

Originalarbeiten / Original Works

**Ein Beitrag zur metrischen Geschlechtsdiagnose
verbrannter und unverbrannter menschlicher Knochenreste –
ausgearbeitet an der *Pars petrosa ossis temporalis***

Joachim Wahl

Anthropologisches Institut der Universität Mainz, Saarstr. 21, D-6500 Mainz, Bundesrepublik Deutschland

**A Contribution Towards Metrical Sex Determination
of Cremated and Uncremated Human Bone Remains,
Worked out at the *pars petrosa ossis temporalis***

Summary. A new method for sex diagnosis is presented; the uni-, di-, and multivariate analysis of the Pars petrosa, which is a part of the temporal bone. This work was initiated because the Pars petrosa can be found very often among human cremation remains. Two different discriminant functions were worked out, and their comparison shows the great value of considering all the characteristics. Consideration of three measurements can give a sex determination of remarkable accuracy (about 80%). Even the uni- and bivariate examinations yield important leads. The last part of this work deals with the possibility of applying the method to cremated bones. The most important point to consider is the shrinking of burnt bones. Appropriate new mean values of the first three measurements and an adapted sectioning point are given. Yet, even without shrinkage-correction the functions possess great reliability in the application on cremated material.

Key words: Sex determination, pars petrosa – Human bone remains, cremated and uncremated, sex determination

Zusammenfassung. Die vorliegende Arbeit präsentiert eine neue Methode zur Geschlechtsdiagnose, eine uni-, di- und multivariate Analyse der Pars petrosa, eines Teiles des Schläfenbeines – angeregt durch das häufige Auftreten dieser Struktur in Leichenbränden. Wie der Vergleich der Irrtumswahrscheinlichkeiten zweier Diskriminanzfunktionen zeigt, erweist sich die Einbeziehung aller erhobenen Variablen als vorteilhaft. Schon die Berücksichtigung von nur drei Maßen führt zu einer geringeren Fehlerquote bei der Geschlechtszuweisung als bei einigen konventionellen Verfahren. Abschließend wird das Problem der Schrumpfung für die Übertragbarkeit der Methode auf Leichen-

brandmaterial erörtert, und schrumpfungskorrigierte Mittelwerte der Variablen 1 bis 3 sowie ein neuer Trennwert errechnet. Aber selbst ohne Schrumpfungskorrektur besitzen die erarbeiteten Werte und Funktionen bei direkter Anwendung auf Brandknochen eine große Zuverlässigkeit.

Schlüsselwörter: Geschlechtsbestimmung, Pars petrosa – verbrannte Knochen-teile, Geschlechtsbestimmung

Vorbemerkung und Fragestellung

Die Geschlechtsdianose an kremiertem Skelettmaterial basiert grundsätzlich auf den gleichen Kriterien wie bei unverbrannten Knochenresten (Acsádi u. Nemeskéri 1970; Breul 1974; Schwidetzky et al. 1979). Aufgrund des stark fragmentarischen Zustandes und der teilweise erheblichen Deformationen von Brandknochen können jedoch einige morphologische Merkmale überhaupt nicht zur Anwendung gelangen (z. B. Stirnneigung, Tubera frontalia et parietalia, Form der Orbitae u. a.), während andere vom Auftreten der entsprechenden Knochenregion abhängig sind. Knochenfragmente, die von diagnostischem Wert für die Geschlechtsbestimmung sind, treten mit sehr unterschiedlicher Häufigkeit in Leichenbränden auf (Breitinger 1954; Dokladal 1969; Krumbein 1934; Müller 1964; Schaefer 1960; Spence 1967; Wells 1960). Gleches gilt für solche, die zur Alters- und Körpergrößenbestimmung herangezogen werden. Dadurch werden Aussagemöglichkeit sowie Bestimmungssicherheit eingeengt. Gleichzeitig aber resultiert die Notwendigkeit, solchen Bruchstücken Informationen zu entnehmen bzw. an solchen Diagnosemöglichkeiten zu etablieren, die in hoher Frequenz vorliegen. Außerdem erhöht jedes weitere Merkmal, dessen Geschlechtsspezifitäten bekannt sind und berücksichtigt werden, die Aussagekraft einer Diagnose.

