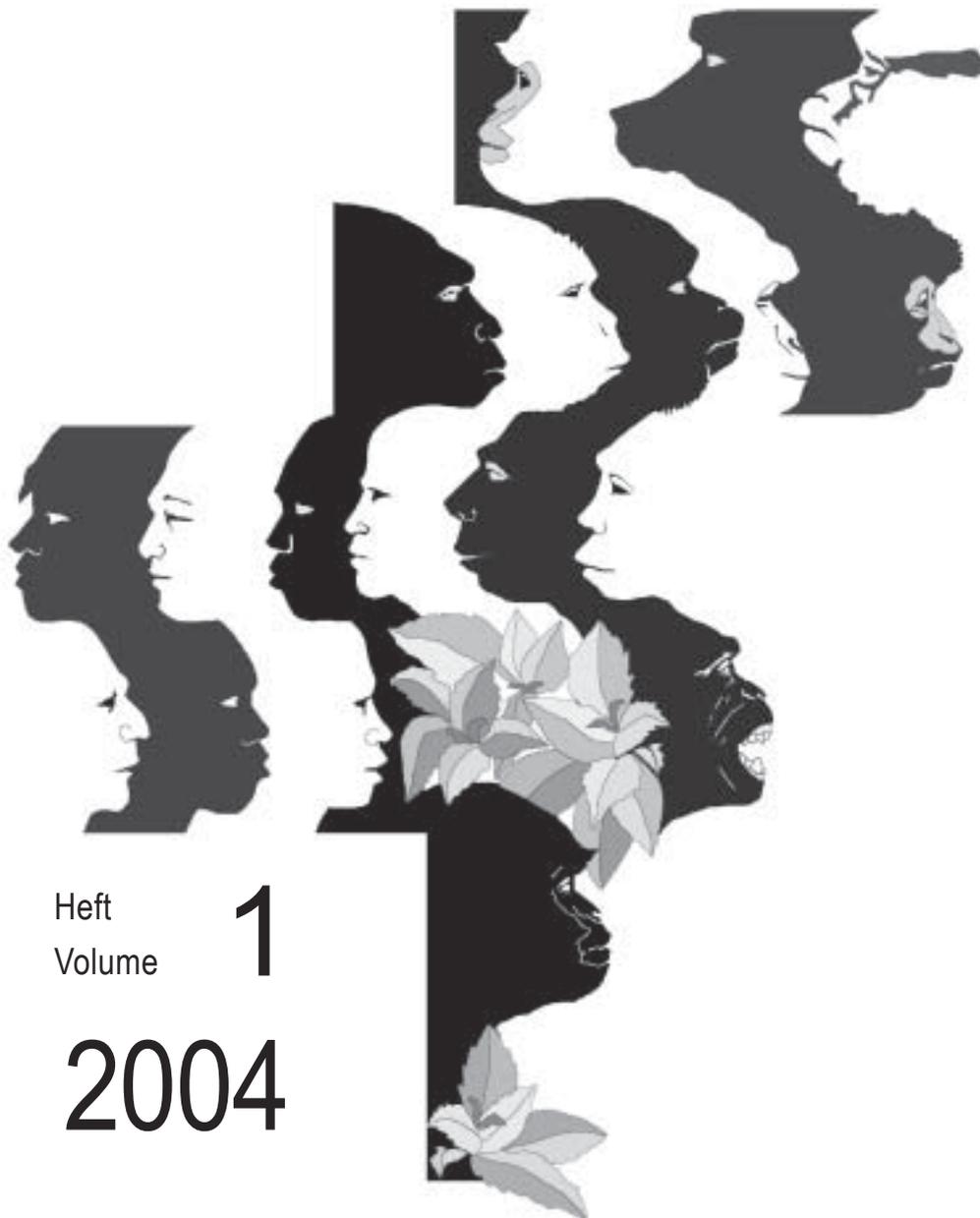


Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie



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
--	----

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 παλαιος (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 „α“ (a) beginnt (siehe auch Paläontologie und nicht Paläoontologie). Dieser zweite Teil setzt sich aus dem griechischen Wort ανθρωπος (anthropos) zusammen, was „Mensch“ bedeutet, und dem Wort λογος (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.

