostic criteria and implications in the study of ancient skeletal populations. Volume 1 and 2. Doctoral Thesis, University of Bordeaux.

Wapler U., Crubézy E., Schultz M. 2004

Is Cribra orbitalia Synonymous With Anemia? Analysis and Interpretation of Cranial Pathology in Sudan. *Am. J. Phys. Anthrop.* 123, S. 333-339.

Wecker R. 2000

1833 bis 1910: Die Entwicklung zur Grossstadt. In: Kreis G., von Wartburg B. (Hg.), Basel – Geschichte einer städtischen Gesellschaft. Christoph Merian Verlag, Basel, S. 196-224.

Welcker H. 1888

Cribra Orbitalia, ein ethnologisch-diagnostisches Merkmal am Schädel mehrerer Menschenrassen. *Arch. Anthropol.* 17, S. 1.

Zink A. 1999

Kindersterblichkeit im frühen Mittelalter – Morphologische und paläopathologische Ergebnisse an der Skeletserie von Altenerding, Ldkr. Erding, Bayern. Beiträge zur Paläopathologie, Band IV, Cuvillier Verlag, Göttingen.

Anschrift

Sandra Braun

IPNA (Institut für Prähistorische und
Naturwissenschaftliche Archäologie)

Universität Basel

Spalenring 145

4055 Basel

Prinzipien der Paläanthropologie gestern, heute und morgen.

Alfred Czarnetzki und Carsten M. Pusch

Key words

DNA examination, hominid evolution, mankind, morphological description, palaeoanthropological techniques.

Summary

Classical palaeoanthropology, with its sole dependence upon the interpretation of a specimen's morphology, is more than other scientific disciplines a descriptive rather than an experimental science. In the current paper we review the main goals of the past and the expected future challenges of palaeoanthropology from the viewpoint of research, teaching and learning at the Eberhard Karls University at Tübingen through more but 70 years. Thus, we recapitulate, illustrate and contextualize selected items from both earlier and more recent anthropological, palaeopathological, palaeodemographical, palaeontological and palaeoecological research. As a consequence of the exclusively descriptive-morphological approach, one could speculate that the current, more palaeobiologically oriented topics cannot be adequately interpreted or answered by palaeoanthropologists, and that this kind of research will be completely taken over by other disciplines. However, it is our conviction that despite the modern techniques provided by related disciplines, the established and powerful tools of the classic anthropology (evaluation of quantitative traits, comparative assessment of metric features etc.) will remain indispensable for the interpretation of anthropological findings. It appears rather that future success in palaeoanthropology will require that anthropologists, palaeontologists, geneticists and bioinformaticians cooperate intensively and learn from one another. The past years of research have shown that e.g. in molecular palaeobiology, carefully controlled polymerase chain reaction (PCR) experiments are an indispensable means of tracing the evolution of humans, but that the phylogenetic method together with the taxonomic determination of a find on the basis of its morphology are even more important in this verification process. There is thus an urgent need to intensify the dialogue between these related disciplines. We thus emphasize the need for the development of a far more integrative approach which includes all those sciences that explore the overall topic entitled mankind. Hence, a novel, multidisciplinary anthropology will undoubtedly be able to provide solutions to some of the remaining contradictions that still hamper further elucidation of our own history.

Schlüsselwörter

DNS-Untersuchungen, Hominidenevolution, Menschsein-Menschheit, morphologische Beschreibung, paläanthropologische Arbeitstechniken.

Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit dem Wegfall der Stelle für einen Paläanthropologen, dem gleichzeitigen Leiter der Osteologischen Sammlung der Universität Tübingen, der in Forschung und Lehre eigenständigen Abteilung und infolge der Einrichtung eines neuen Studienganges „Paläoanthropologie“ an der Universität Tübingen in der Geowissenschaftlichen Fakultät wird hier der Versuch unternommen zu klären, was die klassische Paläanthropologie im Sinne einer deskriptiven Disziplin bisher an der Universität Tübingen geleistet hat und welche Blickrichtung in Zukunft aufgrund der vorgegebenen Leistun-

gen eingeschlagen werden sollte. Hierfür werden ausgewählte Beispiele zur aktuellen und vergangenen Forschung vergleichend gegenübergestellt und aus heutiger Sicht analysiert und interpretiert. Weiterhin wird der Frage nachgegangen, inwiefern diese Fachrichtung heutzutage überhaupt noch Beiträge in die aktuelle und auch sehr schnellebige Forschungslandschaft einbringen kann. Wir schlussfolgern, dass auch modernste Techniken aus anderen wissenschaftlichen Disziplinen ohne die etablierten Ansätze der klassisch ausgerichteten Anthropologie kaum gesicherte Resultate bereitstellen können. Die weitere Ausbildung von Nachwuchskräften auf diesem Gebiet und eine intensive Zusammenarbeit im Sinne einer vermehrt integrativ ausgerichteten „Allgemeinwissenschaft“, die sich dem so genannten Forschungssubstrat „Mensch“ verschrieben hat, wird daher mit Recht gefordert. Eine fruchtbare Interaktion zwischen bis dato nicht fachverwandten Sparten ist dafür der notwendige Grundstein, der gelegt werden muss, um zu gewährleisten, dass die Paläanthropologie für die Zukunft gerüstet ist, eine sachbezogene Forschung und Lehre zu garantieren.

Einleitung

In einer Zeit, in der Kommunikation und Datenspeicherung nur noch mit Hilfe von Mikrochips akzeptiert werden, die Forschung in der Biologie allein auf der molekularen Ebene noch Chancen hat, anerkannt zu werden, und die Frage nach dem „Was bringt uns das Fach?“ im Sinne materieller Gewinne über Bestehen und Vergehen eines Faches entscheidet, mag es wie ein Anachronismus erscheinen, wenn es noch Fächer geben soll, in denen die makroskopische Morphologie als das wesentliche Medium der Forschung erscheint.

Die dem Inhalt und den Methoden nach hier vorzustellende Paläanthropologie, wie sie seit der Gründung des Anthropologischen Institutes der Eberhard Karls Universität Tübingen im Jahre 1934 (Erhardt/Czarnetzki 1985) vertreten wurde, gehört, wie manch anderes Fach, auch unter den genannten Voraussetzungen dann definitionsgemäss zu den anachronistischen Fächern. Um so intensiver stellt sich die Frage, inwieweit Inhalt und Methoden dieses speziellen Faches seine Existenz heute noch rechtfertigen. Ein kurzer historischer Rückblick zeigt, dass seine Wurzeln generell historisch weit in eine Zeit zurückreichen, in der die Analyse der makroskopischen Morphologie im Sinne einer vergleichenden Anatomie die einzige Methode war, um neue Erkenntnisse in der Biologie allgemein und der Anthropologie im Speziellen zu erzielen (Vesalii 1538, Blumenbachii 1790).

Wegen der heute allgemein unterschiedlichen Schreibweise des Wortes Paläanthropologie einerseits und dem Bestreben, möglichst exakt auch im Sinne wissenschaftlicher Arbeiten zu sein, sei kurz auf die korrekte Ableitung und damit einzig richtigen Schreibweise eingegangen. Denn hinter dem Namen Paläanthropologie verbirgt sich, was heute kaum mehr bekannt ist, das griechische Wort παλαιός (palaios), hier mit dem Stammwort παλαι (palai), gleichbedeutend mit „alt“ und der für das männliche Geschlecht stehenden Endung -ος (os). Dieses Suffix muss nach sprachwissenschaftlichen Regeln bei der Zusammensetzung mit dem zweiten Teil des Fachbegriffes entfallen, da dieser mit einem Vokal „a“ beginnt (siehe auch Paläontologie und nicht Paläoontologie). Dieser zweite Teil setzt sich aus dem griechischen Wort ἄνθρωπος (anthropos) zusammen, was „Mensch“ bedeutet, und dem Wort λόγος (logos), das direkt übersetzt „Wort“ heisst, aber auch im Sinne von „Lehre“ im Altgriechischen benutzt wurde. Damit stellt sich das Fach als diejenige Lehre dar, die sich mit dem Menschen aus alten Zeiten befasst. Ohne den Zusatz „Palä“ hat der Begriff Anthropologie im deutschsprachigen Raum eine sehr umfassende, breit gefächerte Bedeutung (Heberer et al. 1970) und fordert dementsprechend auch sehr unterschiedliche Inhalte vor allem dann, wenn ihm noch bestimmende Begriffe vorangestellt werden wie geographische, kulturhistorische, philosophi-

sche, theologische, usw. Eine noch weiterreichende Bedeutung erreicht der Begriff „anthropology“ im englischen Sprachbereich. Er umschliesst dort praktisch alles, was den Menschen betrifft, also seine Person als biologisches Lebewesen ebenso wie auch alles, was er mit Hilfe seines Geistes geschaffen hat. Dazu zählen von Menschenhand gefertigte Geräte ebenso wie die von ihm geschaffene Kultur, Kunst, Soziologie, Sprache und Philosophie. Daher verwundert es nicht, wenn man vor allem im deutschsprachigen Raum zum Zwecke einer präziseren Definition der Lehr- und Forschungsinhalte eine rein biologisch orientierte Anthropologie antrifft.

Der Begriff Paläanthropologie wird dagegen nicht so weit gefasst, vor allem aber in Deutschland wiederum stärker eingeschränkt auf das Gebiet der Biologie. Er beinhaltet daher fast ausschliesslich die Beschäftigung mit dem, was vom biologischen Substrat Mensch aus vergangenen Zeiten noch erhalten geblieben ist. Es darf aber nicht übersehen werden, dass die im deutschsprachigen Raum so genannte Urgeschichte, die sich in erster Linie mit dem befasst, was der Mensch geschaffen hat, sich der daraus gewonnenen Ergebnisse bedient, um vor allem geistige Leistungen des biologischen Wesens Mensch damit zu erklären. Beispielhaft sei hier auf den Begriff „Neandertaler“ hingewiesen. Dieser Begriff, der aus dem Wort heraus eine Menschenart bezeichnet, charakterisiert durch spezifische morphologische Merkmale (Czarnetzki 1998, Czarnetzki/Trelliso-Carreño 1990, Czarnetzki 2001), wird oft allein durch die von ihm hergestellten mittelpaläolithischen Steinwerkzeuge und nachweisbaren Aktivitäten wie Begräbnisse oder Jagdbeute definiert. Als weitere Beispiele kann man auf Begrifflichkeiten wie Glockenbecherleute, Schnurkeramiker oder Kelten verweisen, welche aufgrund spezifischer Produktgestaltung als einheitliches Ethnos definiert werden, aber im Sinne einer biologischen Zeugungsgemeinschaft behandelt werden, auch wenn sie es unter biologischen Gesichtspunkten natürlich nicht sind. Wie weit Kulturkreise von Populationen unabhängig sind, konnte z.B. in zwei Studien (Czarnetzki 1966, 1997) nachgewiesen werden.

Inhalte und Schwerpunkte

Der Inhalt der biologischen Forschungsrichtung ist daher in erster Linie auf die Analyse der Phylogenie und die weitere Entwicklung des Menschen in prä- und historischer Zeit beschränkt (Populationsdifferenzierungsprozesse). Sie geht der Frage nach dem „Woher“ des Menschen, also seinen Vorläufern, nach und sucht daher in erster Linie nach unseren Wurzeln. Erst mit dem Erscheinen des modernen Menschen kann auch die regionale Herkunft berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang kann beispielhaft auf das Problem der Ausbreitung von Kulturen durch mündliche Überlieferung oder der Wanderung von Menschen hingewiesen werden (Schwidetzky 1972, Rösing & Schwidetzky 1977, Rösing & Schwidetzky 1981, Harding & Rösing 1990, Schwidetzky & Rösing 1990).

Um an fossilen Resten unsere direkten Vorfahren und deren Vorgängern usw. erkennen zu können, steht zum einen die Erforschung der biologischen Parameter im Vordergrund, durch welche unsere Vorläufer und nächsten Verwandten charakterisiert sind. Zum anderen muss versucht werden abzuwägen, welche Vorteile ihnen Änderungen in den beobachteten Merkmalen brachten (z.B. über Adaption). Daneben rangiert gleichrangig das Bemühen, aus den Änderungen zu erkennen, ob sich aus dem Aussehen eine kontinuierliche oder diskontinuierliche Entwicklung nachzeichnen lässt, und wenn ja, dann: welche? Um diese umfassenden Aspekte und deren Teilbereiche beantworten zu können, reicht es nicht aus, die Veränderungen bis hin zu individuellen Varianten gegeneinander aufzulisten und dann nach eigenem Ermes-

sen zu urteilen, welche Veränderungen nun tatsächlich relevant waren und welche vernachlässigt werden können; vielmehr muss auch darauf geachtet werden, welche biotischen und abiotischen Faktoren gemeinsam (d.h. sozusagen in konzertierter Aktion) wirksam waren, um die eine oder andere morphologische Veränderung vorteilhaft werden zu lassen.

Doch wenn wir zunächst auf die eingangs erwähnte Frage nach der Modernität der Fachrichtung zurückgehen, ist es unerlässlich diese in folgender Weise zu präzisieren: Ist es überhaupt möglich, die Reste, die uns aus unserer Vorfahrenreihe bis hin zum heutigen Menschen überliefert sind, mit den modernen, sprich molekularbiologischen Methoden auszuwerten? Verbietet nicht geradezu das Substrat selbst, also die erhaltenen sterblichen Überreste, solche Methoden anzuwenden? Und wenn ja, darf dann überhaupt noch heutzutage den ungelösten Problemen, welche die Paläanthropologie beschäftigen, anhand des Substrates nachgegangen werden? Bietet nicht die molekulare Genetik modernere Ansätze, um die Veränderungen direkt über die Analyse des Erbmoleküls, der so genannten Desoxyribonukleinsäure (DNA), zu erfassen? Die Rechtfertigung des Einsatz moderner Methoden kann heute grundsätzlich sowohl mit „ja“ als auch mit „nein“ beantwortet werden. Die negative oder positive Beantwortung richtet sich in erster Linie nach dem, was das Ergebnis einer Untersuchung bzw. Analyse sein soll.

