

## **Experimentelle Befunde an Brandknochen und ihre Bedeutung für die Diagnose von Leichenbränden**

**Holger Schutkowski**

### **Vorbemerkung**

Die folgende Darstellung gibt eine Beschreibung grundsätzlicher Zusammenhänge zwischen experimentellen Untersuchungen und daraus resultierenden Möglichkeiten der Leichenbranddiagnostik. Wesentliche Teile der hier vorgestellten Ergebnisse gehen auf gemeinsam mit meiner Kollegin SUSANNE HUMMEL durchgeführte Untersuchungen zurück.

### **Leichenbrände als historisches Quellenmaterial**

Unter den Überlieferungsformen historischer menschlicher Reste aus Mittel- und Nordeuropa stellen Leichenbrände, neben Körperbestattungen, einen numerisch bedeutenden Anteil dar. Dieser erklärt sich aus einem Wandel der Bestattungssitte von der Körperbestattung zu einer intendierten Verbrennung des Leichnams, der sich im Verlauf der mittleren Bronzezeit als überwiegende bzw. ausschließlich geübte Praxis etabliert und bis in die Völkerwanderungszeit andauert. Regional treten Anfänge dieser Bestattungsform bereits im ausgehenden Neolithikum auf und finden ihren vorläufigen Abschluß in der Wikinger- und Slawenzeit. Über einen Kernzeitraum von ca. 1500 Jahren, entsprechend 50-60 Generationen, stellen Leichenbrände also nahezu die einzige Quelle dar, aus der sich Informationen über die Biologie der Menschen aus den betreffenden archäologischen Perioden ableiten lassen.

Der Informationsgehalt von Leichenbränden ist in besonderem Maße abhängig vom Erhaltungszustand der Brandreste und dem Repräsentationsgrad der einzelnen Skelettregionen. Unter den Faktoren, die sich auf den Erhaltungszustand auswirken, finden sich zunächst solche, die im Zusammenhang mit dem Bestattungsbrauch selber stehen. Hierzu zählen das Löschen der Brandstelle, Substanzverluste beim Absammeln des Leichenbrandes oder die mechanische Zerkleinerung der Brandreste vor dem Einfüllen in die Urne. Während der Liegezeit treten physikalische Faktoren hinzu, etwa durch Bodendruck oder Frostsprengungen, die zu einer weiteren Fragmentierung der Knochen führen können. Auf diese Größen hat der Bearbeiter naturgemäß keinen Einfluß. Nach der Bergung des Leichenbrandes treten jedoch gelegentlich Informationsverluste auf, die durch umsichtige Präparation des Urneninhaltes oder der Brandschüttung vermieden werden können. Durch Härten der Fragmente in situ ist so z.B. der Erhalt auch größerer, zusammenhängender Stücke möglich, die diagnostische Bedeutung haben (1). Auch mögliche Schichtungen des Leichenbrandes nach anatomischen Regionen können so erfaßt werden. Von grundlegender Bedeutung für die Bearbeitung von Leichenbrand sind die tiefgreifenden Veränderungen des Knochengewebes, die durch die Einwirkung höherer Temperaturen entstehen. Hieraus resultiert die gegenüber Körpergrabskeletten erschwerte Befundung der Knochenfragmente. Betroffen ist sowohl der makroskopische Aspekt als auch die Knochenbinnenstruktur. Eine genaue Kenntnis und Bewertung der thermisch induzierten Veränderungen bildet die notwendige Voraussetzung für die Leichenbrand-Diagnose (2).



### Thermisch induzierte Veränderungen des Knochengewebes

Unter Leichenbrand versteht man die verbrannten bzw. nicht weiter verbrennbaren Bestandteile des menschlichen Körpers im Zusammenhang mit dem historischen Bestattungsbrauch. Die Temperatureinwirkung führt zu einer quantitativen Austreibung der organischen Anteile des Knochengewebes und zu einer Veränderung seiner Struktur. Leichenbrand besteht typischerweise nur noch aus der mineralischen Komponente des Knochens. Bei unvollständiger Verbrennung bleiben Anteile der organischen Matrix erhalten, die als Kohlenstoffverfärbungen sichtbar sind. Sie lassen sich häufig besonders gut in Form von sandwich-artigen Anordnungen unterschiedlich stark verbrannter Bereiche auf dem Querschnitt von Diaphysenkompakta beobachten. Diejenigen Bereiche, welche dem Feuer zuerst ausgesetzt sind (Periost- und Markhöhlenanteil der Diaphyse) setzen sich als helle Zonen gegen ein dunkleres Band in der Mitte des Diaphysenquerschnittes ab, in dem noch verbleibende Restkohlenstoffanteile vorliegen.

Mit steigenden Expositionstemperatur führt der zunehmende Verlust der organischen Anteile des Knochengewebes zu Farbveränderungen gegenüber nativem Knochen in Form von Restkohlenstoff, der noch im Knochen verbleibt. Unter definierten Bedingungen lassen sich im Experiment folgende Zusammenhänge beschreiben: Zwischen ca. 300°C und 600°C ändert der Knochen seine Farbe von braun über schwarz hin zu graublauen Farbtönen. Im Bereich von ca. 700°C bis 800°C nimmt der Knochen kreidige Gestalt an; bei der Exposition mit noch höheren Temperaturen erscheint er schließlich weiß – der Kohlenstoff aus den organischen Verbindungen ist vollständig zu elementarem Kohlenstoff oxidiert und über die Gasphase als CO<sub>2</sub> abgegeben worden. Mit steigender Expositionstemperatur verliert der Knochen zunächst an mechanischer Festigkeit. Nach einer Übergangsphase mit ungeordneter Struktur (kreidige Konsistenz) nimmt oberhalb ca. 800°C die Festigkeit wieder zu (HERRMANN 1988; HERRMANN et al. 1990).

Die im Experiment gefundenen Zusammenhänge zwischen Expositionstemperatur und Farbe des Leichenbrandes durch Restkohlenstoff lassen sich nicht ohne weiteres auf historische Leichenbrände übertragen, da Faktoren wie lokale Sauerstoffzufuhr und Einwirkungsdauer bestimmter Temperaturen zunächst nicht rekonstruierbar sind (für Einzelfälle s.u. «Clinker»).