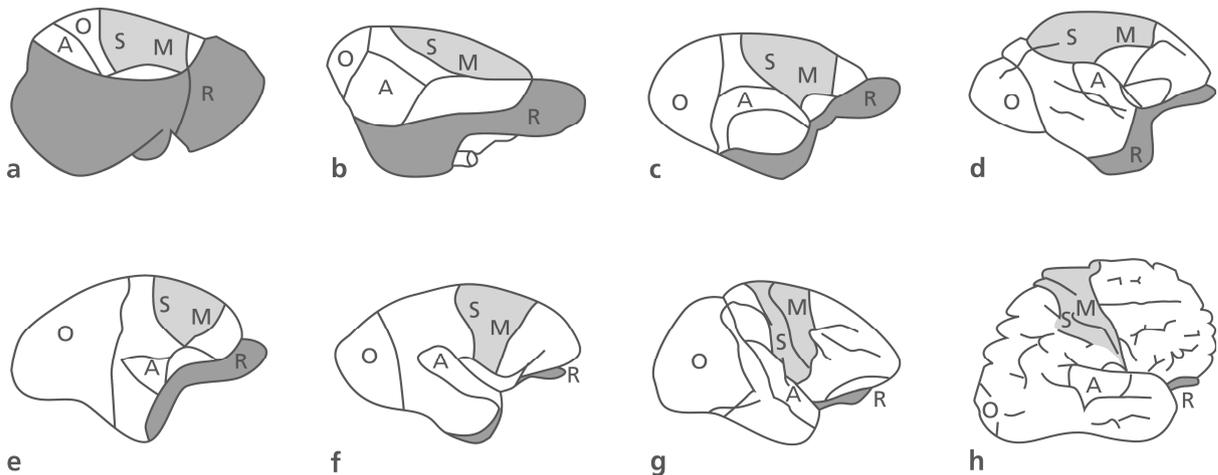


Abb. 1. Gehirne verschiedener höherer Säugetiere. a: *Erinaceus* spec. (Erinaceidae), b: *Ptilocercus* spec. (Tupaiaidae), c: *Microcebus* spec. (Lorisidae), d: *Tarsius* spec. (Tarsiidae), e: *Callithrix* spec. (Cebidae), f: *Cercopithecus* spec. (Cercopithecidae), g: *Pan* spec. (Pongidae), h: *Homo 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