Die Abstammung des anatomisch modernen Menschen kann grundsätzlich auch über die intensive Analyse rezenter Erbmoleküle nachvollzogen werden (Cann et al. 1987, Di Rienzo & Wilson 1991, Vigilant et al. 1991). Nach der auf morphologischen Befunden und physikalischen Datierungen basierenden und von Genetikern stark favorisierten „Out of Africa“ Hypothese sowie der daraus abzuleitenden Entstehung der Art *Homo sapiens sapiens* auf dem afrikanischen Kontinent, ist zumindest in den letzten zwei Jahrzehnten ein Gutteil experimenteller Beweislast für die Richtigkeit dieses Postulats erbracht worden. Allerdings sollte man die Artefaktgewalt der aus diesen Resultaten gewonnenen Schlussfolgerungen nicht unterschätzen, da - wie die Vergangenheit gezeigt hat - nicht allzu selten Datensätze von zu geringer Diversität, und vor allen Dingen nicht ausreichender Quantität, in die notwendigen statistischen Analysen Eingang fanden. Der errechnete Fehler kann dann beträchtlich sein! Trotz bestehender Skepsis kann festgehalten werden, dass mit Hilfe von Vergleichen der mitochondrialen DNA verschiedenster Populationen rund um den Globus sehr eindrucksvoll „Rechenbares“ geschaffen werden kann. Wenn schliesslich noch die angesprochenen Probleme bei der Auswertung derartiger Daten (d.h. in der Fachrichtung Bioinformatik) gelöst werden können (z.B. Hansen et al. 2001), dann werden DNA-Untersuchungen noch lebender Arten oder gezielt ausgewählter einzelner Populationen durchaus auch phylogenetische Aussagen untermauern oder auch widerlegen, ohne auf prähistorisches Material zugreifen zu müssen. Interessanterweise beginnt die Forschung, die sich als allererste mit der molekulargenetischen Phylogenetik befasst hat, nämlich die klassische Mikrobiologie, sich diesbezüglich nicht mehr nur auf ein einziges Gen bzw. einen Genomabschnitt zu beschränken. Dies ist darin begründet, dass man Phylogenetik eben nicht nur aufgrund eines bestimmten DNA-Segmentes beurteilen kann; man benötigt vielmehr den Extrapolationsfaktor mehrerer, voneinander unabhängiger und vor allem längerer DNA Sequenzen.

Die von morphologischer Seite angesprochene Skepsis gegen die Unterstützung der „Out of Africa“ Hypothese zielt vor allem auf die als Grundlage angeführte - und oftmals schwer interpretierbare - hohe Variabilität in den molekulargenetischen Befunden. Denn es gibt in der Tat keinen anderen Kontinent auf diesem Globus, der so viele unterschiedliche Biotope vorzuweisen hat. Die Lebensbereiche für den Menschen reichen bekanntlich von den subtropi-

schen Gebieten am Südrand des Mittelmeeres über den Wüstengürtel, trocken-heisse Gebirgsregionen, tropische Savannen und Urwälder bis zu den gemässigten Breiten im Süden. Daraus resultieren zwangsläufig die unterschiedlichsten Anpassungsformen, die tatsächlich auch morphologisch nachweislich eine hohe Variabilität erzeugten, wie z.B. die Sitzhöhe (= Rumpflänge). Sie kommt in Afrika in allen Varianten vor, die sonst auch weltweit zu beobachten sind.

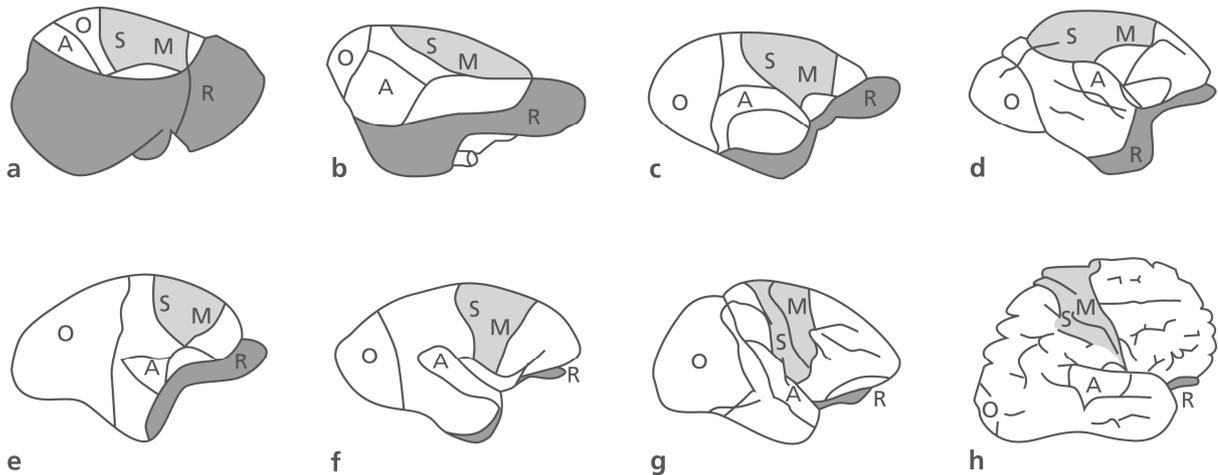


Abb. 1. Gehirne verschiedener höherer Säugetiere. a: *Erinaceus* spec. (Erinaceidae), b: *Ptilocercus* spec. (Tupaiaidae), c: *Microcebus* spec. (Lorisidae), d: *Tarsius* spec. (Tarsiidae), e: *Callithrix* spec. (Cebidae), f: *Cercopithecus* spec. (Cercopithecidae), g: *Pan* spec. (Pongidae), h: *Homo sapiens* (Hominidae). Alle Gehirne sind auf die gleiche Grösse gebracht. Der Lobus frontalis liegt jeweils rechts. Die benutzten Abkürzungen sind: A = akustisches Zentrum, M = motorisches Hirnrindenzentrum, O = optisches Zentrum, R = Riechhirn (oder: Bulbus olfactorius), S = sensorisches Hirnrindenzentrum. Man beachte die für den heutigen Menschen typische, aussergewöhnlich starke Zunahme der Gehirnmasse zwischen den Bereichen des Riechhirns und dem motorischem Hirnrindenzentrum (modifiziert nach Vogel, 1974).

Will man aber, um einen speziellen Inhalt der paläanthropologischen Forschung herauszugreifen, der Weiterentwicklung unseres Gehirns, der so genannten Cerebralisation, mit den modernen Methoden der Molekularbiologie, der Klinischen Genetik oder der Neurologie nachgehen, so verbieten sich diese - im Allgemeinen - allein aufgrund des Erhaltungszustandes subfossiler oder prähistorischer Reste des Menschen oder seiner direkten Vorläufer (Abb. 1). Ohne Kenntnisse der makroskopisch sichtbaren knöchernen Hülle des Gehirns ist es unmöglich, bestimmte Teile des Grosshirns daraufhin zu untersuchen, in welcher Art und Weise eine Rück- oder Weiterentwicklung stattgefunden haben könnte. Schon allein die Rekonstruktion der zur Verfügung stehenden Masse des Gehirns kann selbst mit modernen Verfahren nicht glaubwürdig durchgeführt werden. Verständlicherweise können diese Verfahren hier nicht weiter helfen, da nur noch die Hülle dessen vorliegt, was der Neurologe oder Neuroanatom heute zu untersuchen gewohnt ist. Vergleichend-anatomische Untersuchungen lebender Vertreter von so genannten niedrigeren Entwicklungsstufen bestimmter Arten, Familien usw. hinken, da nicht bekannt ist, wie die Entwicklung bis zu dem heute nachweisbaren Befund fort- oder zurück geschritten ist. Exemplarisch sei nur an die Entstehung der Serpentes (eigentliche Schlangen) mit ihrer extremen Rückentwicklung der Gliedmassen erinnert. Um also Erkenntnisse über die Entwicklung unseres Gehirns ermitteln zu können, kann allein anhand

von Vergleichen der makroskopischen Morphologie der Funde, die aus der Erdgeschichte erhalten bleiben, nachvollzogen werden, wie sich z.B. bestimmte Teile des Grosshirns geändert haben.

Hier mögen einige Beispiele erläuternd darauf hinweisen, welche komplexe und komplizierte Änderungen in den cerebralen Strukturen allein unter der Betrachtung der makroskopischen Strukturen abgelaufen sind. Dazu dient zunächst ein kurzer Einblick in die taxonomische Systematik (Abb. 2), die im Zusammenhang mit der menschlichen Phylogenese intensiv diskutiert werden soll.

Taxonomische Ordnung der Menschenähnlichen

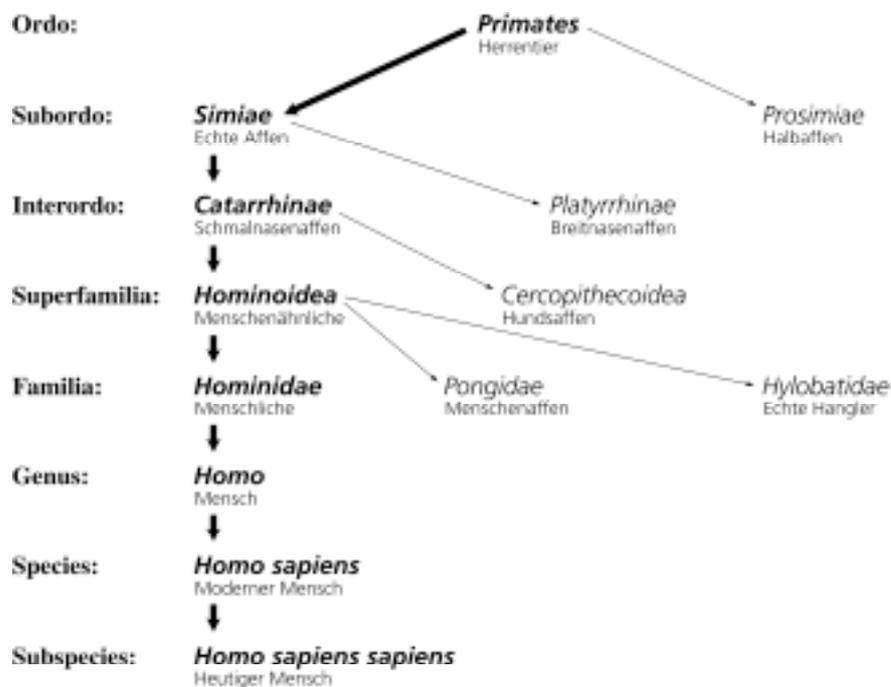


Abb. 2. Systematik der Primaten. (Czarnetzki, privat).

Ein seltener Glücksfall für diese Fragestellung ist der Fund eines Australopithecenschädels aus Sterkfontein/Südafrika (Sts 5). Eingebettet in einen sehr massiven Kalkstein, wurde bei der Sprengung des Gesteins der obere Teil des Schädels abgerissen und damit die Einsicht in das Oberflächenrelief und in die oberflächliche Morphologie des Gehirns freigegeben. In Abbildung 3 erkennt man die frontale, vordere Begrenzung des Stirnhirns (Lobus frontalis). Die tiefe und breite Einsenkung in der Mitte des Schädelinnenraumes an der vorderen, also frontalen Seite, stellt den Raum für einen speziellen Teil des Riechhirns (Bulbus olfactorius) dar. Er ist beim modernen/heutigen Menschen, absolut und relativ gesehen, wesentlich kleiner. Hier findet also offensichtlich eine Rückentwicklung statt. Dagegen ist zwar die Basis des Stirnhirns (Lobus frontalis) annähernd gleich tief im Verhältnis zum gesamten Gehirn, die Breite aber beim heutigen Menschen erheblich grösser, von der Höhe ganz zu schweigen. In ähnlicher Weise liesse sich die Entwicklung der einzelnen cerebralen Teile weiter verfolgen.

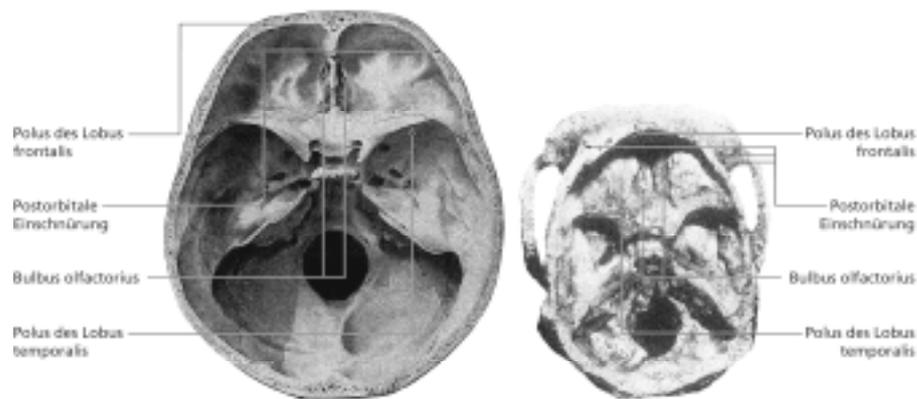


Abb. 3. Rechts Einblick von oben in den Schädelinnenraum des Fundes Sts 5 (*Australopithecus africanus*) und links eines modernen Menschen. Um einen proportional korrekten Vergleich durchführen zu können, sind die Objekte auf gleiche Grösse gebracht worden. Man beachte die weit occipitale Lage des Polus vom Lobus frontalis, bedingt durch die vorgelagerte Knochenmasse (Torus supra-orbitalis) sowie seine relativ geringe Breite in diesem Bereich. Das Broca'sche Sprachzentrum liegt fast genau oberhalb des lateral erkennbaren Polus des Lobus temporalis. (Innenansicht von Sts 5 aus: Broom et al. 1948).