In den mineralischen Anteilen des nativen Knochens (Hydroxylapatit, Octacalciumphosphat, amorphe Calciumphosphate) finden bei Temperaturen oberhalb 800°C Festkörperreaktionen statt, in deren Verlauf zunächst Diphosphate gebildet werden, die dann mit dem Hydroxylapatit zu  $\beta$ -Tricalciumphosphat reagieren. Dieses Produkt stellt eine Hochtemperaturmodifikation von Apatit dar und bildet den charakteristischen Anteil des verbrannten Knochens. Die Neuordnung des Strukturgefüges führt durch Rekristallisationsreaktionen zu einer verbesserten Kristallinität des verbrannten Knochens, die sich im Röntgenstrukturdiagramm darstellen läßt. Aus der geringeren Löslichkeit von  $\beta$ -Tricalciumphosphat resultieren die gegenüber nativem Knochen verbesserten Erhaltungsaussichten (HERRMANN et al. 1990; HUMMEL et al. 1988).

Die thermisch induzierten Veränderungen des Strukturgefüges führen zu der für Brandknochen charakteristischen Schrumpfung. Die grundlegenden Beziehungen zwischen Expositionstemperatur und Schrumpfung sind von HERRMANN (1977) an kompakter Knochensubstanz erarbeitet worden. Untersucht wurde die Schrumpfung in Längsrichtung des Knochens an gleichlangen Kompaktazyklindern. Danach kommt es zwischen 150°C und 300°C zu einem ersten geringen Volumenverlust, der wahrscheinlich durch eine Schrumpfung der Kollagenfibrillen der organischen Phase des Knochens verursacht wird. Gleichzeitig tritt zu diesem Zeitpunkt das adsorptiv an das Knochenmineral gebundene Kristallwasser aus. Oberhalb 300°C gewinnt der Knochen wieder geringfügig an Volu-



men durch die wärmebedingte Materialausdehnung, erreicht aber nicht das Ausgangsvolumen. Diese Phase, in der sich Schrumpfung und Ausdehnung etwa die Waage halten, reicht bis ca. 600°C. Werden diese Temperaturen überschritten, kommt es zu einer deutlichen Zunahme der Schrumpfung, die sich bei ca. 1000°C zunächst verlangsamt, um bei Erhöhung der Expositionstemperatur weiter anzusteigen.

Das Ausmaß der Schrumpfung in Längsrichtung des Knochens ist allerdings abhängig von der Länge des hitzeexponierten Diaphyestückes (HUMMEL & SCHUTKOWSKI 1986a; experimentelle Verbrennungen bei 1000°C) (3). Der Schrumpfungsbetrag für ein vollständiges Femur ist danach bei etwa 5% anzusetzen. Je kürzer das Fragment ist, desto größer ist der Schrumpfungsbetrag. Im Experiment wurden für 1–2cm lange Stücke Schrumpfungsbeträge von bis zu 20% festgestellt. Dieser Betrag dürfte das Maximum der in Längsrichtung auftretenden Schrumpfung darstellen.

Für die Querschrumpfung von Diaphysenkompakta wurde ein durchschnittlicher Betrag von ca. 27% gefunden (HUMMEL & SCHUTKOWSKI 1986a). Dabei zeigt sich als Tendenz, daß Stücke mit dünnerer Kompakta stärker schrumpfen als solche mit dickeren Wandstärken. Die Schrumpfung von Teilstrecken über den Knochenquerschnitt unterscheidet sich dagegen praktisch nicht.

Auffällig ist der deutliche Unterschied in der Größenordnung von Längs- und Querschrumpfung.

Das Schrumpfungsverhalten spongiöser Knochenareale ist exemplarisch am Caput femoris untersucht worden (GRUPE & HERRMANN 1983). Für Expositionstemperaturen von 1000°C ergab sich ein Schrumpfungsbetrag von etwa 13%. Auf diese Untersuchung gründet sich die diagnostisch bedeutsame Möglichkeit einer Rekonstruktion der Körperhöhe aus dem Krümmungsradius des Femurkopfes.

Das Ausmaß der Schrumpfung eines hitzeexponierten Knochens ist neben Einflüssen, die sich aus dem strukturellen Aufbau der Knochensubstanz erklären lassen, darüber hinaus vom Mineralgehalt des Knochens abhängig (HERRMANN 1977). Wegen der ungleichmäßigen Verteilung des Minerals kommt es zu disproportionaler Schrumpfung. In der Folge entstehen die für Leichenbrände typischen Rißmuster, Torsionen, Aufwerfungen und Fragmentierungen des Materials. Auf den Diaphysen von Langknochen finden sich gelegentlich elliptische Rißmuster, die mit Isoklinen aus spannungsoptischen Belastungsversuchen in Zusammenhang gebracht werden können. Es werden aber auch quer und längs zur Schaftachse verlaufende Rißbildungen beobachtet. Auf Gelenkoberflächen und dem Schädeldach treten typischerweise unregelmäßige, craqueléartige Rißmuster auf.

### **Diagnostische Konsequenzen**

Für die anthropologische Bearbeitung von Leichenbränden gilt, daß grundsätzlich dieselben Merkmale für eine Diagnose geeignet sind, welche auch bei der Befundung von Körpergrabskeletten verwendet werden (HERRMANN 1972; 1988; WAHL 1982). Die spezielle Qualität von Leichenbränden erfordert jedoch wegen der genannten thermisch induzierten Veränderungen von Struktur und Textur des Knochens eine Anpassung der Methoden an den typischen Erhaltungszustand. Wegen des oft hohen Fragmentierungsgrades und Formveränderungen gegenüber nativem Knochen, sind die klassischen morphognostischen Verfahren zwar prinzipiell, im Einzelfall jedoch häufig nicht mehr anwendbar. Dies trifft besonders auf erwachsene Individuen zu. Daraus folgt, daß zusätzliche spezifische Methoden, vor allem für die Alters- und Geschlechtsdiagnose, nötig sind, die bei gegebenem Erhaltungszustand auf möglichst alle Partien gleichermaßen angewendet werden können und somit weitgehend



unabhängig von der Repräsentanz einzelner Skelettelemente oder ganzer Skelettregionen sind.

Für die **Geschlechtsdiagnose** kommen in vermehrtem Maße metrische Verfahren zur Anwendung. Dies betrifft zum einen die Geschlechtsbestimmung über Diskriminanzfunktionen mit Maßen der Pars petrosa ossis temporalis (Felsenbein). Dieses Skelettelement ist aufgrund seiner kompakten Binnenstruktur auch in Leichenbränden sehr häufig erhalten. Über verschiedene Kombinationen von Meßstrecken ist es möglich, auch fragmentarisch erhaltene Felsenbeine für die Diagnose einzusetzen. Die Bestimmungssicherheit der Funktionen liegt bei 75% (SCHUTKOWSKI 1983).