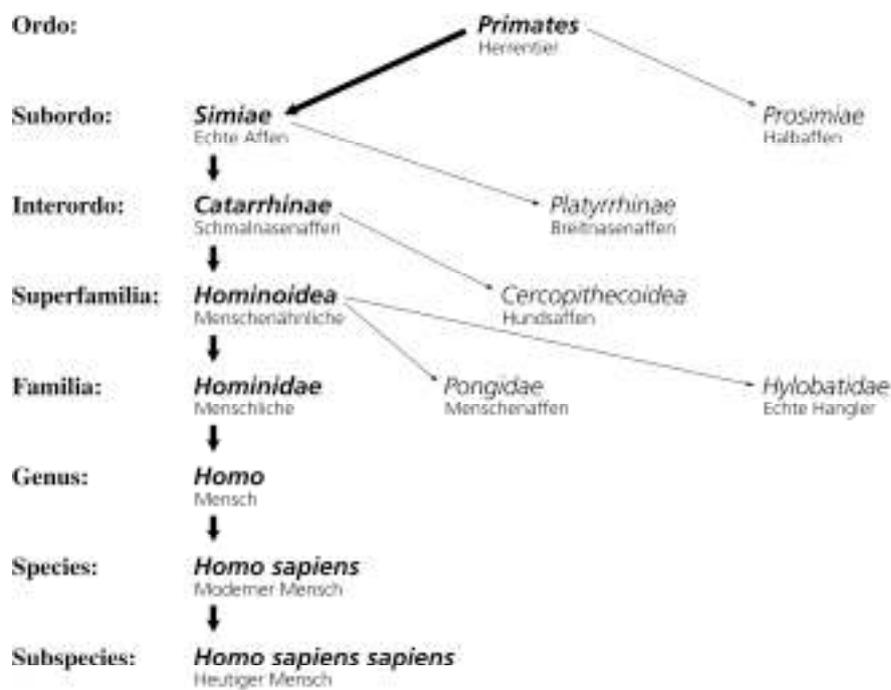


Abb. 2. Systematik der Primaten. (Czarnetzki, privat).

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.

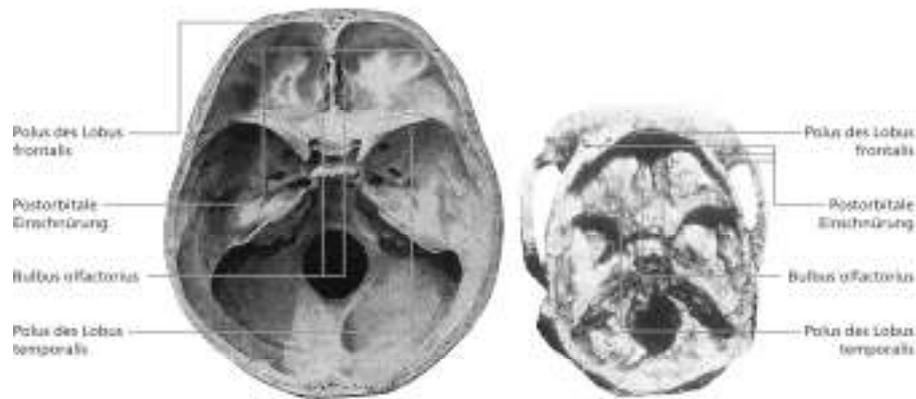


Abb. 3. Rechts Einblick von oben in den Schädelinnenraum des Fundes Sts 5 (*Australopithecus africanus*) und links eines modernen Menschen. Um einen proportional korrekten Vergleich durchführen zu können, sind die Objekte auf gleiche Grösse gebracht worden. Man beachte die weit occipitale Lage des Polus 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

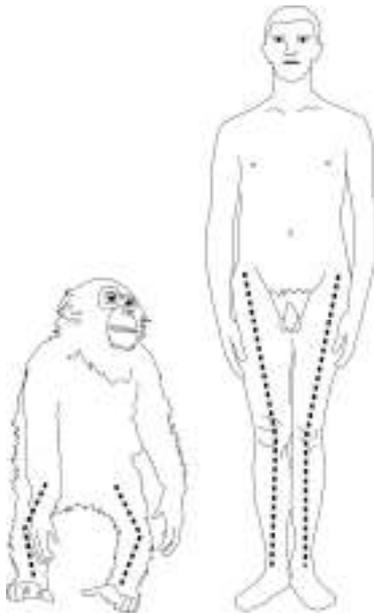


Abb. 4. Ein Schimpanse in normaler physiologischer O-Beinstellung beim Aufrichten auf die hinteren Extremitäten (links). Im Vergleich dazu ein moderner Mensch in der Ansicht von vorne mit der typischen physiologischen X-Beinstellung (rechts), bei der sich die Knie - im Gegensatz zu allen anderen Lebewesen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