Neben der Gehirnentwicklung, dem ersten Eckpfeiler für das Verständnis der Entstehung des modernen Menschen, spielt als zweiter Eckpfeiler der Nachweis der Entstehung des aufrechten Ganges eine entscheidende Rolle. Hierzu wurden unter anderem auch in Tübingen erste entscheidende Schritte bereits in den 30er Jahren eingeleitet. Die Forschung auf diesem Gebiet wurde in den 60er Jahren vor allem durch H. Preuschoft, Fachmann auf dem Gebiet der funktionalen Morphologie, auf ein weltweit anerkanntes Niveau gehoben. Ein letzter entscheidender Schritt erfolgte zum Ende des letzten Jahrhunderts. Er vervollständigte unsere Kenntnisse so weit, dass eine klare Grenzlinie zwischen der einzigartigen Fortbewegungsweise aller Vertreter der Gattung *Homo*, nämlich der physiologischen X-Beinstellung, und allen davon abweichenden Bewegungsarten gezogen werden muss (Abb. 4).

Nicht übersehen werden darf die Entwicklung der Sprache: Die anatomischen und cerebralen Voraussetzungen sind inzwischen so weit erforscht, dass die Diskussion, ob der Neandertaler sprechen konnte oder nicht (Lieberman 1975, Arensburg et al. 1990), unter dem Blickwinkel der biologischen Anthropologie belanglos ist. Die feineren Differenzierungen innerhalb der Vokalisation sowie der Kognition bedürfen dagegen noch weiterer Forschungen. Ob der *Homo erectus* oder der Neandertaler oder sonst ein Vorläufer des heutigen Menschen mit seinen biologisch vorgegebenen Fähigkeiten Texte philosophischen Inhaltes formulieren konnte, ist eine Frage, welche von der Paläanthropologie nicht beantwortet werden kann, noch von ihr beantwortet werden will; denn es fehlen konkrete Anhaltspunkte, die nicht einmal für die Formulierung einer Hypothese ausreichen. Damit wäre genereller, d.h. unwissenschaftlicher Spekulation Tür und Tor geöffnet.

Ein sehr tief greifendes und kaum zu bewältigendes Problem nicht nur der Paläanthropologie, sondern aller Fachrichtungen, die sich mit taxonomischen und phylogenetischen Problemen befassen, ist die Frage nach der Bewertung der Veränderungen von Merkmalen im Laufe der Zeit. Denn davon hängt entscheidend ihre Bedeutung für die taxonomische Einordnung in das System der Lebewesen, auch der ausgestorbenen, ab. Aber nicht nur die subjektive Bewertung

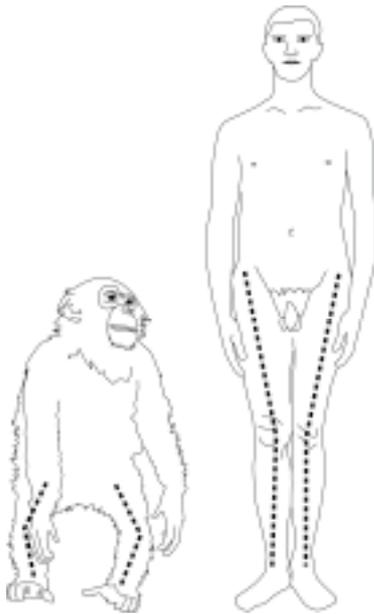


Abb. 4. Ein Schimpanse in normaler physiologischer O-Beinstellung beim Aufrichten auf die hinteren Extremitäten (links). Im Vergleich dazu ein moderner Mensch in der Ansicht von vorne mit der typischen physiologischen X-Beinstellung (rechts), bei der sich die Knie - im Gegensatz zu allen anderen Lebewesen - unter normalen physiologischen Bedingungen direkt unter den Körper befinden. (Czarnetzki, privat).

sondern auch ihre präzise, möglichst objektive und damit reproduzierbare Bestimmung ist für eine Lösung unabdingbar. Der Wert eines abgewandelten Merkmales richtet sich danach, in welcher Zeitspanne und unter welchen Bedingungen es sich durchsetzen konnte. Damit stößt man nicht nur in diesem Falle auf die sprichwörtliche Frage: „Wer war zuerst da, die Henne oder das Ei?“. War z.B. die hellere Haut mit einem reduzierten Anteil an Pigmenten der Grund für die Auswanderung aus Afrika in die Regionen mit geringerer UV-Strahlung? Oder waren es stark pigmentierte Menschen, die sich in die für sie ungünstigen Gebiete vorwagten, in denen dann ungerichtete Mutationen in Richtung hellere Haut stattfanden? Messen kann man solche Parameter an dem für die Untersuchung zur Verfügung stehenden Substrat nicht. Doch ist es durchaus denkbar, dass durch die Methoden der molekularen Genetik dieses Rätsel einmal gelöst werden kann, sobald von dieser Seite Informationen darüber vorliegen, welche Kasette von regulativen Genen für eine starke und welche für eine schwache Pigmentierung verantwortlich ist. Dazu sind aber umfangreiche Analysen an wissenschaftlichen Sammlungen von Skelettmaterial notwendig, mit deren Hilfe dieser Frage anhand prähistorischer Skelettreste nachgegangen werden kann und darf. Diese Art von Fragestellung ist also typisch fachimmanent.

Die paläanthropologische Forschung darf durchaus nicht dort Halt machen, wo der moderne Mensch zum ersten Mal in seinem heutigen Erscheinungsbild nachgewiesen ist. Ohne weitere wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den Menschen prähistorischer und historischer Epochen entzieht sich die Paläanthropologie entscheidender Erkenntnismöglichkeiten. Sie sind unabdingbar, wenn zum Beispiel die erste Radiation des modernen Menschen und die damit verbundene Besiedlung der gesamten Erde von Alaska bis Feuerland und über alle Breitengrade hinweg verstanden werden soll. So lässt sich etwa klar nachweisen, dass die neolithische Revolution, also der Übergang vom Jäger und Sammler zum quasi sesshaften Bauern, in den verschiedenen Gebieten von Mittel- und Nordeuropa nicht durch einen Auszug der ersten Bauern aus dem vorderen Orient stattgefunden hat, sondern dass lediglich die Idee weiter vermittelt wurde, Getreide anzubauen, Viehzucht zu betreiben, aus Keramik Gefäße zu produzieren und - für damalige Zeiten - relativ dauerhafte Häuser zu bauen. Dies belegt nachdrücklich die so genannte „urgeschichtliche Theorie“, nach der sich „Kultur“ nicht nur an einem, sondern an mehreren Punkten etabliert hat und dieser Umstand immer noch anhält (im

engsten Sinne: Fertigkeiten des Ackerbaus). Auch die Auswirkungen der Völkerwanderung in nachchristlicher Zeit, und damit der Effekt von Wanderungen ganzer Stämme, lassen sich am Skelettmaterial in klarer Weise nachvollziehen. Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse bekommt das „Out of Africa Model“ eine ganz andere Gewichtung und Bedeutung. Selbst für die früheste Ausbreitung der Menschheit im frühen bis mittleren Pleistozän lassen sich Analogien ableiten, die das „Multiregional Model“ auf eine neue Basis stellen können.

Die Erkenntnisse aus der Untersuchung prähistorischer und historischer Populationsstichproben sind jedoch nicht allein auf die Lösung des Problems von Wanderungen beschränkt. Die Paläanthropologie kann auch einen entscheidenden Beitrag zur Frage der Wechselbeziehung zwischen Kultur und Population, also geistigem Produkt und biologischem Sein, leisten (Bernhard & Kandler 1974). Aus biologischer Sicht stellt sich diese Frage nicht, da in der Biologie allgemein bekannt ist, dass von menschlichen Populationen Kulturen übernommen werden können, ohne dass sich der Genpool als die Summe aller genetischen Anlagen in einer solchen Population ändert. Andererseits ist bekannt, dass eine Änderung in der Kultur zu einem gerichteten Selektionsfaktor werden kann, der modifizierend auf morphologische Strukturen wirken kann. Die Stärke eines Selektionsdruckes, den ein solcher Faktor auf eine bestimmte morphologische Struktur ausübt, kann innerhalb einiger oder mehrerer Generationen zur Verschiebung der Häufigkeiten oder gar zum Verlust entsprechender Anlagen und damit

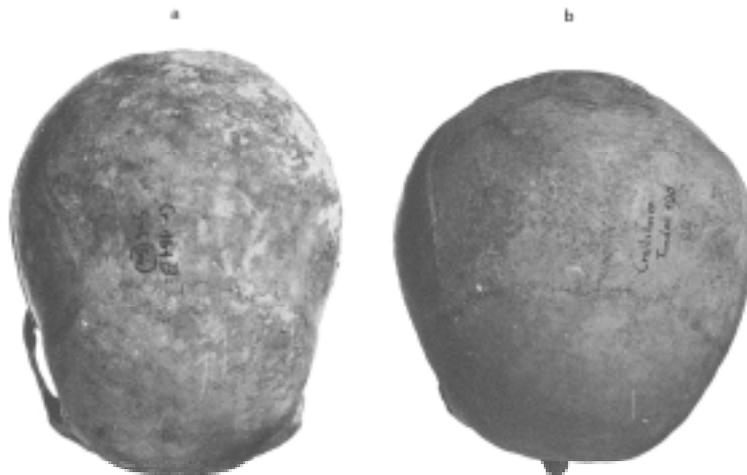


Abb. 5. a) Ein Schädel mit einem Längen-Breitenverhältnis unter 75 % und b) mit einem Verhältnis von über 80%. (Czarnetzki, privat).

bestimmter Genvarianten im Genpool führen. Hier sei exemplarisch auf die so genannte Brachykephalisation in ganz Mitteleuropa hingewiesen. Bei diesem Prozess nahm die Anzahl der Menschen, bei denen die Breite des Kopfes im Verhältnis zu seiner Länge mehr als 80 % ausmacht (Abb. 5), stetig an Häufigkeit zu. Der Vorgang der Häufigkeitsveränderung per se war in maximal 5 Generationen abgelaufen. Die Ursachen für diesen Prozess sind bis heute nicht eindeutig geklärt worden. Allerdings gibt es verschiedene Hypothesen, die sich an Beobachtungen beim heutigen Menschen orientieren und somit den Ansatz bieten, falsifiziert werden zu können. Neben diesem bisher ungeklärten Phänomen gibt es ebenfalls die Schwankung in der Körperhöhe. Aus der Periode der so genannten kleinen Eiszeit zwischen dem 13. und 17. Jh. (spätes Mittelalter und beginnende Neuzeit) liegen Skelettreste vor, die belegen, dass die Körperhöhe in dieser Zeit unabhängig vom sozialen Status abnahm und erst zur Neuzeit hin

wieder zunahm (Tab. 1). Dieses Ergebnis beweist, dass exogene Faktoren - sogar Noxen - in diesem Falle eine schlechtere Ernährungsbasis, auf bestimmte metrisch erfassbare Merkmale modifizierend einwirken können.

Tab. 1: Körperhöhen des modernen Menschen - gemessen in Zentimetern - aus Europa zu verschiedenen Zeiten. NA: Es liegen keine Werte vor.