Ein zweites metrisches Verfahren betrifft die Messung von Wandstärkenden an Diaphysen und der Calotte des Schädels, Skelettelementen also, die in nahezu jeder Leichenbrandpartie auftreten. Wandstärken weiblicher Individuen sind aufgrund ihrer Grazilität im Mittel geringer als die männlicher Individuen. Diese Unterschiede werden durch die Verbrennung noch verstärkt, da bei der Querschrumpfung Stücke mit geringeren Wandstärken stärker schrumpfen, als solche mit dickeren Wandstärken (s.o.). Gestützt wird dieses Verfahren darüber hinaus durch die Abhängigkeit im Ausmaß der Schrumpfung vom Mineralgehalt der Knochen (HERRMANN 1977). Dieser ist bei weiblichen Individuen geringer als bei männlichen, so daß auch hier mit einer Veränderung der robustizitätsbedingten Geschlechtsunterschiede gerechnet werden kann. Über gruppeninterne Referenzwerte der Wandstärken von sicher geschlechtsbestimmten Individuen einer Serie können auf diese Weise zusätzlich ca. 20-25% vorher nicht geschlechtsbestimmbarer erwachsener Individuen einem Geschlecht zugeordnet werden (SCHUTKOWSKI & HUMMEL 1987).

Noch günstiger ist die Situation bei der **Diagnose des Individualalters**. Herkömmliche Methoden der morphnognostischen Altersdiagnose, etwa die «Komplexe Methode» (ACSADI & NEMESKÉRI 1970), entfallen in der Regel schon aufgrund des allgemeinen Erhaltungszustandes von Leichenbränden. Einzelmerkmale, wie der altersabhängige Verschuß der Schädelnähte, können durch thermische Nahtspreizung in ihrer ohnehin begrenzten Aussagekraft weiter eingeschränkt werden. Eine Altersschätzung der erwachsenen Individuen geht daher mit diesen Verfahren kaum über eine Klassifizierung wie «adult» oder «matur» (jeweils 20 Jahre) hinaus. Dagegen ermöglicht eine Altersdiagnose anhand histologischer Dünnschliffe eine genauere und sehr viel durchgängiger anwendbare Befundung. Benötigt wird dazu lediglich ein Stück kompakter Knochensubstanz, möglichst vom Oberschenkelknochen. Dies ist in nahezu jeder Partie vorhanden. Anhand des histologischen Präparates wird dann die Binnenstruktur des Knochens beurteilt, an der sich typische altersabhängige Veränderungen feststellen lassen (HERRMANN et al. 1990). Die Übernahme histologischer Methoden der Altersschätzung auf Leichenbrände ist erstmals von HERRMANN (1973) formuliert worden. Wichtige Grundlagen für die Übertragbarkeit dieser Methode konnten in Zusammenhang mit Untersuchungen zum Schrumpfungsverhalten hitzeexponierter Knochen erfaßt werden (HUMMEL & SCHUTKOWSKI 1986a;b): Die Schrumpfung über den Knochenquerschnitt ist linear, und die relative Anordnung der Strukturelemente und ihre relativen Größenverhältnisse bleiben nach der Verbrennung bestehen. Die histologische Altersschätzung läßt sich sowohl qualitativ als auch quantitativ mit vergleichbar guten Ergebnissen anwenden (HUMMEL & SCHUTKOWSKI 1992). Sie ermöglicht im günstigen Fall eine Einordnung wie z.B. «mitteladult» oder «frühmatur» (4). Für eine qualitative Altersschätzung ist allerdings eine große Erfahrung in der Beurteilung histologischer Präparate von verbranntem Material notwendig.

Eine noch genauere Altersdiagnose ist über die Erfassung von Zuwachsringen in der Zementschicht der Zahnwurzel möglich (GROSSKOPF 1989). Diese Zuwachsringe werden in einem circaannualen Rhythmus gebildet und ermöglichen



unter Berücksichtigung des mittleren Durchbruchalters des untersuchten Zahnes eine Genauigkeit in der Diagnose von  $\pm 3$  Jahren. Mit dieser Methode wird erstmals die Angabe genauerer Zahlen bei der Altersdiagnose auch für Leichenbrände möglich (5). Wegen der kontinuierlichen Apposition der Zuwachsringe während des gesamten Lebens können über diese Methode auch Individuen der senilen Altersgruppe erstmals genauer nach ihrem Sterbealter diagnostiziert werden. Voraussetzung für die Anwendung der Methode ist natürlich der Erhalt von Zahnwurzeln, der bei Leichenbränden nicht immer gegeben ist.

### **Chemische Untersuchungen**

In jüngster Zeit sind von GRUPE und HUMMEL (1991) erfolgreiche Arbeiten durchgeführt worden, die über chemische Analysen verbrannter Knochen den prinzipiellen Zugang zum Nahrungsverhalten auch von solchen Bevölkerungen erlauben, deren Skelettreste als Leichenbrand vorliegen (vgl. auch HERRMANN & GRUPE 1988). Der Gehalt bestimmter Spurenelemente im Knochen läßt Aussagen darüber zu, ob mehr pflanzliche oder animalische Kost oder aber terrestrische oder marine Nahrungsbestandteile konsumiert wurden. Die entscheidenden Voraussetzungen für eine solche Rekonstruktion der Nahrungsgewohnheiten konnte im Experiment erbracht werden, nämlich die Möglichkeit, von dem Gehalt bestimmter Elemente des verbrannten Knochens auf diejenigen des nativen Knochenmaterials zurückschließen. Dies ist einerseits nötig, weil sich die Referenzwerte von Ernährungsuntersuchungen aus naheliegenden Gründen auf unverbranntes Material beziehen, andererseits, weil unter den Bedingungen der Verbrennung Elemente über die Gasphase auch ausgetrieben werden. Für die Analytik von Spurenelementen an verbrannten Knochen sind für die Zukunft weitere erfolgversprechende Untersuchungen zu erwarten.

Ebenfalls in den Bereich der chemischen Analysen gehört die Untersuchung sogenannter «Clinker». Es sind dies meist sphärische, erbs- bis haselnußgroße Konkretionen mit kavernenartigen Eintiefungen und häufig glasig schimmernder Oberfläche. Diese Fragmente sind anatomisch dem Skelett zwar nicht zuzuordnen, können aber unter den Bedingungen historischer Leichenverbrennung aus einer Reaktion mit dem Knochenmineral entstehen. Mit Hilfe von Röntgenstrukturanalysen und einer energiedispersiven Mikroanalyse der an ihrer Entstehung beteiligten Elemente, konnten sie als Knochenschmelzen identifiziert werden (SCHUTKOWSKI et al. 1987). In Anwesenheit von Flußmitteln aus den Holzaschen der Scheiterhaufen kann die Schmelztemperatur von Knochen (ca. 1645°C) um mehrere hundert Grad herabgesenkt werden. Wiedererhitzungsexperimente mit Clinkern ergaben Entstehungstemperaturen von 1000-1100°C. Damit wird es möglich, im Einzelfall tatsächlich Verbrennungsbedingungen in historischer Zeit zu rekonstruieren, die zumindest lokal im Scheiterhaufen geherrscht haben (6).