Der Processus mastoideus zum Beispiel, dessen Wert in diesem Zusammenhang nicht umstritten ist (Helmut 1968; Schmitt u. Saternus 1970), tritt in ungefähr 30% aller Leichenbrände auf. Dagegen ist die Pars petrosa (auch Felsenbein oder Felsenbeinpyramide genannt) im Mittel in mindestens 60% aller Brandgräber erhalten (in manchen Serien bis 90%), was auf ihre massive Struktur und ihre Position in der Schädelbasis, zum größten Teil im Inneren der Schädelkapsel, gleichermaßen zurückzuführen sein dürfte. Diese Position bedeutet möglicherweise eine Schutzlage gegenüber von außen einwirkenden Einflüssen. „Bei der Verbrennung rezenter Leichen konnte beobachtet werden, daß sich auch bei sehr hohen Temperaturen das Gehirn auffällig lange erhielt“ (Schaefer 1960). So wird die Pars petrosa erst gegen Ende einer Verbrennung, wenn die Schädelknochen gebräunt sind, den Flammen direkt ausgesetzt sein.

Die Pars petrosa wird als ein Knochenteil bezeichnet, das fast in jedem Falle die Verbrennung überdauert, als „one of the commonest findings“ (Wells 1960), und dient deshalb, neben dem Dens axis (ca. 35%), oft als ‚Beweis‘ für Mehrfachbestattungen.

Ziel der Arbeit ist daher die Bereicherung der anthropologischen Methoden zur Geschlechtsbestimmung an Knochenmaterial, insbesondere auch Leichenbränden, durch die metrische Analyse der Pars petrosa, begründet durch das häufige Auftreten dieser Struktur in Brandgräbern.

Je einen Versuch zur metrischen Erfassung der Pars petrosa unternahmen zwar schon Kloiber (1965) und Schaefer (1961), aber ersterer definierte seine Meßstrecken nur unzureichend (anatomisch nicht eindeutig) und faßte in einem Fall sogar die Maße aus Männer- und Frauengräbern zu einem Mittelwert zusammen, und letzterer fand, basierend auf einem Maß, „keine bemerkenswerten Unterscheidungsmöglichkeiten“.

Die vorliegende Untersuchung erbrachte im Gegensatz dazu sogar Bestimmungssicherheiten bei der Geschlechtsdiagnose, welche über die anderer Methoden hinausgehen.

Stichprobenerhebung

Es wurden die Partes petrosae von 154 unverbrannten Schädeln (Altersdiagnose adult oder älter) gemessen (85 ♂♂, 69 ♀♀). Dabei wurde, um Gruppenbesonderheiten weitgehend auszuschließen, bewußt nicht nur eine homogene Serie zugrunde gelegt. Die kleineren in das untersuchte Kollektiv eingegangenen Serien streuen über einen Zeitraum von ca. 1200 Jahren, mehrere Schädel sind (sub-)rezent, und einer datiert in die frühe Bronzezeit.

Das gesamte Material ist anthropologisch und teilweise auch archäologisch geschlechtsbestimmt. Bei ca. zwei Dritteln der gemessenen Schädel war zur Geschlechtsbestimmung auch das postcraniale Skelett, besonders das Becken herangezogen worden. Berücksichtigt wurden: Angulus pubis, Foramen obturatum, Incisura ischiadica major, Sulcus praearicularis und Größe des Acetabulums. Bei unvollständigen Beckenresten kamen das Sacrum und/oder die Robustizität der Langknochen zur Bewertung. Am Schädel selbst waren die Ausprägungen folgender Merkmale entscheidend: Glabella, Arcus superciliaris, Tubera frontalia, Inclinatio frontale, Processus mastoideus, Crista supramastoidaea, Linea temporalis, Relief des Planum nuchale und Protuberantia occipitalis externa, Os zygomaticum, Margo supraorbitale sowie die Form der Orbitae und die Zahngroße.

Die Liste der jeweiligen Beigaben der Skelette erhärtete in einigen Fällen zusätzlich die morphologische Geschlechtsdiagnose.

Da unter den Skelettresten das Becken die sichersten Hinweise zum Geschlecht des betreffenden Individuums liefert, sollten, um Unsicherheiten zu vermeiden, bei Messungen ähnlicher Art nur Skelette verwendet werden, die nach dem Becken eindeutig geschlechtsbestimmt sind.