Epoche	Frauen	Männer
Jungpaläolithikum	NA	173,5
Epipaläolithikum	NA	175,3
Mesolithikum	158	178
Frühes Neolithikum	162	173
Spätes Neolithikum	152	164
Bronzezeit	153	165
Eisenzeit	161	171
Frühes Mittelalter	160	173
Spätes Mittelalter	159	168
Frühe Neuzeit	160	168
Neuzeit	164	175

Um morphologische Veränderungen annähernd optimal beurteilen zu können, hat sich erst in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts die systematische Erforschung von Krankheiten und Anomalien in der Paläanthropologie etabliert. Diese Forschungsrichtung ist unter dem Namen Paläopathologie bekannt geworden. Zwar wurde schon seit dem 17. Jh. etwa durch die Anatomen Blumenbach oder Vesalius auf den Einfluss von Krankheiten und Fehlentwicklungen an den Knochen und vor allem dem Schädel hingewiesen. Ein bekanntes Beispiel ist die Fehl



Abb. 6. Röntgenbild des Hydrocephalus internus eines 2-4-jährigen Kindes aus dem Mesolithikum (ca. 8.700 vor heute) im Lonetal, nördlich von Ulm, Deutschland. Deutlich sind die Eindrücke der Gehirnwindungen in den Knochen zu erkennen. (Czarnetzki, privat).

beurteilung des Neandertalerschädels aus Mettmann durch Virchow (1872). Er brachte die Form des Schädels ursächlich mit Rachitis in Verbindung. Daher verwundert es auch nicht dass der Hydrocephalus internus eines Kindes (Abb. 6), das vor rund 8.700 Jahren erschlagen wurde, erst 1984 als solcher erkannt wurde, obwohl er bereits 1937 bearbeitet und von einem Mediziner erstmals publiziert worden war. In der Zwischenzeit ist diese Forschungsrichtung so weit fortgeschritten, dass sie auch die frühesten Vertreter der Gattung Homo in ihre Untersuchungen mit einbezieht. Beispielhaft sei wiederum auf ein scheinbar taxonomisches Merkmal, der Vertreter der asiatischen Spezies Homo erectus hingewiesen, den so genannten Sagittalkiel, in Fachkreisen besser unter dem Begriff Carina sagittalis oder „sagittal crest“ bekannt (Abb. 7). Nach paläopathologischen Untersuchungen ist er nicht



Abb. 7. Schädel des Homo erectus aus Reilingen mit der typischen Bildung eines Sagittalkieles, der tatsächlich aber eine durch Blutarmut (Anämie) bedingte Knochenaufwölbung ist (Hyperostosis spongiosa cranii). (Czarnetzki, privat).

nichts anderes als eine Reaktion des Knochenmarks auf eine wahrscheinlich endemische parasitäre Anämie. Zum Teil können durch Krankheiten oder Fehlbildungen auch Phänokopien entstehen, wie Vergleiche zwischen einem mikrokephalen modernen Menschen und einem Australopithecus africanus (Abb. 8) oder einer rachitisch gebogenen Speiche aus der



Abb. 8. Vergleich von Phänokopie und Original: a) Phänokopie durch einen Mikrokephalen des modernen Menschen und b) Original eines Australopithecus africanus (Sts. 5) (a, Czarnetzki, privat, b. Broom et al. 1948).

namengebenden Neandertalers zeigen (Abb. 9). Aus diesen wenigen Beispielen geht eindeutig hervor, dass dieses Fachgebiet heute unabdingbar für die Analyse von Funden aus unserer Ahnenreihe geworden ist. Die Paläopathologie trägt mit Sicherheit dazu bei, dass nicht nur unsere Kenntnisse über das früheste Auftreten verschiedenster Krankheiten eine neue historische Dimension erhalten. Auch über die Fähigkeiten der Menschen, die im heutigen Sinne als Orthopäden oder Chirurgen den Menschen prähistorischer Zeiten zu helfen versuchten, sind neue und überraschende Erkenntnisse zu erwarten. Allerdings kann in diesem Zusammenhang nicht geleugnet werden, dass die geringe Anzahl an spezifischen Funden ein Hauptproblem sowohl in der paläontologischen als auch paläanthropologischen Forschung darstellt. Viele der hier nur kurz skizzierten Missinterpretationen basieren auf dieser Unzulänglichkeit, die natürlich zugleich mit einer eventuell weniger fundierten (d.h. schlechten, rudimentären) Ausbildung nachkommender Anthropologen-Generationen koinzidiert.



Abb. 9. Die wahrscheinlich normale Speiche (Radius) des Neandertalers aus dem Neandertal bei Düsseldorf, Deutschland, im Vergleich mit der rachitischen eines neolithischen Bauern aus Warburg, Deutschland. (Czarnetzki, privat).

Kehren wir auf die eingangs gestellte Frage nach der Modernität innerhalb des Fachgebietes der Paläanthropologie zurück und betrachten beispielhaft ihren jüngsten Zweig, die Isolation und Analyse der so genannten fossilen DNA (fDNA). Der Begriff fDNA wurde kreiert, um die Untersuchung der fossilen Kern DNA von der der so genannten „nur“ alten - oder englisch- „ancient“ Desoxyribonukleinsäuren (aDNA) abzugrenzen, die bis dato für die Analyse der mitochondrialen DNA (mtDNA) oder genomisch-ribosomalen Einheiten (rDNA) herangezogen wurden. Ein entscheidender Anteil für die rasche Entwicklung dieser Forschung ist hierfür von Tübinger Mitarbeitern der Abteilung für Molekulare Genetik des Instituts für

Anthropologie und Humangenetik geleistet worden (z.B. Pusch et al. 1998). Die anhand neu etablierter Methodik erzielten Untersuchungsergebnisse bestätigten zum Beispiel, was morphologische Analysen schon lange aufgrund des Gesetzes der Irreversibilität phylogenetischer Prozesse, also der Unumkehrbarkeit stammesgeschichtlicher Veränderungen, dem so genannten Dollo'schen Gesetz, postuliert haben, dass der *Homo neanderthalensis* nicht unser direkter Vorfahr sein kann (Stringer & Andrews 1988). Er ist nun - von alternativer molekulargenetischer Seite unabhängig bestätigt - mit Sicherheit der letzte der möglicherweise vielen Seitenzweige auf dem Wege zum modernen Menschen. Die Existenz und Analyse solcher Seitenzweige findet sich nur andeutungsweise in modernen Publikationen (Bonde 1989, Tattersal 1995), wenn es um die Frage der phylogenetischen Entwicklung bis hin zum modernen Menschen geht.

Es ist kaum möglich, innerhalb des hier vorgegebenen thematischen Rahmens erschöpfend auf die vielen weiteren Inhalte des Faches Paläanthropologie einzugehen. Eine umfassende Übersicht hierzu findet sich mit 1737 Zitaten in dem Buch „Paläoanthropologie“ von Henke & Rothe (1994). An dieser Stelle sollen aber trotzdem noch Einblicke in den überaus interessanten - und vielfach unterschätzten - Zweig der Paläodemographie gewährt werden.

Diese Subdisziplin ermittelt in enger Zusammenarbeit mit der Vor- und Frühgeschichte anhand von Skelettresten aus Begräbnisplätzen die Altersstrukturen und das numerische Verhältnis der Geschlechter zueinander. Aus diesen Daten versucht diese Forschungsrichtung, Rückschlüsse auf die am Ort lebenden Populationen zu ziehen. Neben dem Verhältnis von weiblichen zu männlichen Individuen in der Gesamtpopulation, und innerhalb verschiedener Altersklassen, gibt das durchschnittliche Sterbealter einen Einblick in ihre physische und krankheitsbedingte Belastung. Dass Frauen in der Fertilitätsperiode häufiger als Männer des gleichen Alters starben, ist ein zu erwartendes Ergebnis. Dass unter den Kindern bis zum 6. Lebensjahr mehr Mädchen als Jungen nachgewiesen werden können, war hingegen aus biologischen Gründen nicht zu erwarten. Dieses bis in die Neuzeit zu beobachtende Ergebnis ist mit Sicherheit nicht, wie in Fachkreisen oft behauptet, allein eine Folge der Schwierigkeit, am kindlichen Skelett das Geschlecht möglichst exakt zu bestimmen. Kirchenbücher aus historischen Zeiten bestätigen nämlich das Ergebnis aus prähistorischer Zeit. Aufschluss über die Kindersterblichkeit allgemein und die Reproduktionsrate im Besonderen soll der Nachweis von Kindern, die vor Erreichen des 2. Lebensjahres starben, geben. Die Problematik der Interpretation realer Daten wird allerdings von Parametern beeinflusst, die nicht mit biologischen Mitteln erfasst werden können (Bestattungsbrauch, indirekter Infantizid, Grabgrubentiefe u.ä.). Dementsprechend setzt hier eine besonders breite und sehr kontrovers geführte Diskussion ein.

Denn die Rekonstruktion der Altersstruktur der lebenden Population aus der toten kann nur über entsprechende statistische Näherungsverfahren an der modernen Demographie erfolgen. Wie alle Verfahren dieser Art, sind auch die der Paläodemographie nur mit einer entsprechenden Anzahl an Prämissen oder Unbekannten lösbar. Bei dem Versuch, die grosse Anzahl an Daten aus der Untersuchung morphologischer Merkmale des Skelettes sinnvoll zusammenzufassen, sind dagegen die entsprechenden statistischen Methoden dem Material gut angepasst. Seit man sich in der Paläanthropologie nicht mehr darauf beschränkt, nur die markantesten Schädel nach subjektiven Kriterien aus einer umfangreichen Stichprobe als typische Vertreter derselben zu beschreiben, kann die Fülle der Daten nur noch über biostatistische Methoden, die auf dem Prinzip der zufallsbedingten Variabilität beruhen müssen, im Sinne einer Möglichkeit der Reduktion der Datenmenge bewältigt werden. Das führt zunächst von

Individualdaten zu arithmetischen Mittelwerten mit der populationsspezifischen Streuung zur Feststellung von Differenzen zwischen verschiedenen Merkmalen. Deren Reduktion führt weiterhin zu generalisierten Abstandsmassen im Sinne eines verallgemeinerten Abstandes oder Unterschiedes zwischen verschiedenen Populationen. Unabdingbar ist bei der Anwendung statistischer Methoden, dass sie den Eigenarten der erfassten Parametern angepasst sind.

Methoden und Strategien

Metrische Merkmale

Um eine Auswertung durchführen zu können, müssen die morphologischen Merkmale in quantitative oder qualitative Werte umgewandelt werden. In der Anthropologie allgemein und in der Paläanthropologie im Besonderen hat man daher seit langem versucht, die Morphologie in metrische und damit quantitative Werte umzusetzen. Während z.B. in der Molekularbiologie unter anderem die Anzahl der Basenpaare, deren spezifische Abfolge und ihr Verhältnis zueinander eine Quantifizierung ermöglicht, mussten in der Paläanthropologie bei der Umschreibung der Morphologie die Dimension eines morphologischen Merkmales und die Kombination der Dimension mit anderen erst gefunden werden. Diese vor allem von dem Anthropologen R. Martin bereits 1914 fast zur Perfektion entwickelte und 1928 bereits dreibändig publizierte spezifische anthropologische Methode definiert damit auch die Eigenständigkeit des Faches. Mit seiner Methode können Längen, Breiten und Höhen morphologischer Strukturen sowie deren Kombination objektiv und objektivierbar erfasst werden. Die Umformung morphologischer Merkmale in metrische Werte beinhaltet die Erfassung einer kontinuierlichen Variation derselben. Zusätzlich wird eine Abhängigkeit metrisch erfasster Strukturen voneinander im Sinne einer Interkorrelation deutlich. Die beobachtete kontinuierliche Variation gilt sowohl für die Verteilung der Daten innerhalb einer Population als auch zwischen Populationen. Daher ist eine scharfe Grenzziehung aufgrund dieser Methode der Erfassung morphologischer Strukturen innerhalb und zwischen verschiedenen Populationen nicht möglich. Das gilt ganz besonders für einzelne Individuen verschiedener Populationen. Beispielhaft sei auf die Unterschiede zwischen Frauen und Männern bezüglich metrisch erfasster Morphen hingewiesen. Die nachweisbaren Werte überlappen hier bis zu 95 % (Abb. 10). Und dennoch sind die Mittelwerte bei einer genügend grossen Stichprobe sicher zu unterscheiden, bedingt durch die Geschlechtszugehörigkeit.

Qualitative Merkmale

Neben dieser inzwischen klassischen Messmethode ist eine weitere zu erwähnen, die die Differenzierung spezieller Varianten am Skelett untersucht (Czarnetzki, 2000). Es handelt sich hier um so genannte qualitative Merkmale, die vorhanden sein können oder nicht. Sie sind im Gegensatz zu den metrisch erfassten Merkmalen nachweislich von Umwelteinflüssen und dem Geschlecht unabhängig. Als eines der am besten bekannten Merkmale sei die Stirnnaht (Sutura frontalis) genannt (Abb. 11), die normalerweise spätestens nach dem 4. Lebensjahr verschwindet, bei 5 % bis 10 % der Bevölkerungen Europas jedoch bis ins Erwachsenenalter erhalten bleibt. Als weiteres allgemein bekanntes Beispiel kann der durch Goethe wieder entdeckte Zwischenkieferknochen angeführt werden (Abb. 12). Solche Merkmale am Lebenden zu untersuchen ist so gut wie ausgeschlossen, da sie dort nur radiologisch nachweisbar sind und daher zu einer nicht zu vertretenden Strahlenbelastung des zu Untersuchenden führen würden. Aus diesem Grunde wird von der Anthropologie die radiologische Methode nicht für vergleichende Untersuchungen am Lebenden benutzt. Für bestimmte Fragestellungen aus dem

Verteilung metrischer Werte des Schädels

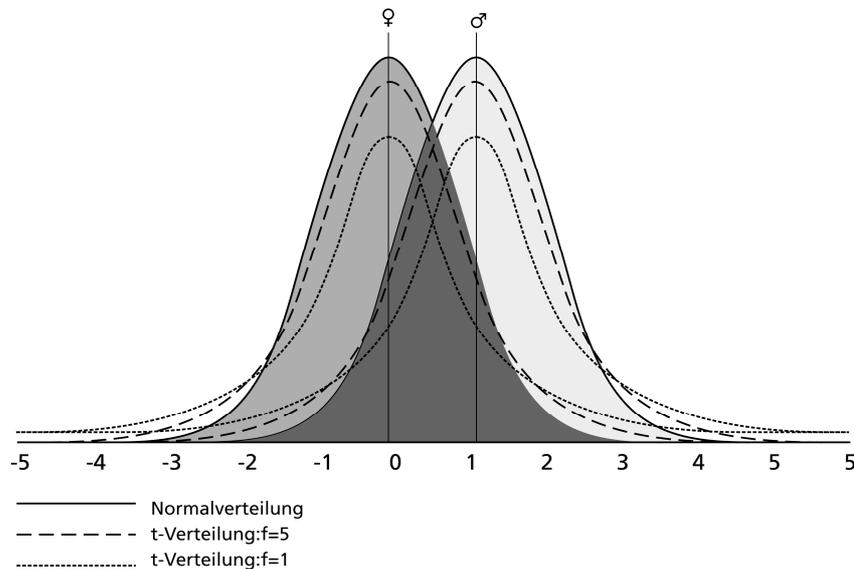


Abb. 10. Die Streuungsbereiche der Schädelgröße bei Männern und Frauen und deren Überschneidung (dunkelgrau). Nur 5% der weiblichen und männlichen Werte liegen nicht innerhalb der Variationsbreite des jeweils anderen Geschlechtes. (Czarnetzki, privat).