### **Bevölkerungsgeschichtliches Beispiel**

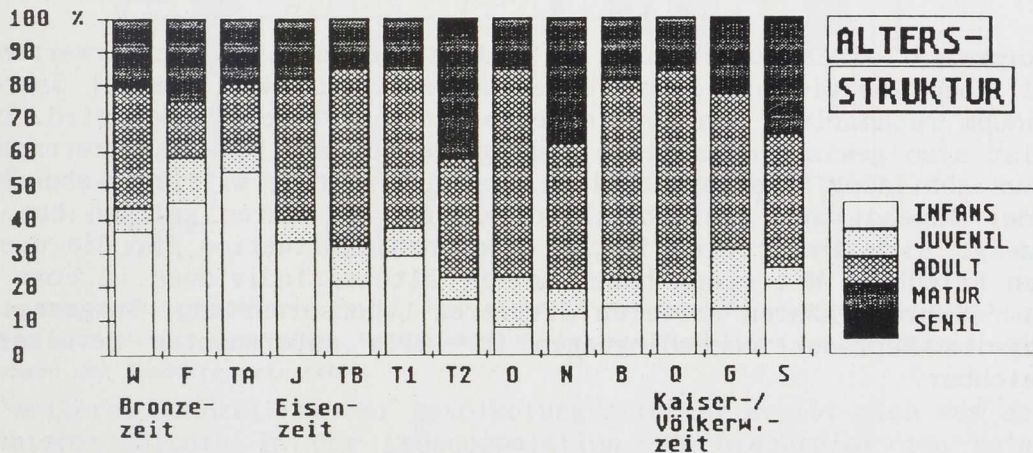
Dem Beispiel liegt die zusammenhängende Bearbeitung von 13 Urnenfriedhöfen mit einem Gesamtumfang von ca. 2000 Individuen zugrunde. Die Untersuchung verfolgte einen regional-diachronen Ansatz im Gebiet Mittel- und Ostholsteins. Die Zeitstellung der Friedhöfe reichte von der jüngeren Bronzezeit bis in die Völkerwanderungszeit. Ziel des Projektes war die Erfassung von Bevölkerungswandel anhand von Lokalpopulationen aus einem naturräumlich begrenzten Siedlungsgebiet (ausführliche Hinweise in HINGST, HUMMEL &



SCHUTKOWSKI 1991) (7). Einige Aspekte sollen hier kurz angesprochen werden.

Demographische Aspekte

Abbildung 1 zeigt vergleichend in chronologischer Abfolge die Altersstrukturen der untersuchten Bevölkerungen. Es lassen sich einige charakteristische Verschiebungen der relativen Anteile von Altersgruppen fassen: Ein auffälliger Befund ist die generelle Abnahme der Kindersterblichkeit im Untersuchungszeitraum. Während in der jüngeren Bronzezeit der Anteil verstorbener Kinder bei ca. 45% liegt, sinkt er während der älteren vorrömischen Eisenzeit auf knapp 30% und liegt in den nachfolgenden Perioden bei ca. 15%. In der späteren Kaiserzeit und der Völkerwanderungszeit ist wieder ein geringfügiges Ansteigen der Kindersterblichkeit zu beobachten. Demgegenüber ist die Sterblichkeit der jugendlichen Individuen, trotz geringer Schwankungen, insgesamt gleichmäßig über die Zeit. Deutlich wird jedoch eine allgemeine Zunahme der Sterblichkeit in der adulten Altersgruppe. Dagegen sind mature Individuen in der Altersverteilung relativ gleichmäßig vertreten, senile Individuen finden sich nur in 9 von 13 Gräberfeldern.



**Abb. 1.** Relative Anteile der Altersgruppen in 13 Bevölkerungen aus Urnenfriedhöfen Schleswig-Holsteins. Infans: 0-12 Jahre, Juvenil: 13-18(20) Jahre, Adult: 20-40 Jahre, Matur: 40-60 Jahre, Senil: >60 Jahre. Altersdiagnosen zusammengefaßt zu Altersgruppen. W: Wahlstedt, F: Neumünster-Faldera, TA: Neumünster-Tungendorf A, J: Jevestedt, TB: Neumünster-Tungendorf B, T1: Groß-Timmendorf 1, T2: Groß-Timmendorf 2, O: Owschlag, N: Nettelsee, B: Bösdorf, Q: Quarnbek, G: Gettorf, S: Schmalstede. Friedhöfe in chronologischer Reihenfolge

Eine Verknüpfung der Angaben zur Altersverteilung mit Daten, welche die Möglichkeiten der Bevölkerungsentwicklung einer Population beschreiben können, ist über die Berechnung der mittleren Lebenserwartung möglich. Abbildung 2 zeigt die mittlere Lebenserwartung der 0-6jährigen. Zwischen der Sterblichkeit und der mittleren Lebenserwartung dieser Altersgruppe besteht eine enge Beziehung. Der insgesamt abnehmenden Kindersterblichkeit von der Bronze- bis zur Völkerwanderungszeit entspricht eine tendenziell steigende Lebenserwartung für diese Altersgruppe im Untersuchungszeitraum. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß bei der Berechnung der Lebenserwartung auch die Gesamtaltersstruktur einer Bevölkerung eingeht. Die relativ hohe mittlere Lebenserwartung der Kinder aus den Friedhöfen Groß-Timmendorf 2, Nettelsee und Schmalstede erklärt sich daher aus dem vergleichsweise hohen Anteil maturer und seniler Individuen dieser Populationen. Davon bleibt jedoch der allgemeine Eindruck einer Zunahme der mittleren Lebenserwartung der Kleinkinder unberührt. Dieser Wert reflektiert also das Sterberisiko während der ersten Lebensjahre. Von größerer Bedeutung für die Entwick-