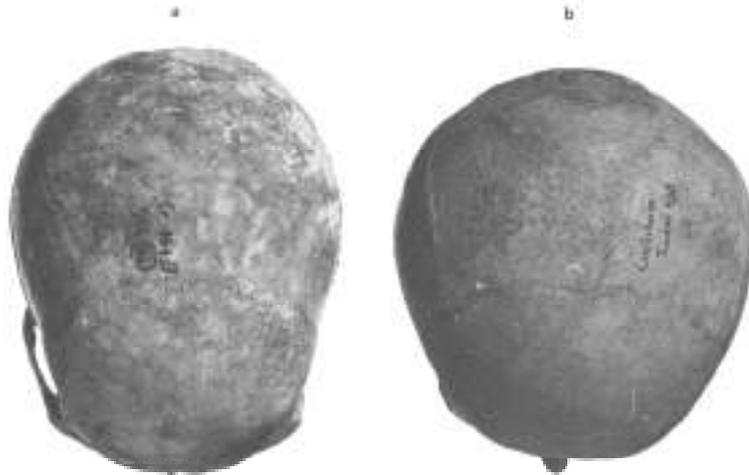


Abb. 5. a) Ein Schädel mit einem Längen-Breitenverhältnis unter 75 % und b) mit einem Verhältnis von über 80%. (Czarnetzki, privat).

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

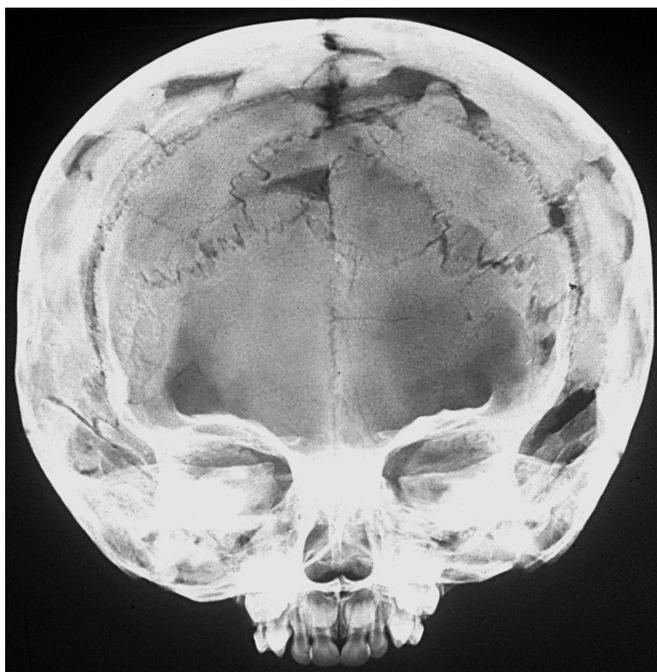


Abb. 6. Röntgenbild des Hydrocephalus internus eines 2-4-jährigen Kindes aus dem Mesolithikum (ca. 8.700 vor heute) im Lonetal, nördlich von Ulm, Deutschland. Deutlich sind die Eindrücke der Gehirnwindungen in den Knochen zu erkennen. (Czarnetzki, privat).

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

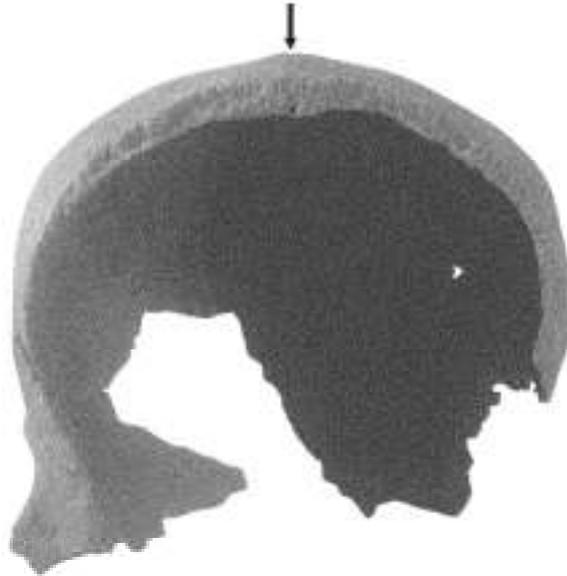


Abb. 7. Schädel des Homo erectus aus Reilingen mit der typischen Bildung eines Sagittalkieles, der tatsächlich aber eine durch Blutarmut (Anämie) bedingte Knochenaufwölbung ist (Hyperostosis spongiosa cranii). (Czarnetzki, privat).