Bereich der Paläopathologie ist sie jedoch von Fall zu Fall unumgänglich. Ähnliches gilt für Untersuchungen im Computertomographen, wenn zum Beispiel die relative Länge der Bogengänge im Innenohr oder ihre Abwinkelung zueinander erfasst werden sollen. Hierbei kann sogar mit sehr geringen Schichtdicken (bis zu 0,5 mm - 0,01 mm) untersucht werden, weil die Strahlenbelastung am toten Material keine Relevanz hat.

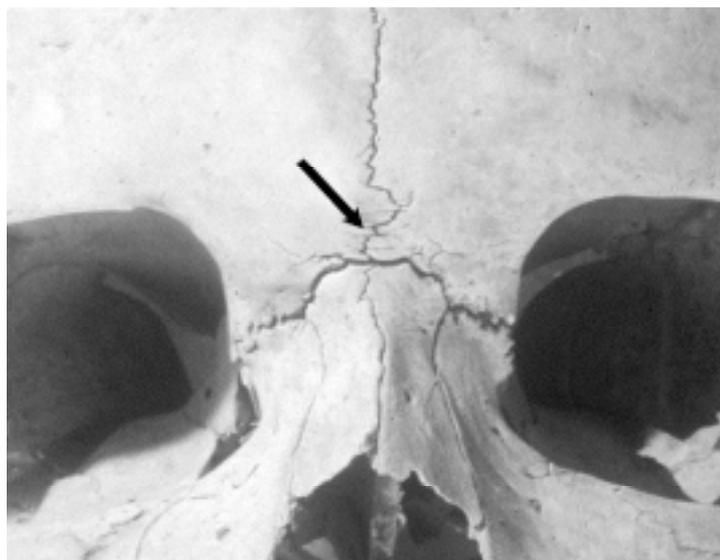


Abb. 11: Schädel eines Erwachsenen mit einer persistierten Stirnnaht, der Sutura frontalis persistens. (Czarnetzki, privat).

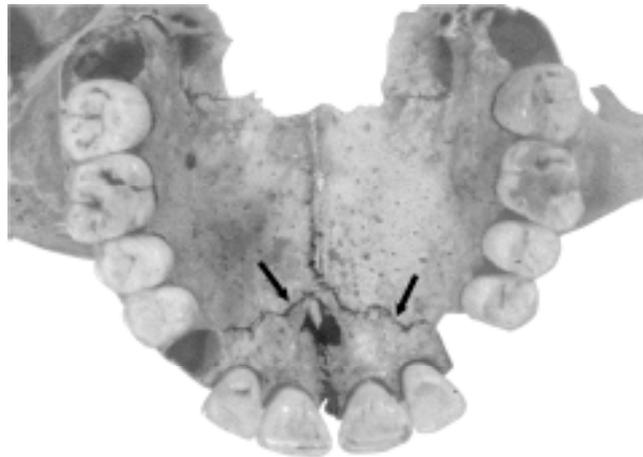


Abb. 12. Oberkiefer von unten gesehen mit dem durch Johann Wolfgang von Goethe wieder entdeckten Zwischenkieferknochen, dem Os intermaxillare. (Czarnetzki, privat).

Bildgebende und bildverarbeitende Techniken

Die Stereophotogrammetrie, also die Ausmessung einer dreidimensionalen Fotografie, ist nur selten angewendet worden. Sie ist zum einen zu zeitaufwendig und zum anderen aus Gründen einer einheitlichen Orientierung der zu untersuchenden Objekte nicht immer, und daher nicht in dem nötigen Umfang anwendbar. Daher hat diese Methode nie die Eigenständigkeit entwickelt, welche die Quantifizierung der Morphologie erreicht hat. Dagegen hat vor allem die Rasterelektronenmikroskopie, kurz REM genannt, im Gegensatz zur normalen Durchlichtmikroskopie in der Paläopathologie, aber auch zum Beispiel auf dem Gebiet der Untersuchung von Mikrostrukturen der Zähne, einen nicht wegzudenkenden Platz eingenommen.

Alters- und Geschlechtsdetermination

Die Bestimmung von Alter und Geschlecht einer bestatteten Person ist die zweite Grundmethode in der Paläanthropologie. Denn ohne die Differenzierung in weibliche und männliche Individuen ist eine weitere Analyse der Skelettreste nicht möglich. Dementsprechend wurden auch die meisten Methoden zur Ermittlung dieser beiden Parameter von Anthropologen entwickelt. Erst in den letzten 30 Jahren konnten die Methoden der Alters- und Geschlechtsbestimmung durch die Einbeziehung von Daten aus der gerichtlichen Medizin präzisiert werden (Krogman 1962, Iscan 1989). In Tübingen wurden auf dem Gebiet der Paläanthropologie dazu neueste Methoden entwickelt oder präzisiert (Ahlbrecht, 1997, Forscher, 2001, Graw et al. 1999, Czarnetzki/Wahl in Press). Aufgrund der Komplexität der Merkmale, die für die Bestimmung dieser beiden Parameter herangezogen werden, kommt dem strukturierten Sehen eines fachmännisch geschulten Auges ähnlich wie bei der Unterscheidung verschiedener Zelltypen in der Histologie oder Pathologie die grösste Bedeutung zu. Dies impliziert allerdings, dass die stets anzustrebende perfekte Objektivierung dieser Methode nicht möglich ist. Nicht selten wird der Grössenunterschied bei der Geschlechtsbestimmung herangezogen. Die Verteilung der Einzelwerte zeigt aber, dass damit lediglich rund 5 % korrekt bestimmt werden können. Zwar kann man durch die Kombination mehrerer metrisch erfasster Merkmale in der Summe auf eine Genauigkeit von rund 70 % kommen, doch erreichen geschulte Fachleute

anhand nichtmetrisch erfasster Merkmale eine Genauigkeit von bis zu 95 %. Das ist bei einem biologischen Organismus wie dem Menschen bereits die Obergrenze des Möglichen.

Nicht selten werden Bestimmungen des Geschlechtes durch Prähistoriker anhand der Grabbeigaben vorgenommen. Aus der Literatur geht nicht immer deutlich genug hervor, welche Methode der Bestimmung zugrunde liegt. Daher bietet es sich grundsätzlich an, stets die angewandte Methode zu hinterfragen. Die Bestimmung nach den Beigaben sagt lediglich etwas über das Gender aus, also über die Geschlechterrolle, die der entsprechende Mensch innerhalb der Gesellschaft, in der er lebte, innehatte. Das biologische Geschlecht muss nicht, kann aber damit übereinstimmen.

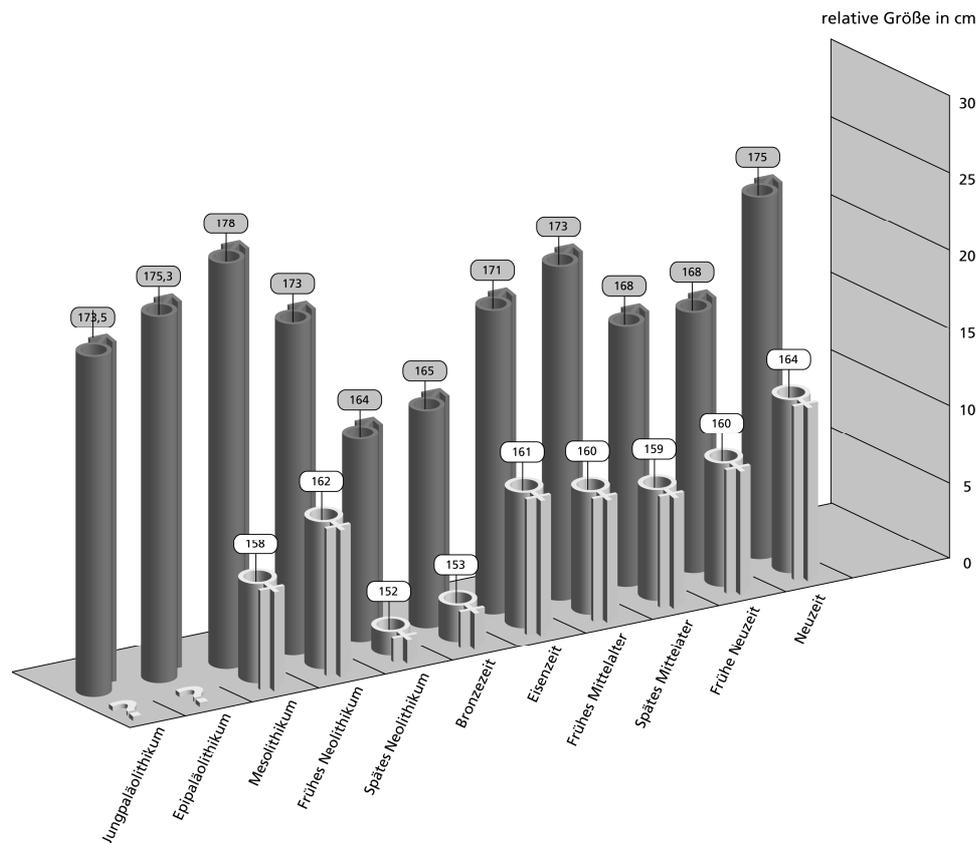


Abb. 13. Graphische Darstellung der Körperhöhenunterschiede zu verschiedenen Zeiten. Die kleinwüchsigen Individuen des späten Neolithikums und der Bronzezeit sowie die Kleinwüchsigkeit der Menschen während der so genannten kleinen Eiszeit (spätes Mittelalter und frühe Neuzeit) sind besonders auffällig. Die Abbildung stellt die relativen Verhältnisse absoluter Werte abzüglich 150 cm dar (siehe auch Tabelle 1). (Czarnetzki, privat).

Körpergröße (Abb. 13)

Die Methode der Rekonstruktion der Körperhöhe aus den langen Gliedmassenknochen ist ebenfalls eine in der Paläanthropologie angesiedelte Methode. Sie wird an prähistorischen oder urgeschichtlichen Personen bis hinunter zu den Australopithecinen angewandt. Sie basiert zum einen auf Untersuchungen an sehr unterschiedlichen Stichproben, die aber alle gemeinsam haben, dass die Körperhöhe des Lebenden gemessen werden konnte. Zum anderen wurden aus diesen Daten Korrelationen zwischen bestimmten Abschnitten der oberen oder unteren Extremität sowie der Körperhöhe berechnet. Die somit ermittelte Körperhöhe stellt

also die durchschnittlich zu erwartende, nicht die reale Körperhöhe des Individuums dar. Die Bedeutung der Rekonstruktion der Körperhöhe lässt sich zum Beispiel an den Menschen aus Esslingen/Neckar nachweisen. Bei ihnen nahm die Körperhöhe während der kleinen Eiszeit zwischen dem 16. - 19. Jh. statistisch signifikant ab.

Resümee

Die zuletzt beschriebenen Methoden (siehe hierzu auch Knussmann 1988, Herrmann et al. 1990) blieben nicht auf die Paläanthropologie beschränkt. Mit ihnen wird auch in anderen Fachgebieten eine Fülle von zusätzlichen Erkenntnissen ermöglicht. Selbstverständlich kann sich auch die Paläanthropologie nicht allein auf ihre ureigenen Techniken und Verfahren beschränken, um die eigenen Ergebnisse auf eine heute noch vertretbare Basis stellen zu können. Exemplarisch sei auf die molekulare Genetik, Archäologie, Geologie und Physik als Mittel zur Datierung, und die Zoologie für vergleichende Untersuchungen hingewiesen.

Trotz der Einbeziehung der Erkenntnisse aus anderen Fachdisziplinen bleibt der Wert einer fachspezifischen Forschung der Paläanthropologie erhalten. Ihre Ergebnisse erschliessen dem Menschen eine tiefere Einsicht in sich selbst und ein besseres Verständnis des Menschen über den Menschen. Sie tragen dazu bei, unsere Wurzeln im Sinne "Woher kommt der Mensch" kennen zu lernen. Sie helfen uns zu verstehen, dass auch der Mensch im Laufe der Zeit selbst in seinem Aussehen einem ständigen Wandel unterworfen ist, der durch äussere, exogene Faktoren, Gendrift und/oder Mutation hervorgerufen wird. Die Paläanthropologie aus Forschung und Lehre im universitären Bereich auszuklammern hiesse daher, sich einer tieferen Erkenntnis des eigenen menschlichen Seins um einen entscheidenden Teil zu berauben.

Danksagung

Herrn Rainer Czarnetzki von der Firma PARC-Design danken wir für die professionelle graphische Umsetzung der hier gezeigten Abbildungen.

Literatur

Ahlbrecht, M. 1997

Geschlechtsdifferenzierung an der Pars petrosa ossis temporalis. Diss. Med. dent. Tübingen.

Arensburg, B., Tillier, A. M., Vandermeersch, B., Duday, H., Schepartz, L. A., Rak Y. 1989
A Middle Palaeolithic human hyoid. Nature 338, S. 758-760.

Bernhard, W., Kandler, A. 1974

Bevölkerungsbiologie. Beiträge zur Struktur und Dynamik menschlicher Populationen in anthropologischer Sicht. Fischer Verlag, Stuttgart.

Blumenbachii, D. J. F. 1790

Decas collectionis suae craniorum diversarum gentium illustrata. 1.2.J, Gottingae.

Bonde, N. 1989

Erectus and neanderthalensis as species or subspecies of Homo: with a model of speciation in hominids. - In: Giacobini, G. (Hg.), Hominidae. Proc. 2nd Int. Congr. Hum. Paleont. Turin 1987. - Jaca Book. Mailand, S. 205-208.