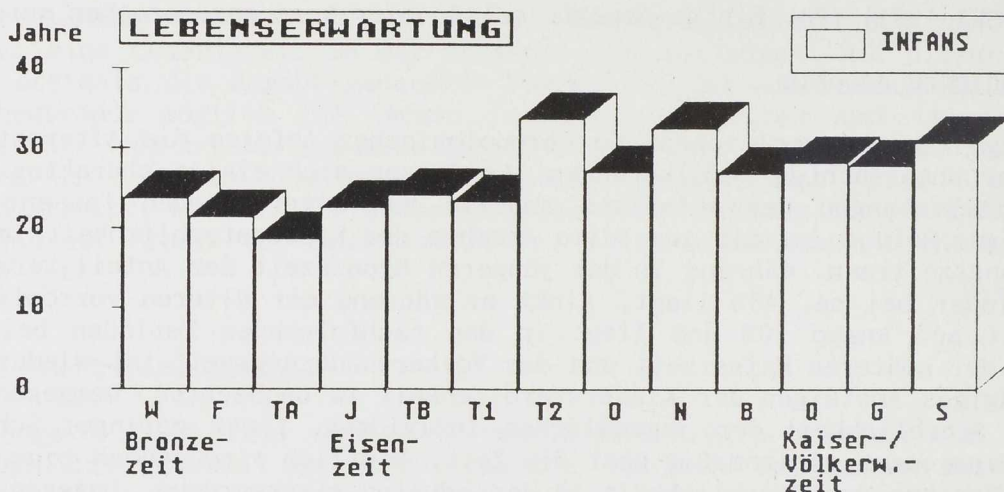


Abb. 2. Mittlere Lebenserwartung der 1-6jährigen in 13 Bevölkerungen aus Urnenfriedhöfen Schleswig-Holsteins. Abkürzungen der Fundorte vgl. Abb. 1.

lungskapazität einer Bevölkerung ist jedoch die weitere Lebenserwartung der jugendlichen Individuen, denn sie entscheidet darüber, wieviel Jahre ein Individuum rechnerisch von seiner reproduktiven Phase erleben wird. Dieser Wert ist also gewissermaßen eine Stellgröße für mögliche Bevölkerungsdynamik. Aus Abbildung 3 ist ersichtlich, daß die weitere mittlere Lebenserwartung der Jugendlichen gleichbleibend bei gut 20 Jahren gelegen hat. Auch hier zeigt sich wieder eine leicht abweichende Situation für die drei genannten Friedhöfe mit einem hohen Anteil älterer Individuen in Form einer um ca. 5 Jahre erhöhten weiteren mittleren Lebenserwartung. Insgesamt sind jedoch die Reproduktionsbedingungen für alle untersuchten Bevölkerungen vergleichbar.

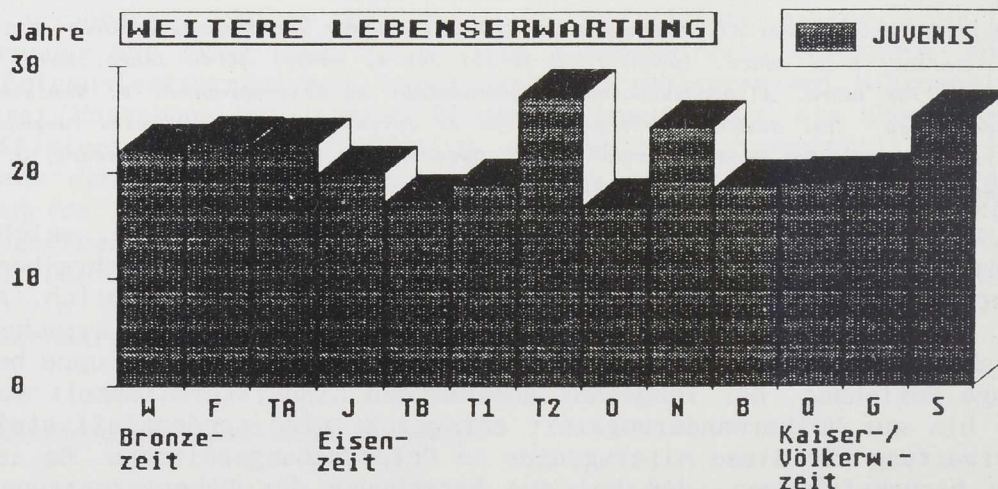


Abb. 3. Weitere mittlere Lebenserwartung der Jugendlichen in 13 Bevölkerungen aus Urnenfriedhöfen Schleswig-Holsteins. Abkürzungen der Fundorte vgl. Abb. 1.

Die Angaben zur Altersstruktur der Bevölkerungen und Lebenserwartungen der Kleinkinder als Ausdruck eines Bevölkerungswandels finden ihre Entsprechung in den archäologischen Befunden (HINGST, HUMMEL & SCHUTKOWSKI



1990): Die hohe Kindersterblichkeit in den Gräberfeldern der jüngeren Bronzezeit deckt sich mit der ärmlichen Ausstattung dieser Gräberfelder bezüglich der archäologischen Beifunde. Das Absinken der Kindersterblichkeit und die tendenzielle Zunahme der Lebenserwartung im Verlauf der Eisenzeit und der Kaiserzeit läßt sich parallelisieren mit einer in der Zahl der Gräberfelder dokumentierten Zunahme der Bevölkerung und dem Ansteigen eines gewissen Wohlstandes der Bevölkerung, der sich in der Art und Menge der Beigaben widerspiegelt. Dies wird nachhaltig gestützt durch den zunehmenden Anteil der adulten Bevölkerung im Untersuchungszeitraum.

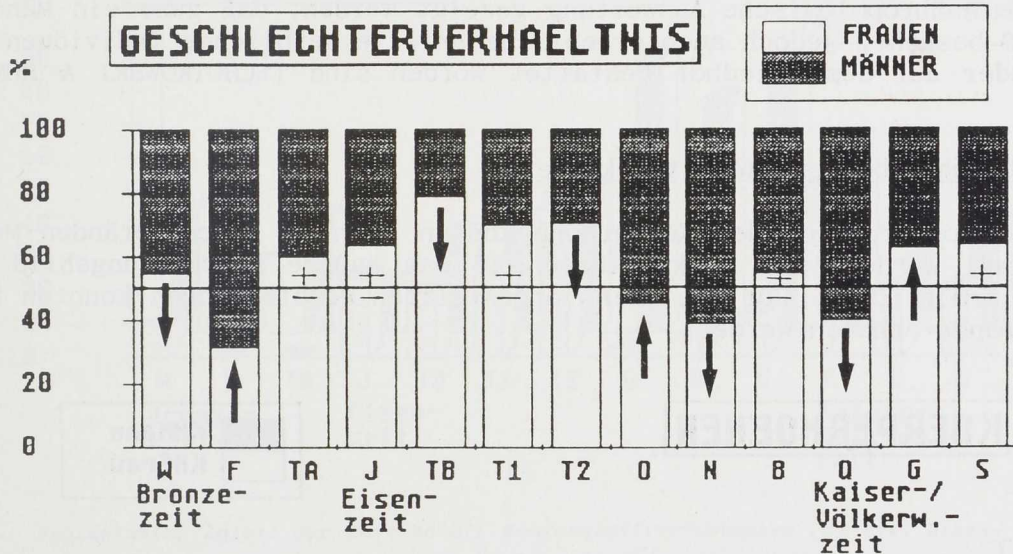


Abb. 4. Geschlechterverhältnis in 13 Bevölkerungen aus Urnenfriedhöfen Schleswig-Holsteins. Angegeben sind die tendenziellen Verschiebungen der Sexualrealition in der Lebendbevölkerung. Abkürzungen der Fundorte vgl. Abb. 1.