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

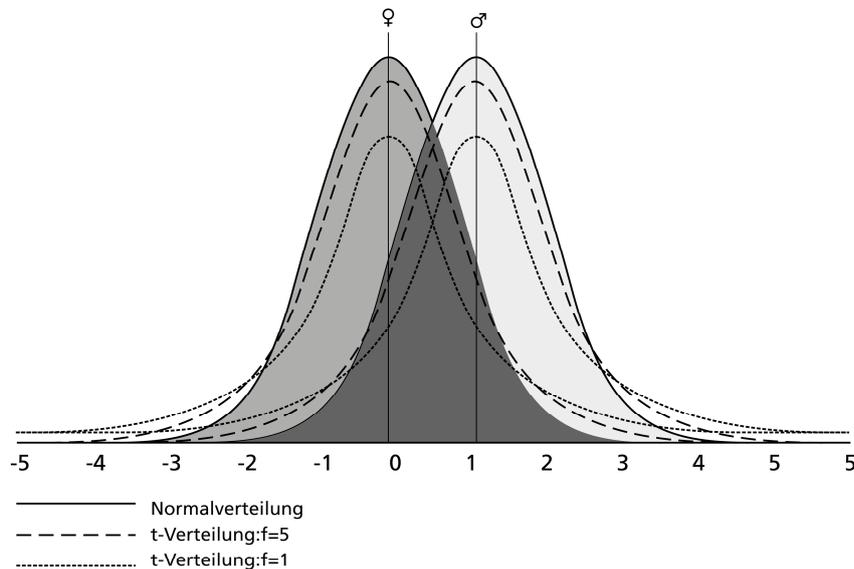


Abb. 10. Die Streuungsbereiche der Schädelgröße bei Männern und Frauen und deren Überschneidung (dunkelgrau). Nur 5% der weiblichen und männlichen Werte liegen nicht innerhalb der Variationsbreite des jeweils anderen Geschlechtes. (Czarnetzki, privat).

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.

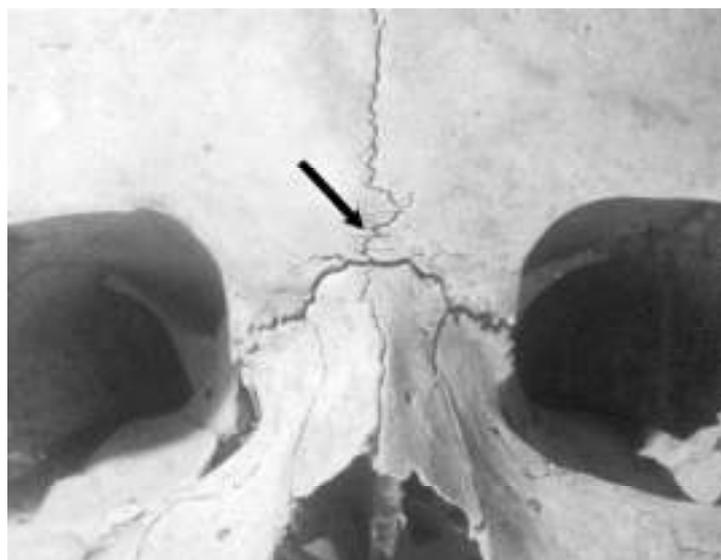


Abb. 11: Schädel eines Erwachsenen mit einer persistierten Stirnnaht, der Sutura frontalis persistens. (Czarnetzki, privat).



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.