Broom, R., Robinson J. T., Schepers. G. W. H. (1948): Sterkfontein Ape-Man *Plesianthropus*. Transvaal Museum. Memoire 4.

Cann, R., Stoneking, M., Wilson, A. C. 1987
Mitochondrial DNA and human evolution. Nature 325, S. 31-36.

Czarnetzki, A. 1966
Die menschlichen Skelettreste aus vier neolithischen Steinkisten Hessens und Niedersachsens. Math. naturwiss. Diss. Tübingen.

Czarnetzki, A. 1997
Franken und Alamannen in der Merowingerzeit. Mitteilungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte Bd. 18, S. 33 – 37.

Czarnetzki, A. 1998
Neandertaler: Ein Lebensbild aus anthropologischer Sicht. In: Neandertaler & Co., Begleitheft zur gleichnamigen Ausstellung in Münster, S. 11 – 17

Czarnetzki, A., Trellisó-Carreño, L. 1999
Le fragment d'un os pariétal du Néanderthalien classique de Warendorf-Neuwarendorf. L'Anthropologie 103/2, S. 237 – 248.

Czarnetzki, A. 2001
Der Neandertaler. Eine hochspezialisierte Art.
http://www.archaeologie-online.de/magazin/thema/2001%20/06/c_4.php

Czarnetzki, A. 2000
Epigenetische Skelettmerkmale im Populationsvergleich. Eine Apologie. Bull. Soc. Suisse d'Anthrop. 6 (1), S. 1 - 88

Czarnetzki, A. and Wahl, J. (in press)
Endo- and ectocranial suture closure in relation to modifying factors.

Czarnetzki, A. (in preparation)
Anthropological Textbook of epigenetic skeletal characters.

Di Rienzo, A., Wilson, A. C. 1991
Branching pattern in the evolutionary tree for human mitochondrial DNA. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 88, S. 1597-1601.

Ehrhardt, S., Czarnetzki, A. 1985
Zum 50jährigen Jubiläum des Instituts für Anthropologie und Humangenetik in Tübingen. Gründung und erste 35 Jahre. The fifty years jubilee of the Institute for Biological Anthrpology and Human Genetics in Tübingen. Foundation and the first 35 years. „HOMO“, 36. 1. u. 2. H. 84 - 94.

Forschner, Sonja 2001
Geschlechtsbestimmung an juvenilen Partes petrosae im Kontext forensischer Identifikationsuntersuchungen. Diss. Med. dent. Tübingen.

Graw M., Czarnetzki A., Haffner H-Th. 1999
The form of the supraorbital margin as a criterion in identification of sex from the skull: Investigations based on modern human skulls. Am. J. Phys. Anthropol. 108, S. 91 - 96.

Hansen, A. J., Willerslev, E., Wiuf, C., Mourier, T., Arctander, P. 2001
Statistical evidence dor miscoding lesions in ancient DNA templates. Mol. Biol. Evol. 18, S. 262-265.

- Harding, R. M., Rösing, F. W. 1990
Cranial measurements do not support Neolithization of Europe by demic expansion. *Homo* XL, S. 45-58.
- Heberer, G., Schwidetzky, I., Walter, H. 1970
Das Fischer Lexikon Anthropologie. - Fischer Bücherei, Hamburg.
- Herrmann, B., Gruppe, G., Hummel, S., Piepenbrink, H., Schutkowski, H. (1990)
Prähistorische Anthropologie. Leitfaden der Feld- und Labormethoden. Springer Verlag, Heidelberg.
- Iscan, M. Y., Kennedy, K. A. R. 1989
Reconstruction of Life from the Skeleton. Alan Liss Inc., New York.
- Knussmann, R. (Hrsg.) 1988
Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Bd I/1. Fischer Verlag, Stuttgart.
- Krogman, W. M. 1962
The human Skeleton in forensic Medicine. Charles C. Thomas Publ., Springfield, Illinois.
- Lieberman, P. 1975
On the Evolution of Language: A unified View. In: Tuttle, R.H. (Hg.): Primate functional Morphology. Mouton the Hague, Paris, S. 501-540.
- Martin, R. 1928
Lehrbuch der Anthropologie. Fischer Verlag, Jena.
- Pusch, C. M. 1998
Isolierung und Charakterisierung humaner DNA aus prähistorischen Knochen und integrative Typisierung von merowingerzeitlichen Individuen aus dem Reihengräberfeld von Neresheim. Diss. Naturwiss. Tübingen.
- Rösing, F. W., Schwidetzky, I. 1977
Vergleichend-statistische Untersuchungen zur Anthropologie des frühen Mittelalters (500-1000 n. d. Z.). *Homo* XXVIII, S. 65-115.
- Rösing, F. W., Schwidetzky, I. 1981
Vergleichend-statistische Untersuchungen zur Anthropologie des Hochmittelalters (1000-1500 n. d. Z.). *Homo* XXXII, S. 211-251.
- Schwidetzky, I. 1972
Vergleichend-statistische Untersuchungen zur Anthropologie der Eisenzeit (letztes Jahrtausend v. d. Z.). *Homo* XXIII, S. 245-272.
- Schwidetzky, I., Rösing, F. W. 1990
Vergleichend-statistische Untersuchungen zur Anthropologie von Neolithikum und Bronzezeit. *Homo* XL, S. 4-45.
- Stringer, C. B., Andrews, P. 1988
Genetic and fossil evidence for the origin of modern humans. *Science* 239, S. 1263-1268.
- Tattersal, I. 1995
The last Neanderthal. The Rise, Success and mysterious Extinction of our closest human Relatives. Nevrumont Publ. & Co. Inc., New York.
- Vesalii, A. B. 1538
Tabulae anatomicae. In: Holl, M., Sudoff, K. (Hg.), Neuauflage von 1920. S. Hirzel Verlag, Leipzig.

Vigilant, L., Stoneking, M., Harpending, H., Hawkes, K., Wilson, A. C. 1991
African populations and the evolution of mitochondrial DNA. *Science* 253, S. 1503-1507.

Virchow, R. 1872
Untersuchung des Neanderthal-Schädels. *Verhandlungen der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte*, S. 157-165.

Vogel, Chr. 1974
Biologie in Stichworten. V. Humanbiologie. Menschliche Stammesgeschichte. Populationsdifferenzierung. Ferdinand Hirt, Kiel.

Weidenreich, F. 1932
Über pithecoide Merkmale bei *Sinanthropus pekinensis* und seine stammesgeschichtliche Beurteilung. *Z. Anat. Entw. Gesch.* 99, S. 212-253.

Anschriften

Carsten M. Pusch (Korrespondenzadresse)
Institute of Anthropology and Human Genetics
Department of Molecular Genetics
Eberhard Karls University
Wilhelmstr. 27
D-72074 Tübingen
e-mail: carsten.pusch@uni-tuebingen.de

Alfred Czarnetzki
Institute of Anthropology and Human Genetics
Department of Paleoanthropology/Osteology
Eberhard-Karls-University Tübingen
Wilhelmstrasse 27
D-72074 Tübingen
e-mail: palaeoczarn@yahoo.de

Eingang: 29. März 2004

Studies on Fluorine Diffusion in Archaeological Bones

Annina A.-M. Gaschen, Urs Krähenbühl, Max Döbeli,
Andreas Markwitz and Bernard Barry

Abstract

Archaeological fragments of bones and teeth take up fluorine from the surrounding soil when they are exposed to a humid environment. This uptake occurs even if the concentration of fluorine in the soil water is very low. The enrichment takes place via the recrystallization of hydroxyapatite, the main component of bone and tooth material, into chemically more stable fluoroapatite. The complete transformation needs geological periods of time and the time dependence is usually described in a simplified way by a diffusion model. Samples of long bones show a distinct fluorine concentration profile from the outer surface to the marrow cavity. The quantitative mathematical evaluation of these profiles may provide information on the exposure duration, the physical condition of the samples and the soil environment.

PIGE (Proton Induced Gamma Emission) has turned out to be a suitable analytical technique to determine the fluorine content and distribution in various organic and inorganic samples.

Archaeological samples as well as modern bones and teeth have been analyzed for their total fluorine amount and the distribution of this element. Both naturally developed fluorine profiles and artificially generated were examined.

The aim of this work is to investigate the applicability of the method of measuring the fluorine diffusion for the dating of archaeological remains and to gain information on the influence of environmental factors on the fluorine uptake and diffusion process.

Zusammenfassung

Archäologische Knochen- und Zahnfragmente, welche einer feuchten Umgebung ausgesetzt sind, nehmen Fluor in ionischer Form aus dem Bodenwasser auf, auch wenn dessen Konzentration im umgebenden Medium sehr gering ist. Dieser Anreicherungsprozess findet statt indem Hydroxylapatit, die Hauptkomponente der anorganischen Knochen- und Zahnmatrix, in das chemisch stabilere Fluorapatit umkristallisiert. Die vollständige Umwandlung nimmt geologische Zeiträume in Anspruch und wird in ihrem zeitlichen Verlauf in diversen Studien vereinfacht durch ein Diffusionsmodell beschrieben. Es bilden sich deutliche Konzentrationsprofile über den Knochenquerschnitt aus, deren quantitative mathematische Auswertung Hinweise über die Liegezeit, die Knochenbeschaffenheit und über das Bodenmilieu geben kann. Als Analysemethode hat sich die PIGE (Proton Induced Gamma Emission) zur Bestimmung des Fluorgehaltes und seiner Verteilung in der Probe mehrfach bewährt.

Neben archäologischen Funden wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit auch rezente Proben auf ihren natürlichen Fluorgehalt und die Verteilung dieses Elementes untersucht. Anschliessend wurden im Labor künstlich Fluorprofile in diversen Knochenproben erzeugt und analysiert.

Ziel dieser Studie ist es, die Anwendbarkeit der Fluordiffusion zur Datierung von archäologischen Knochenfunden zu untersuchen und Informationen über die Beeinflussung des Diffusionsverhaltens von Fluor im Knochenmaterial durch äussere, umweltspezifische Faktoren zu gewinnen.

Motivation and Theory

In humid environments hydroxyapatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$), the main component of the inorganic bone and tooth matrix, is transformed into the more stable fluoroapatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$). Fluorine uptake from the environment leads to a U-shaped concentration profile, which slowly develops into the bulk from the outer surface and from the marrow cavity inwards according to Fick's 2nd law:

$$D\Delta c(\vec{r}, t) = \frac{\delta c}{\delta t}(\vec{r}, t)$$

D : Diffusion constant of the material
 c : concentration of the element
 r : distance from the surface, position
 t : time

If diffusion and environmental conditions are constant, the profile shape (\rightarrow) and depth (\uparrow) carry the information on exposure time t . The profile will be more developed if the sample has been exposed to this environmental system for a longer time (figure 1). This fact leads to the idea of a mathematical evaluation of the "diffusion length" Dt , which allows the calculation of the burial time t , i. e. the age of the archaeological sample, if the diffusion constant is known.

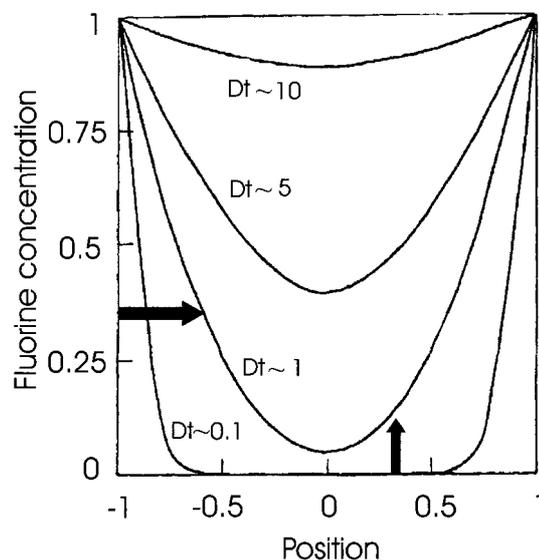


Figure 1. Calculated fluorine profiles: Diffusion-adsorption model of an undisturbed system. D = diffusion constant of the material, t = time [Millard A. R. 1995, adapted].

Although they were aware of the difficulties of studies in "multivariate" systems like soils, scientists have previously tried to date archaeological remains by measuring the total fluorine content only (Oakley 1951). Further investigations revealed that the total amount of fluorine found in a fossil sample bears no relation to the burial time. It was proposed that the distribution of the fluorine in bone also had to be taken into consideration (Coote et al. 1981, 1982,

1984, 1992). G. E. Coote was a pioneer working on this topic and systematically measured fluorine profiles in bone samples for dating purposes.

“Bone” is not a homogenous system: the mineral inorganic matrix is formed by a blend of ions called “dahllite”, $[(Ca, Na, Mg)_5(HPO_4, PO_4, CO_3)_3(OH, CO_3)]$ (Berna 2004). The associated organic component consists mainly of collagen and other proteins and lipids. Many environmental factors like the hydrological conditions or the composition of the soil at the burial place influence this dual system of a bone matrix (“diagenesis”), and thus the physical condition of the archaeological remains. Figure 2 shows that two samples which have nearly the same age and were found at the same excavation site show profiles developed to different extents. Uptake and diffusion of fluorine therefore must have taken place under different environmental conditions, resulting in a different “diffusion length” Dt in the samples.