Ein weiteres Kennzeichen der Bevölkerungsstruktur ergibt sich aus dem Geschlechterverhältnis in der Lebenpopulation. Es beschreibt den relativen Anteil der gleichzeitig in einer Bevölkerung lebenden Männer und Frauen und läßt sich rechnerisch über den Maskulinitätsindex ( $MI = \text{Anzahl Männer} \times 100 / \text{Anzahl Frauen}$ ) angeben. Dabei kennzeichnet ein  $MI \sim 100$  ein ausgewogenes Geschlechterverhältnis in der Lebenpopulation. Da ein Friedhof jedoch im Normalfall die Bevölkerung mehrerer Generationen umfaßt, muß für die Charakterisierung der Lebendbevölkerung eine mögliche differentielle Sterblichkeit der Geschlechter berücksichtigt werden. Löst man z.B. das Geschlechterverhältnis auf dem Friedhof von Wahlstedt (erste Spalte in Abb. 4; in der Summe etwas mehr Frauen als Männer) nach der differentiellen Sterblichkeit der Geschlechter auf (HUMMEL & SCHUTKOWSKI 1991), so zeigt sich, daß für die Frauen der Sterbegipfel in den Altersklassen mittel-spätadult liegt, während die männliche Bevölkerung ein Maximum in den Altersklassen spätadult-frühhatur aufweist. Der Sterbegipfel liegt bei den Männern also später als bei der weiblichen Bevölkerung. In der Lebendbevölkerung war das Geschlechterverhältnis also etwa ausgeglichen. Abbildung 4 zeigt die Veränderungen im Geschlechterverhältnis, wie sie sich nach der Korrektur durch die differentielle Sterblichkeit darstellen. Danach ergibt sich folgende Übersicht:

Für die Gräberfelder der späten Kaiser- sowie der Völkerwanderungszeit könnte ein geringer Frauenüberschuß und für die jüngere vorrömische Eisenzeit und die frühe Kaiserzeit ein Männerüberschuß angenommen werden. Im Zusammenhang mit der archäologischen Auswertung zeigt sich, daß ein Männer- oder Frauenüberschuß zwar als kennzeichnendes Merkmal einzelner Gräberfel-



der ausgewiesen werden kann, jedoch nicht unbedingt an bestimmte Zeithorizonte gebunden zu sein scheint. Vielmehr ergab sich eine auffällige Übereinstimmung mit der Beigabensituation in der Weise, daß Gräberfelder mit einem geringen Frauenüberschuß auch diejenigen waren, welche als beigebereich angesprochen werden müssen (HINGST et al. 1990).

Abstand genommen werden sollte in jedem Fall von der zeitweilig geäußerten Annahme, daß ein überwiegendes Auftreten bestimmter keramischer Forminventare auf eine geschlechtsgebundene Nutzung von Gräberfeldern deuten könnte (8). Am Beispiel des Friedhofes von Nettelsee, Kr. Plön aus der vorrömischen Eisenzeit, der als sogenannter «Männerfriedhof» galt, konnte durch die anthropologische Auswertung gezeigt werden, daß zwar ein Männerüberschuß besteht, jedoch auch erhebliche Anteile weiblicher Individuen und auch Kinder auf dem Friedhof bestattet worden sind (SCHUTKOWSKI & HUMMEL 1986).

Aspekte beschreibender Skelettmerkmale

Mit der Rekonstruktion der Körperhöhe können auch an Leichenbränden Merkmale erfaßt werden, die Rückschlüsse auf das äußere Erscheinungsbild der Menschen ermöglichen. Für die hier vorgestellten Bevölkerungen konnten folgende Befunde erhoben werden:

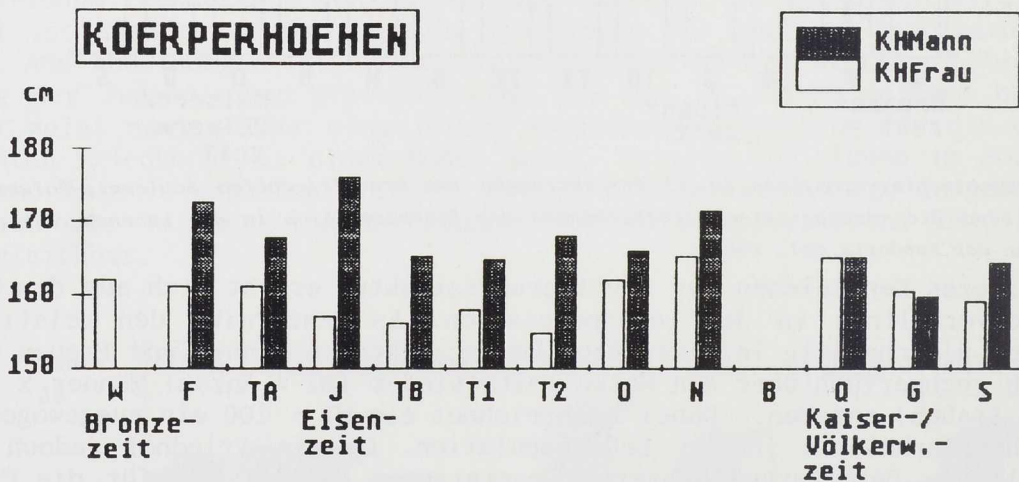


Abb. 5. Vergleich der mittleren Körperhöhen von Männern und Frauen in 13 Bevölkerungen aus Urnenfriedhöfen Schleswig-Holsteins. Abkürzungen der Fundorte vgl. Abb. 1.