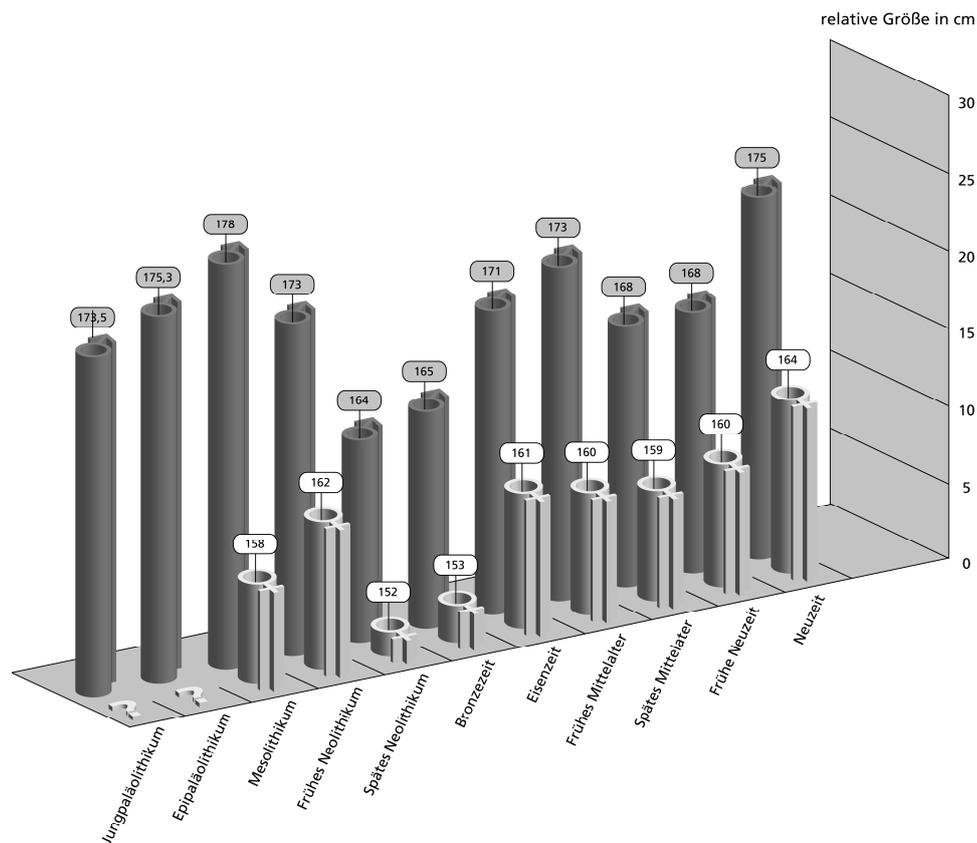


Abb. 13. Graphische Darstellung der Körperhöhenunterschiede zu verschiedenen Zeiten. Die kleinwüchsigen Individuen des späten Neolithikums und der Bronzezeit sowie die Kleinwüchsigkeit der Menschen während der so genannten kleinen Eiszeit (spätes Mittelalter und frühe Neuzeit) sind besonders auffällig. 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 Genetcs 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.

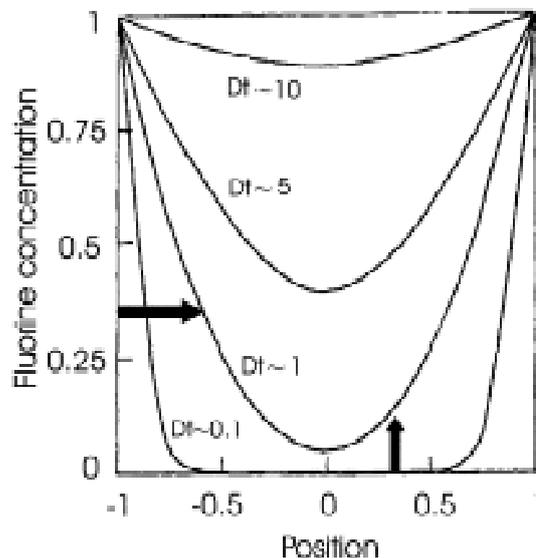


Figure 1. Calculated fluorine profiles: Diffusion-adsorption model of an undisturbed system. D = diffusion constant of the material, t = time [Millard A. R.1995, adapted].

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,