Auswahl und Festlegung der Variablen

Zunächst wurden bei einer größeren Anzahl von Leichenbränden die vorhandenen Partes petrosae und -fragmente daraufhin untersucht, welche Strukturen vorwiegend erhalten bleiben. Daraufhin mußten von vornherein alle Maße, die sich auf die Längsrichtung der Pars petrosa bezogen hätten, ausgeschieden werden. Es verblieb der Bereich um den Porus acusticus internus.

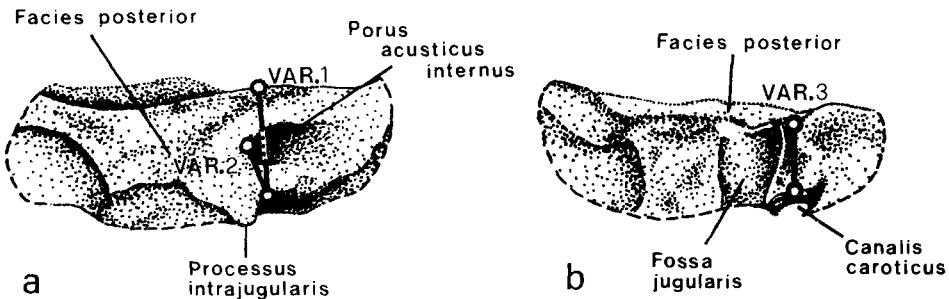


Abb. 1 a, b. Lage der Meßstrecken an der Pars petrosa. a Variablen 1 (Petrosabreite) und 2 (Porusbreite). b Variable 3 (Petrosahöhe)

Fünf Variablen wurden festgelegt:

Variable 1. Kleinste Entfernung vom innersten Punkt der Apertura canaliculi cochleae, der Einbuchtung mediad neben dem Processus intrajugularis bis zur Facieskante (apicale Verlängerung der Margo superior partis petrosae) (vgl. Abb. 1a). Eventuelle Wölbungen oder Wülste auf der Facies posterior bleiben unberücksichtigt. Dieses Maß soll als „*Petrosabreite*“ bezeichnet werden.

Variable 2. Kleinste Entfernung vom innersten Punkt der Apertura canaliculi cochleae bis zur Kante über der Mitte des Porus acusticus internus (vgl. Abb. 1a). Dieses Maß soll als „*Porusbreite*“ bezeichnet werden.

Variable 3. Kleinste Entfernung von der Oberkante des Canalis caroticus bis zur Oberkante der Apertura canaliculi cochleae bzw. bis zur dortigen Facieskante der Facies posterior (vgl. Abb. 1b). Dieses Maß soll als „*Petrosahöhe*“ bezeichnet werden.

Variable 4. Ergänzungswert des stumpfen Winkels zwischen Porus acusticus internus und der Faciesfläche zu 180° (vgl. Abb. 2a). Dieses Maß soll als „*Eingangswinkel*“ bezeichnet werden.

Variable 5. Spitzer Winkel des Einganges; zwischen Porus acusticus internus und der Faciesfläche gelegen (vgl. Abb. 2a). Dieses Maß soll als „*Ausgangswinkel*“ bezeichnet werden.

Metrische Methoden zur Erfassung der Variablen

Die Variablen 1 bis 3, als absolute lineare Maße, werden bei fragmentiertem Schädel direkt an der Pars petrosa ermittelt. Bei unzerstörtem Schädel können sowohl die Petrosabreite als auch die Porusbreite an einem mittels Plastilin hergestellten Abdruck gemessen werden: Das Plastilin wird dazu durch das Foramen magnum eingeführt und sorgfältig auf die Facies posterior im Bereich des Porus acusticus internus aufgedrückt. Bei einiger Übung sind die zu berücksichtigenden Meßpunkte leicht zu erkennen und zu erfassen.

Zur Messung der Petrosahöhe benötigt man einen Faden, an dessen Ende sich ein Knoten befindet, sowie zwei spitze Pinzetten:

Das Knotenende des Fadens, durch das Foramen jugulare eingeführt, wird mit einer Pinzette (I) durch das Foramen magnum so festgehalten, daß der Knoten an der Kante der Apertura