In der zeitlichen Abfolge der Gräberfelder nimmt die Differenz in der Körperhöhe zwischen den Geschlechtern ab (Abb. 5). Während für die Serien der Bronzezeit und der älteren vorrömischen Eisenzeit die Differenz bei durchschnittlich 11cm liegt, beträgt sie in den Serien der jüngeren vorrömischen Eisenzeit sowie der Kaiser- und Völkerwanderungszeit nur noch durchschnittlich 3cm. Hier ergibt sich ein aufschlußreicher Parallelbefund in bezug auf die Ausprägung der Robustizitätsmerkmale am Skelett zwischen den Geschlechtern. Sowohl morphologische als auch metrisch erfaßbare Robustizitätsunterschiede nehmen ab. Während bei den zeitlich früheren Friedhöfen eine Trennung der Geschlechter über Messungen der Wandstärken von Diaphysen und Calotte (s.o.) gut möglich war, konnte eine solche Trennung wegen des sehr geringen Geschlechtsdimorphismus z.B. bei der Serie von Gettorf nicht mehr erfolgen. Hier zeichnet sich also möglicherweise ein Trend ab, wonach eine



zunehmende Grauzisierung in der Skelettmorphologie, wie sie für Körpergrabskelette seit dem Mesolithikum erkennbar ist (SCHWIDETZKY 1971), mit einer Angleichung der Körperhöhen zwischen den Geschlechtern verknüpft ist. Eine solche mikroevolutive Entwicklung könnte begünstigt sein durch die naturräumliche Abgrenzung des Untersuchungsgebietes durch ausgedehnte Moore und Niederungen gegen das westholsteinische Gebiet, für das relativ robuste Populationen beschrieben worden sind (HINGST, HUMMEL & SCHUTKOWSKI 1990).

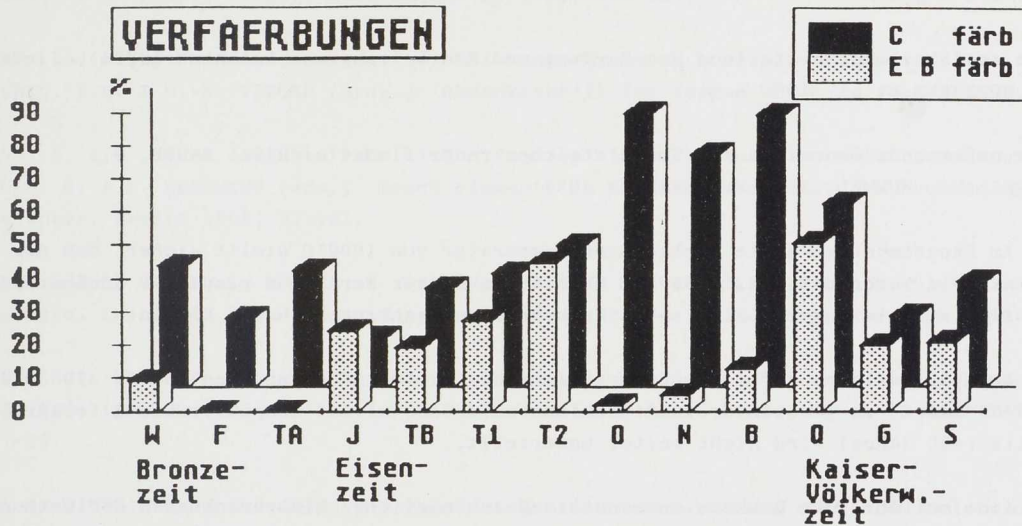


Abb. 6. Prozentualer Anteil der Partien mit Kohlenstoffverfärbungen (C) bzw. Eisen- und Bronzeverfärbungen (E B) aus 13 Urnenfriedhöfen Schleswig-Holsteins. Abkürzungen vgl. Abb. 1.

### Aspekte der Bestattungssitte

Die Vollständigkeit der Verbrennung ist u.a. abhängig von der Expositionstemperatur und der Einwirkungsdauer bestimmter Temperaturen. Der Grad der Verbrennung kann über die systematische Aufnahme von Kohlenstoffverfärbungen im Knochen erfaßt werden. Anteile von Restkohlenstoff fanden sich in Partien sämtlicher untersuchter Friedhöfe. Ihre relative Häufigkeit variiert jedoch deutlich (Abb. 6). Für die Serien der Bronzezeit und der älteren vorrömischen Eisenzeit liegen die Anteile bei gut 30% aller Partien. Bei den Serien der jüngeren vorrömischen Eisenzeit und der Kaiserzeit sind dagegen etwa 70% der Partien betroffen. Demgegenüber treten Eisen- und Bronzeverfärbungen am Knochen von mitverbrannten Beigaben besonders in der älteren vorrömischen Eisenzeit sowie der späten Kaiser- und der Völkerwanderungszeit auf. Die Unterschiede in der Häufigkeit von Metallverfärbungen stimmen weitgehend mit den bislang publizierten Befunden zur Beigabensituation aus diesen Zeithorizonten überein (MENKE 1972; HINGST 1986). Stellt man Kohlenstoff- und Metallverfärbungen einander gegenüber, so wird erkennbar, daß in Serien, in denen besonders hohe Anteile unvollständig verbrannter Knochen auftreten, auch der Anteil an Metallverfärbungen am geringsten ist. Zwei Begründungen für die hohen Anteile primärer Kohlenstoffverfärbungen sind denkbar: entweder wurde in den entsprechenden Zeiten die Verbrennungstechnik nicht beherrscht, oder der Verbrennungsvorgang ist intendiert unterbrochen worden. Andererseits könnte der Grund auch in einer zunehmenden Verknappung der Holzressourcen, die für die Verbrennung benötigt werden, liegen. Dies wäre in Einklang zu bringen mit dem gleichzeitigen deutlichen



## Das aktuelle Thema: Anthropologie

Rückgang der Metallverfärbungen, gemeinsam mit der relativ beigabenarmen Ausstattung der Friedhöfe. Ursache hierfür wäre ebenfalls eine Brennstoffverknappung, in diesem Fall jedoch für die Metallverhüttung. Auch wenn in diesem Zusammenhang eingehende Untersuchungen zum Energiebedarf und dem Ressourcenangebot noch ausstehen, wird deutlich, daß hier über den Primärfund am Leichenbrand unmittelbar umweltgeschichtliche Bezüge gegeben sind.

### A n m e r k u n g e n

- (1) Eine ausführliche Darstellung der Bergung und Bearbeitung von Leichenbränden befindet sich bei HERRMANN et al. 1986
- (2) Eine umfassende Übersicht zum Thema «Leichenbrand» findet sich in: LANGE, M., SCHUTKOWSKI, H., HUMMEL, S. & B. HERRMANN 1987
- (3) Die im Experiment gewählte Verbrennungstemperatur von 1000°C stellt sicher, daß der Knochen vollständig verbrannt ist. Außerdem bezeichnet dieser Wert eine plausible Annäherung an Temperaturen, wie sie unter historischen Verbrennungen geherrscht haben können.
- (4) Die Angaben basieren auf einer Unterteilung der großen Altersgruppen (Adult: 20-30 Jahre, Matur: 40-60 Jahre) in jeweils drei Altersklassen (früh-, mittel-, spät-). Die Altersgruppe des Senilis (>60 Jahre) wird nicht weiter unterteilt.
- (5) Für eine ausführliche Diskussion einschließlich möglicher Einschränkungen der Methode vgl. GROSSKOPF 1990
- (6) Zur Nutzung verschiedener Holzarten für die Leichenverbrennung in historischer Zeit siehe HERRMANN 1990
- (7) Die archäologisch-anthropologische Untersuchung vorgeschichtlicher Urnenfriedhöfe aus Schleswig-Holstein wurde mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Landes Schleswig-Holstein unterstützt. Sie wurde in enger Kooperation zwischen dem Landesamt für Denkmalpflege von Schleswig-Holstein (Prof. Dr. J. REICHSTEIN, Dr. H. HINGST) und dem Institut für Anthropologie, Universität Göttingen, Abteilung Prähistorische Anthropologie und Umweltgeschichte (Prof. Dr. B. HERRMANN) durchgeführt.
- (8) Zur Problematik der Topf- bzw. Terrinenfriedhöfe siehe z.B. HINGST 1986