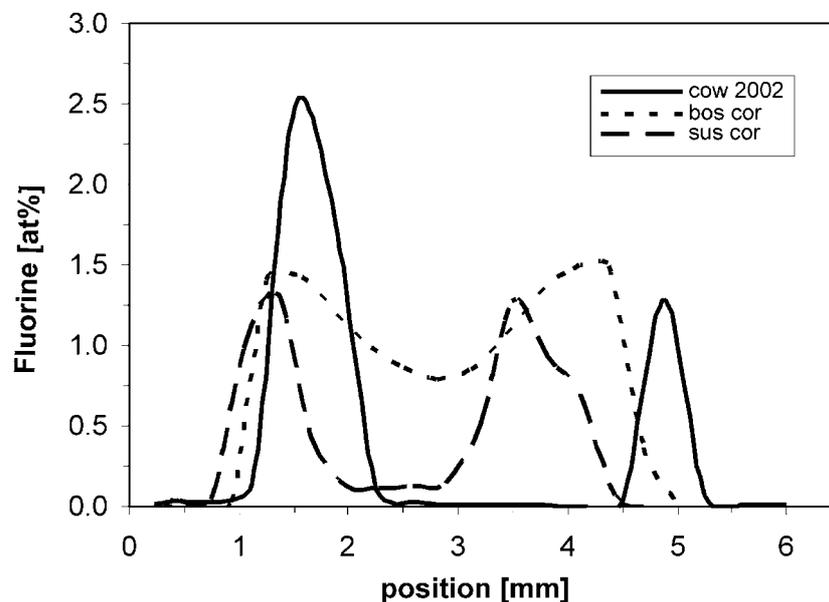


Figure 2. Archaeological bones can show either advanced (bos cor) or undeveloped (sus cor) profile shapes [bovine metacarpus and pig metatarsus, ≈ 3750 BC, settlement on lakeshore, Seeberg BE, Switzerland]. For comparison, an artificially doped modern sample [cow 2002] is shown. Bone surface (left), marrow cavity (right).

As with the total fluorine content, there is no simple relation between the fluorine profile shape and the geological age of an archaeological bone sample and dating is not possible without the knowledge of environmental influence on the diffusion process.

The aim of the ongoing work is to examine the diffusion process by artificial fluorine doping of fresh and archaeological bone samples in order to learn to what extent bone diagenesis influences the behaviour of fluorine in bone and under which conditions dating with fluorine diffusion can be taken into consideration.

Several studies exist on dating methods by Uranium-uptake (Millard et al. 1995, 1996), a process which is also strongly influenced by soil chemistry. Therefore their scientific work deals with very similar problems.

Analytical Technique

The fluorine distribution was determined by PIGE (Proton Induced Gamma Emission), with a focused scanning microprobe proton beam either at the Institute for Particle Physics at the ETH Zürich, CH (6 MV tandem accelerator) or at the Rafter Laboratory in Lower Hutt, NZ (3 MV van de Graaff accelerator). The nuclear reaction observed was $^{19}\text{F}(p,\alpha\gamma)^{16}\text{O}$, and the resulting radiation was detected with an NaI-detector (at the ETHZ) or with BGO- and HPGe-detectors (at Rafter). Apatite crystals and the geological reference material “G2” were used as standards.

Ca was measured by PIXE (proton induced x-ray emission) to detect irregularities like holes and cracks. A microscope installed at the vacuum chamber allowed visualization of the beam position and analyzed surface (at Rafter). No standard for Ca was determined, as the signal was used to measure the exact position of the bone sample and not for quantitative concentration measurements.

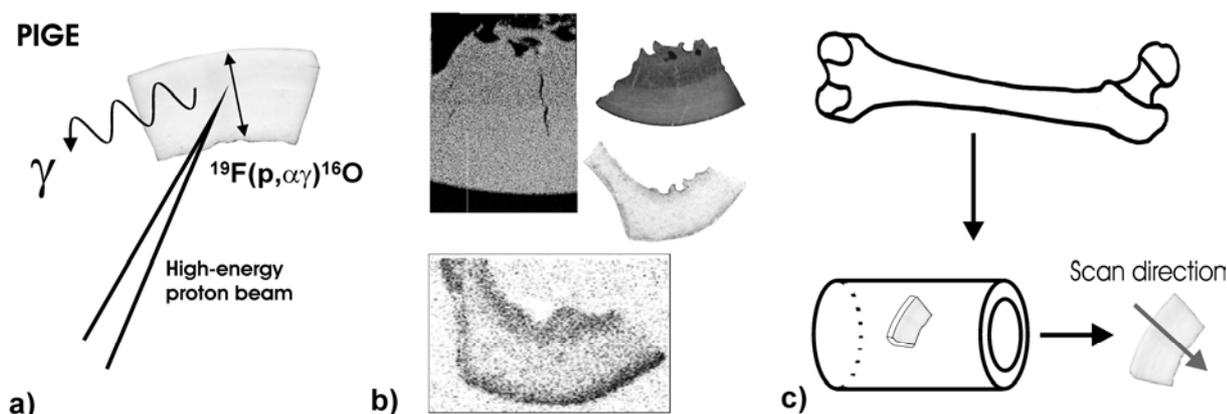


Figure 3. a) analytical technique b) Ca-PIXE (above, with visible crack), and F-PIGE (below) [bos metacarpus \approx 3750 BC, settlement on lakeshore, Seeberg BE, Switzerland, and human tibia, 1125, Oberbüren BE, Switzerland]. c) sample location.

Only mid sections of long bones were analysed, because the thickness of their bone walls is suitable for profile development (4 - 9 mm). After sawing, surface-smoothing with sandpaper, cleaning in an ultra-sonic bath and careful drying, the samples were fixed on aluminium-plates with carbon tape and analysed. All samples were about 1 cm in length and about 0.5 - 1 g in weight.

An archaeological burial site

First experiments were carried out on human remains from the burial site “Chilchmatt”, which is located near the bernese village Büren a. A. This site has had an eventful history. Remains from the Roman period up to late medieval age were found during excavations. In the late middle ages, a huge chapel served as place of pilgrimage, but unfortunately was pulled down after the Reformation in 1528 (Heigold-Stadelmann 2002, Ulrich-Bochsler 1993).

Several hundred skeletons were excavated, and 7 samples were chosen for our studies from three different places within the burial site. The idea was to examine the diffusion profiles of these well preserved samples and correlate them with their reliable radiocarbon-ages. The influence of the environment was expected to be more or less uniform as a single burial site was concerned.

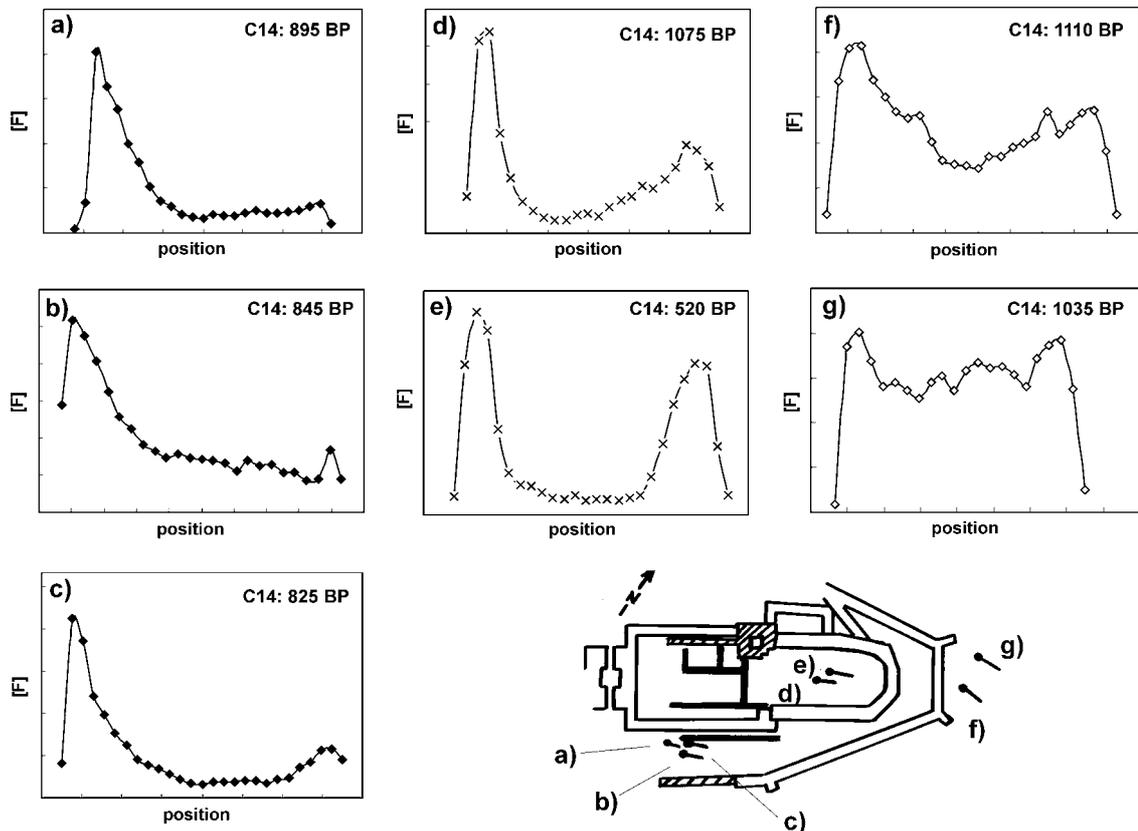


Figure 4. Fluorine profiles and ^{14}C -dating of samples from three different locations within the same burial place [Oberbüren BE, Switzerland: roman wall (a, b, c), chapel (d, e), cemetery (f, g)]. Conventional radiocarbon ages are given as years BP (reference year: 1950) with standard uncertainty ± 50 yrs for all samples.

Our investigations have shown that the profile shape can vary even within a single burial site but stays qualitatively the same for skeletons buried at the same place due to the unique determining environment. No simple relation can be found between the shape of the profile and the age of the sample, indicating that samples of the same age must have undergone various site histories. Soil conditions can vary significantly within a few metres.

The fact that varieties in material characteristics, resulting from environmental conditions, may be the reason for these observations, is verified by studies on teeth.

The physical feature of samples

Teeth show (similar to bones) a very low natural fluorine content during the lifetime of the individual. The concentration increases with the age and ranges from 0.024 to 0.076 wt% of fluorine for dentine (and bone) and from 0.01 to 0.34 wt% for enamel. As the amounts taken up from the soil are much higher, the natural fluorine concentration can be neglected in our studies.

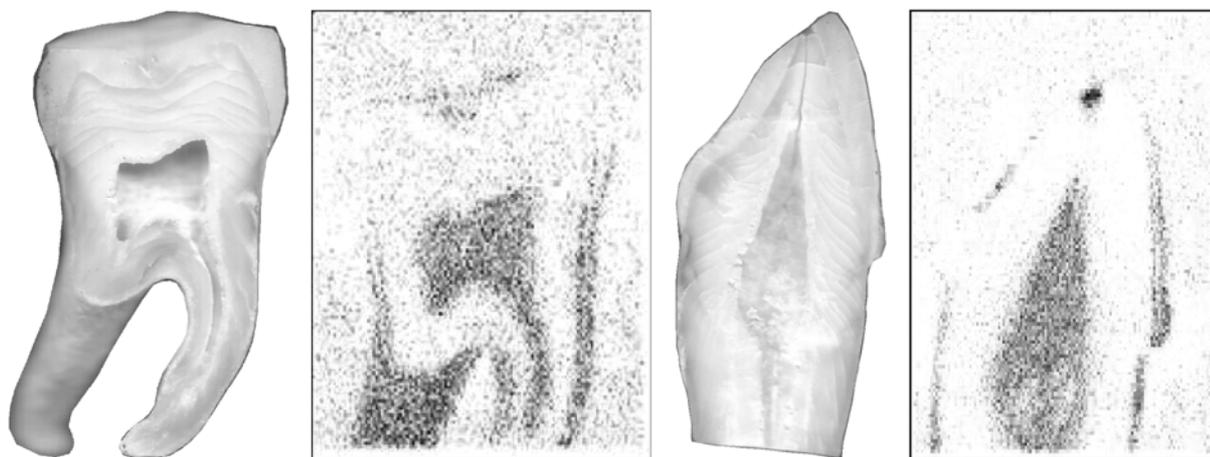


Figure 5. Examples of varying F-uptake due to physical damage (abrasion of enamel) and different material characteristics: crystal sizes are different in enamel, dentine and cementum [Photographs and F-mapping by PIGE, human molar and eyetooth, \approx 3750 BC, settlement on lakeshore, Seeberg BE, Switzerland].

In archaeological teeth the varying fluorine uptake and concentration in different parts of the samples is due to the different physical character of the tissues. This fact can be seen in archaeological teeth samples, which have been cut into two halves with a diamond saw. In both samples water, which contains fluorine ions, has reached the pulp cavity through the nerve canal by capillary effects, where the fluorine is adsorbed on the surface of the dentine. While fluorine uptake can also be observed on the outer surface of the roots, where either dentine or cementum is the main component, the enamel, which forms the crown of a tooth, shows no uptake at all. A possible explanation is the reduced grain-boundary-diffusion due to the higher crystal size in enamel compared to that in dentine. If the enamel shows damages like natural abrasions due to chewing movements of the individual, a clear increase in fluorine uptake can be observed. Tartar (eyetooth) seems to take up fluorine as well.

Studies in the laboratory: Artificial Doping

In order to evaluate the influence of different parameters on the diffusion process and profile shape, it is necessary to be able to describe the development of the profiles by objective, mathematical methods: This fact leads to the idea of developing test series based on artificial fluorine doping of bone samples and the deriving of the value of Dt from the resulting artificially generated profiles by a mathematical fitting procedure.

Profiles were generated by immersing samples of about 0.5 g into aqueous solutions of NaF. The fluorine content, temperature and exposure duration were systematically varied ($[F]_{\text{solution}} = 10 - 1000 \text{ ppm}$, $T = 5^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C}$, $t = 7 - 21 \text{ d}$). This experiment was carried out with modern as well as with archaeological samples.