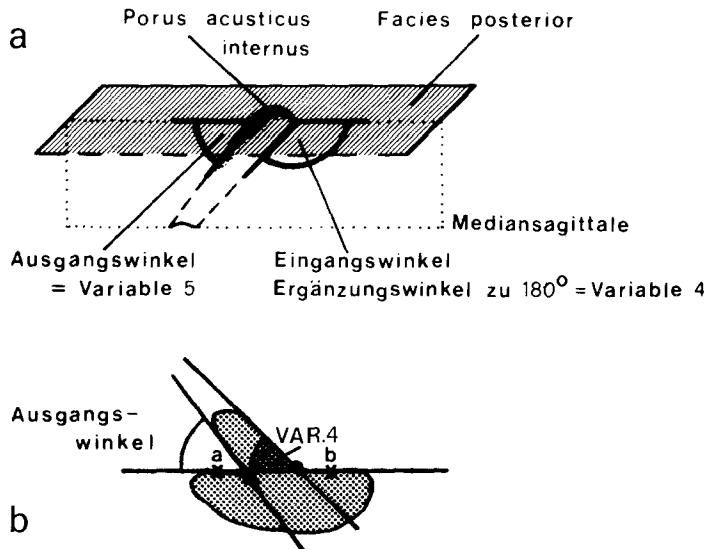


Abb. 2. a Lage der Winkelvariablen 4 und 5. Facies posterior schematisch; b Fotokopie des halbierten Tonnegativs (punktschraffiert). Konstruktion der Grundlinie sowie Lage der zu messenden Winkel

externa canaliculi cochleae zu liegen kommt. Mit der zweiten Pinzette (II) greift man dann den Faden an der Oberkante des Canalis caroticus ab. Abschließend kann, nach Loslassen des Knotenendes, zwischen Knoten und Pinzette II die Petrosahöhe abgenommen werden.

Die beiden Winkelvariablen können mit der nötigen Sorgfalt nur an frei zugänglichen Partes petrosae erhoben werden:

Zunächst werden die Facies posterior und das Innere des Porus acusticus internus mit Knochenöl (Vaseline techn. + Sautteröl; harz- und säurefrei) eingepinselt, um ein Verkleben des Tones mit der Knochensubstanz zu verhindern. Dann schiebt man ein Klümpchen Modellerton, teilweise länglich vorgeformt, mit dessen Spitze voran in den Porus acusticus internus und drückt den Rest an die Faciesfläche an. Nach einigen Minuten ist der Ton leicht gehärtet und kann (in verlängerter Richtung des Porus acusticus internus) abgenommen werden. Nachdem das Tonnegativ ein bis zwei Stunden ausgehärtet ist, werden Zapfen (Negativ des Porus acusticus internus) und Corpus (Tonabdruck der Faciesfläche) mit einem Skalpell in mediansagittaler Richtung halbiert. (Um nicht Gefahr zu laufen, dabei den Zapfen abzubrechen, sollte man sich zunächst auf die Abarbeitung bis zu einer Linie 1-2 mm parallel zur Mediansagittalen beschränken. Die Tiefenschärfe der meisten Kopiergeräte ist auch dann noch ausreichend, den Zapfen deutlich abzubilden.) Mit der entstandenen Fläche, die senkrecht zur Faciesfläche steht, nach unten wird das Tonnegativ fotokopiert. Auf der Kopie können Ausgangs- und Eingangswinkel direkt bzw. als Ergänzungswinkel zu 180° abgelesen werden, wobei, da die Faciesfläche in dieser Ansicht oft nicht eben verläuft, per definitionem als Grundlinie eine Linie durch die Punkte (a und b) jeweils 5 mm rechts und links der Basis des Zapfens genommen wird (vgl. Abb. 2b).

Die Streckenmaße wurden bei der vorliegenden Untersuchung mit einem Mitutoyo-Dial-Caliper (Anzeige 0,05 mm) und die Winkel mit dem Winkelmesser gemessen.

Die *biostatistische Bearbeitung* der Meßwerte erfolgte uni-, di- und multivariat nach Programmen der EDV-Bibliothek des Institutes für Anthropologie der Universität Mainz (Programmierung Th. Wahl und H. H. Herbert). Folgende

Tabelle 1. Stichprobenumfänge, Mittelwerte, Standardabweichungen und Variabilitätskoeffizienten der Pars petrosa-Meßreihen