### L i t e r a t u r

- ACSÁDI, G. & NEMESKÉRI, J. (1970) History of human life span and mortality. Akademiai Kiado, Budapest 1970.
- GROSSKOPF, B. (1989) Incremental lines in prehistoric cremated teeth. A technical note. Z. Morph. Anthrop. 77, 1989, 309-311.
- GROSSKOPF, B. (1990) Individualaltersbestimmung mit Hilfe von Zuwachsringen im Zement bodengelagerter menschlicher Zähne. Z. Rechtsmed. 103, 1990, 351-359.
- GRUPE, G. & B. HERRMANN (1983) Über das Schrumpfungsverhalten experimentell verbrannter spongioser Knochen am Beispiel des Caput femoris. Z. Morph. Anthrop. 74, 1983, 121-127.



- GRUPE, G. & S. HUMMEL (1991) Trace element studies on experimentally cremated bone. I. Alteration of the chemical composition at high temperatures. *J. Archaeol. Sci.* 18, 1991, 177-186.
- HERRMANN, B. (1972) Das Combe Capelle-Skelett. Eine Untersuchung der Brandreste unter Berücksichtigung thermoinduzierter Veränderungen an Knochen. *Ausgr. Berlin* 3, 1972, 7-69.
- HERRMANN, B. (1973) Möglichkeiten histologischer Untersuchungen an Leichenbränden. *Mitt. d. Berl. Ges. f. Anthrop., Ethnol. u. Urgesch.* 2, 1973, 164-167.
- HERRMANN, B. (1990) Hinweise auf die zur Leichenverbrennung benutzten Holzarten. In: ANDRASCHKO, F.M. & W.-R. TEEGEN (Hrsg.) *Gedenkschrift für Jürgen Driehaus*. Mainz 1990, 91-96.
- HERRMANN, B. & G. GRUPE (1988) Trace element content in prehistoric cremated human remains. In: GRUPE, G. & B. HERRMANN (eds.) *Trace elements in environmental history. Proceedings of life sciences*. Berlin 1988, 91-101.
- HERRMANN, B., G. GRUPE, S. HUMMEL, H. PIEPENBRINK & H. SCHUTKOWSKI (1990) *Prähistorische Anthropologie. Leitfaden der Feld- und Labormethoden*. Berlin, Heidelberg, New York 1990.
- HERRMANN, B. & G. GRUPE (Inst. Wiss. Film 1985) *Bergung und Bearbeitung von Leichenbränden (Film C 1590)*. Publikation zum Film. *Publ. wiss. Filmen, Sekt. Biol., Serie 18,40/C 1590*, 1985, 1-13.
- HINGST, H. (1986) *Urnenfriedhöfe der vorrömischen Eisenzeit aus dem östlichen Holstein und Schwansen*. Offa-Bücher 58. Neumünster 1986.
- HINGST, H., S. HUMMEL & H. SCHUTKOWSKI (1990) *Urnenfriedhöfe aus Schleswig-Holstein. Leichenbranduntersuchungen und kulturkundliche Analysen*. *Germania* 68, 1990, 167-222.
- HUMMEL, S. & H. SCHUTKOWSKI (1986a) Das Verhalten von Knochengewebe unter dem Einfluß höherer Temperaturen - Bedeutungen für die Leichenbranddiagnose. *Z. Morph. Anthrop.* 77, 1986, 1-9.
- HUMMEL, S. & H. SCHUTKOWSKI (1986b) Neue Ansätze in der Leichenbranduntersuchung. In: HERRMANN, B. (Hrsg.) *Innovative Trends in der Prähistorischen Anthropologie*. *Mitt. d. Berl. Ges. f. Anthrop., Ethnol. u. Urgesch.* 7, 1986, 141-146.
- HUMMEL, S. & H. SCHUTKOWSKI (im Druck) *Vorgeschichtliche Bevölkerungen in Schleswig-Holstein. - Leichenbranduntersuchungen von Urnenfriedhöfen Mittel- und Ostholsteins im diachronen Vergleich*. *Offa* 48, im Druck.
- MENKE, M. (1972) *Die jüngere Bronzezeit in Holstein*. Offa-Bücher 25. Neumünster 1972.
- SCHUTKOWSKI, H. (1983) Über den diagnostischen wert der Pars petrosa ossis temporalis für die Geschlechtsbestimmung. *Z. Morph. Anthrop.* 74, 1983, 129-144.
- SCHUTKOWSKI, H. & S. HUMMEL (1986) *Ergebnisse der anthropologischen Bearbeitung der Leichenbrände des Friedhof Nettelsee, Kr. Plön, aus der vorrömischen Eisenzeit*. Offa-Bücher 58. Neumünster 1986, 161-178.
- SCHUTKOWSKI, H. & S. HUMMEL (1987) Variabilitätsvergleich von Wandstärken für die Geschlechtszuweisung an Leichenbränden. *Anthrop. Anz.* 45, 1987, 43-47.
- SCHUTKOWSKI, H., S. HUMMEL, K.H. NITSCH & B. HERRMANN (1987) *Struktur- und Elementanalysen sogenannter Clinker aus Brandgräbern*. *Arch. Korr.* 17, 1987, 401-404.



*Das aktuelle Thema: Anthropologie*

SCHWIDETZKY, I. (1971) **Hauptprobleme der Anthropologie. Bevölkerungsbiologie und Evolution des Menschen.** Freiburg 1971.

WAHL, J. (1982) **Leichenbranduntersuchungen. Ein Überblick über die Bearbeitungs- und Aussagemöglichkeiten von Brandgräbern.** Prähist. Z. 57, 1982, 1-125.

Dr. Holger Schutkowski  
Georg-August-Universität  
Institut für Anthropologie  
Bürgerstr. 50  
3400 Göttingen