An archaeological bone sample shows a significantly different behaviour under the same environmental conditions compared to a fresh bone. As can be clearly seen in figure 6, the diagenetically altered bone matrix of an archaeological sample has also significantly changed the diffusion properties of fluorine, resulting in a higher value of Dt , which would influence dating. The increased F-uptake may be due to a fine network of fissures in the matrix of diagenetically altered bone and the varying porosity.

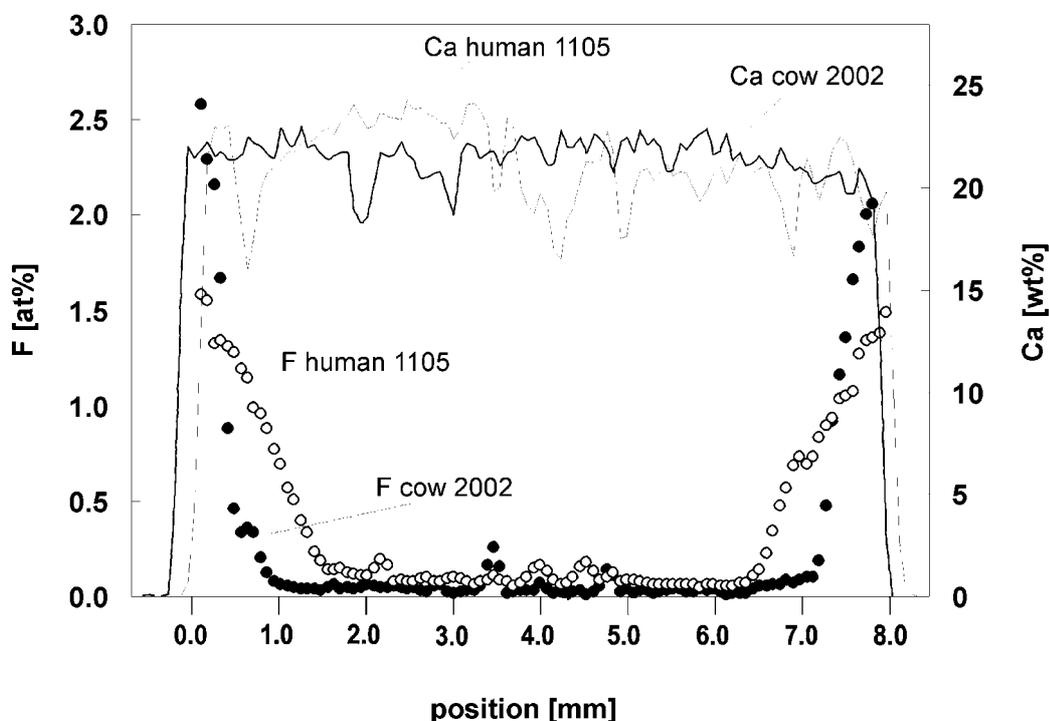


Figure 6. Artificially doped samples of modern (\circ) and archaeological (\bullet) bovine femur ($[F^-]_{\text{solution}} = 400 \text{ ppm}$, $T = 55^{\circ}\text{C}$, $t = 10 \text{ d}$). Their fluorine profile shapes vary significantly, resulting in a different diffusion constant for the same environmental conditions. Ca was detected by PIXE (lines) to determine the exact position of the samples. The Ca signal of diagenetically altered bones shows more irregularities compared to modern bones.

It has to be assumed that grain-boundary diffusion is not the only possible transport mechanism of ions in a bone, but that a significant amount of aqueous fluorine is transported through microfissures into a sample by capillary effects. In comparison, modern bone that has not yet undergone diagenesis yet, shows under a microscope the typical lamellar structure of the collagen fibrilles and no fissures at all (Enlow/Brown 1956).

Furthermore, bone diagenesis does not only induce fissures in bone, but also a re-crystallisation can be observed (Berna 2004). The different crystal size (as had been shown in teeth) and different porosities in bones either from different animals or different parts of the body may cause increased F uptake. Burnt skeletons that have been buried in soil after a fire disaster show a decreased concentration of fluorine at the edges of the bones compared to the inner parts (Reiche 2004). While burning, bones also undergo a recrystallization process mainly on their surface, and the observation of inverse profiles is explained by the increased size of the crystals in the material.

Mathematical evaluation of the data: Results

The “diffusion length” Dt was determined by fitting the data with an error function (erf, figure 7). The resulting curve simulates the result of an undisturbed diffusion process (Kottler 2001).

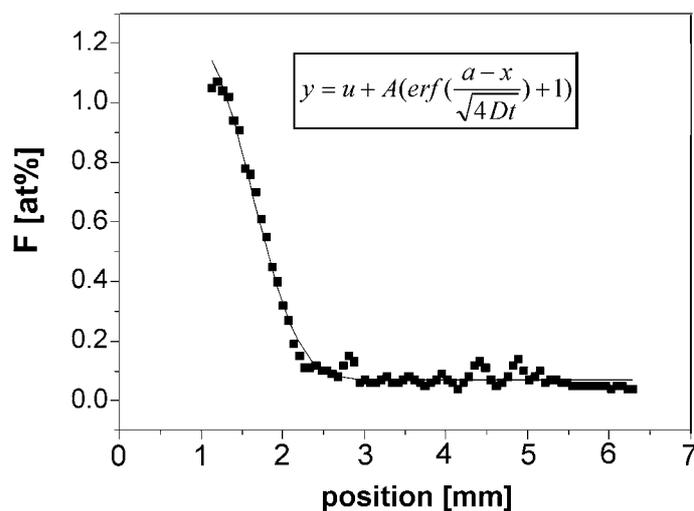


Figure 7. Fitting of measured fluorine data with a mathematical error function allows determination of the value of the “diffusion length” Dt for each sample. A = fluorine concentration on the bone surface, a = position of the edge of the sample, u = offset concentration of fluorine.

While in fresh bone samples only undeveloped profiles could be generated under the conditions used (see figure 2), fossil bones showed more developed profiles and some were even completely filled up with fluorine after the treatment with NaF. Highly developed profiles, where the concentration of fluorine in the middle parts of the sample is similar to the one near the surface, can not be fitted with an error function and must be excluded from further analysis. In contrast to the fossil samples all profiles of fresh bones could be evaluated.

Fluorine-profiles generated under laboratory conditions show the expected evolution with time. The diffusion length increases with higher concentration of fluorine in the solution and with increased temperature in the environment. Thus the generation of profiles under laboratory conditions, i.e. the simulation of the natural fluorine uptake, is possible. Furthermore the

fluorine profile reacts to different parameters of a very simple artificial system provided in the laboratory. This is a foundation for further studies on fluorine diffusion in bones.

Table 1. Resulting values of the “diffusion length” Dt (in mm^2) for artificially doped modern bone samples [cow 2002]. $[F]_{\text{solution}}$ = concentration of fluorine ions in the doping solution. Note the dependence of Dt on environmental parameters.

Time [d]	$[F]_{\text{sol}} = 1000 \text{ ppm}$ 35°C	$[F]_{\text{sol}} = 500 \text{ ppm}$ 35°C	$[F]_{\text{sol}} = 100 \text{ ppm}$ 35°C	$[F]_{\text{sol}} = 500 \text{ ppm}$ 65°C	$[F]_{\text{sol}} = 100 \text{ ppm}$ 65°C
7	0.020	0.003	0.001	0.022	0.006
14	0.031	0.018	0.007	0.040	0.009
21	0.037	0.022	0.017	0.059	0.015

Further work

The diffusion constant as a material parameter can be easily derived from the data now available, and further evaluation of measured data and mathematical analysis will reveal the impact of more physical material parameters on fluorine uptake and distribution in bone. First results show that the diffusion constant D as a material constant is different in fresh and fossil bone.

Because the uptake of trace elements into bone is assumed to be an adsorption process, the total amount of fluorine detected in a sample is expected to be dependent on the surface exposed to soil water or the doping solution, respectively, and the pore size and pore distribution in the bone. Experiments will verify these facts under laboratory conditions.

The observed distribution of fluorine in an archaeological bone sample is always the result of site-specific and sample-specific parameters which strongly influence the evolution of the fluorine profile with time during the diffusion process. Thus attempts to develop a fluorine dating method are not straightforward and need further careful investigation.

Acknowledgements

The authors would like to thank Dr. S. Ulrich-Bochsler, Historical Anthropology, University of Bern, and Dr. M. Nussbaumer, Natural History Museum, Bern, for providing of archaeological samples and for the mediation of contacts. Both the research teams at ETH Zürich, Switzerland, and Rafter Laboratory, Lower Hutt, New Zealand, are warmly appreciated for the kind assistance in PIGE and PIXE measurements.

The preparation of the samples for radiocarbon-dating was made in the radiocarbon laboratory of the Geographic Institute, University of Zürich (GIUZ). The analysis was made by AMS (accelerator mass spectrometry) on the tandem-accelerator at the Institute for Particle Physics (IPP), ETH-Hönggerberg, Zürich.

Literature

- Berna F., Matthews A., Weiner S. 2004
Solubilities and re-crystallization of bone mineral from archaeological sites: Archaeometric implications. Abstract, 34th International Symposium on Archaeometry, Zaragoza, Spain.
- Coote G. E., Sparks R. J. 1981
Fluorine Concentration Profiles in Archaeological Bone: An Application of a Nuclear Microprobe. *New Zealand Journal of Archaeology*, 3, pp. 21-32.
- Coote G. E., Sparks R. J. 1982
Nuclear microprobe measurement of fluorine concentration profiles, with application in archaeology and geology. *Nucl. Instr. and Meth.* 197 pp. 213-221.
- Coote G. E., Nelson P. 1984
Diffusion profiles of fluorine in archaeological bones and teeth: their measurement and application. *Archaeology at ANZAAS* pp. 22-27.
- Coote G. E. 1992
Ion beam analysis of fluorine: Its principles and applications. *Nucl. Instr. and Meth.* B66 pp. 191-204.
- Enlow D. H., Brown S. O. 1956
A Comparative Histological Study of Fossil and Recent Bone Tissues. Part I. *Texas J. Sci.* (8) pp. 405-443.
- Gaschen A., Krähenbühl U., Döbeli M. 2003
Fluorine diffusion in bones and teeth: examination of relevant environmental and material parameters. *Ann. Rep. Univ. Bern & PSI* p. 48.
- Herrmann B., Gruppe G., Hummel S., Piepenbrink H., Schutkowski H. 1990
Prähistorische Anthropologie. Leitfaden der Labormethoden. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- Heigold-Stadelmann A. 2002
Das früh- bis hochmittelalterliche Gräberfeld Oberbüren „Chilchmatt“. Eine anthropologische Untersuchung. Diplomarbeit, Seminar für Ur- und Frühgeschichte der Universität Bern.
- Kottler C. 2001
Untersuchung der Fluordiffusion in antiken Knochen. Diplomarbeit, Institut für Teilchenphysik, ETH Zürich.
- Kottler C., Döbeli M., Krähenbühl U., Nussbaumer M. 2002
Exposure age dating by fluorine diffusion. *Nucl. Instr. and Meth. in Physics Research B* 188 pp. 61-66.
- Millard A. R., Hedges R. E. M. 1995
The role of the Environment in Uranium Uptake by Buried Bone. *J. Arch. Sci.* 22, pp. 239-250.
- A diffusion-adsorption model of uranium uptake by archaeological bone. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60, (12) pp. 2139-2152.
- Noll K. 1998
Instrumentelle Bestimmung der Fluoranreicherung auf antarktischen Meteoriten durch NRA (Nuclear Reaction Analysis). Unpublished PhD Thesis, Universität Bern.
- Oakley K. P. 1951
The fluorine dating method. *Yearbook of physical anthropology* 5 pp. 44-52.

Pike A. W. G., Hedges R. E. M., Van Calsteren P. 2002
U-series dating of bone using the diffusion-adsorption model. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 60, (12)
pp. 2139-2152.

Pike A. W. G., Hedges R. E. M. 2001
Sample geometry and U uptake in archaeological teeth: implications for U-series and ESR dating.
Quatern. Sci. Rev. 20 pp. 1021-1025.

Pike A. W. G., Nielsen-Marsh C., Hedges R. E. M. 2001
Modelling bone dissolution under different hydrological regimes. *Archaeological Sciences 1997*, Pro-
ceedings of the conference held at the University of Durham.

Reiche I. 2004
Pers.comm.

Ulrich-Bochsler S., Gutscher D., Eggenberger P. 1993
Oberbüren, Chilchmatt: Rettungsgrabungen. Medienkonferenz.

Adresses

Annina A.-M. Gaschen, Urs Krähenbühl
Laboratory for Radio- and Environmental Chemistry,
University of Bern
Freiestrasse 3
3012 Bern
Switzerland
Tel: +41 31 631 42 91 (A. Gaschen)
Tel: +41 31 631 42 65 (U. Krähenbühl)
e-mail: annina.gaschen@iac.unibe.ch
e-mail: urs.kraehenbuehl@iac.unibe.ch

Max Döbeli
Institut für Teilchenphysik (IPP)
Schafmattstrasse 20
ETH Hönggerberg, HPK H 32
CH-8093 Zürich
Switzerland
Tel: +41 1 633 20 45
e-mail: doebeli@phys.ethz.ch

Andreas Markwitz, Bernard Barry
Institute of Geological & Nuclear Sciences Ltd.
Rafter Laboratory
30 Gracefield Road
PO Box 31-312
Lower Hutt
New Zealand
Tel: +64-4-570-4657 (A. Markwitz)
Tel: +64-4-570-4661 (B. Barry)
e-mail: a.markwitz@gns.cri.nz
e-mail: b.barry@gns.cri.nz

Eingang: 27. Mai 2004