	Variable		n	\bar{x}	s	v
$\delta\delta$	Petrosabreite	($\frac{1}{10}$ mm)	128	130,15	10,89	8,37
	Porusbreite	($\frac{1}{10}$ mm)	130	71,19	8,28	11,63
	Petrosahöhe	($\frac{1}{10}$ mm)	87	83,99	13,14	15,65
	Eingangswinkel (°)		34	38,93	5,00	12,85
	Ausgangswinkel (°)		34	53,82	9,48	17,62
$\varphi\varphi$	Petrosabreite	($\frac{1}{10}$ mm)	83	114,85	7,82	6,81
	Porusbreite	($\frac{1}{10}$ mm)	86	60,80	6,73	11,07
	Petrosahöhe	($\frac{1}{10}$ mm)	73	87,52	12,23	13,97
	Eingangswinkel (°)		36	44,54	6,32	14,19
	Ausgangswinkel (°)		36	67,58	9,98	14,77

Um Wiederholungen weitestgehend zu vermeiden, wurde in dieser Arbeit auf die Wiedergabe folgender, zum Verständnis nicht unbedingt erforderlicher Parameter verzichtet: Schiefe und Exzeß (inclusive P -Werte), Freiheitsgrade und t -Test-Ergebnisse des Geschlechtervergleiches, Korrelationsmatrix für die Variablen 1–5 sowie Signifikanzwahrscheinlichkeiten der ermittelten korrelativen Zusammenhänge. Bei Bedarf sind diese Angaben in Wahl und Henke 1980, S. 260f, Tabellen 1 und 2a,b zu finden

Parameter wurden berechnet: arithmetische Mittelwerte, Standardabweichungen, Variationskoeffizienten, Schiefe und Exzeß. Weiterhin wurden 95%-Streuungsellipsen für die 10 möglichen Variablenkombinationen gezeichnet sowie die entsprechenden Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten ermittelt. Basierend auf zwei verschiedenen Variablensets ergaben sich Diskriminanzfunktionen zur Geschlechtsdiagnose.

Als Prüfverfahren kamen zur Anwendung: F-Test, t -Test, Vergleich zweier Mittelwerte nach Weir (Sachs, S. 273), Prüfung auf Normalverteilung (nach Sachs 1969, S. 224) und z -Transformation.

Ergebnisse und Diskussion

Da ein Teil der Ergebnisse bereits a.a.O. (Wahl u. Henke 1980) beschrieben wurde, sollen hier die Schwerpunkte auf den Resultaten des uni- und divariaten Vergleiches und der Berücksichtigung der Schrumpfung bei Brandknochen liegen.

Bei keiner der Variablen wichen die Mittelwerte der Partes petrosae der rechten und linken Körperseite signifikant voneinander ab. Die weiteren Berechnungen konnten demnach ohne Rechts-Links-Differenzierung erfolgen.

Die Mittelwerte der erfaßten Variablen sind aus den Häufigkeitsverteilungsdiagrammen sowie Tabelle 1 zu entnehmen. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten von Männern und Frauen liegen bis auf die Petrosahöhe (um 4%) bei 15–20% der Absolutwerte und sind damit weit größer als bei einigen zur Geschlechtsbestimmung bereits etablierten Merkmalen (z.B. Dens axis 5%). Während für die Petrosabreite und die Porusbreite signifikante Geschlechtsdiffe-

renzen vorliegen, fällt die Petrosahöhe insofern aus dem Rahmen, als hier der Absolutwert der Frauen höher liegt als der der Männer. Obwohl nach dem t-Test die Nullhypothese abzulehnen ist, ist diese Differenz nicht voll gesichert. Die Tendenz zur Signifikanz wird jedoch durch die beiden Winkelvariablen bestätigt, die morphologisch in enger Korrelation zu Variablen 3 stehen, ihrerseits aber hochsignifikante Geschlechtsunterschiede zeigen. Die Mittelwerte der Variablen 2, 4 und 5 liegen so weit auseinander, daß deren Standardabweichungen nicht den Mittelwert des jeweils anderen Geschlechtes erreichen.

Bis auf die Häufigkeitsverteilungen von Petrosabreite und Porusbreite bei den Frauen liegen keine signifikanten Abweichungen von Normalverteilungen vor. Daß Häufigkeitsverteilungen aus naturwissenschaftlichen Meßreihen selten große Ähnlichkeiten mit Normalverteilungen haben, wurde schon von verschiedenen Autoren angesprochen. Mögliche biologische Interpretationen solcher Abweichungen bei Merkmalen im Bereich der Schädelbasis gibt Bernhard (1975). Sie könnten allerdings auch methodisch bedingt sein, wenn nämlich z. B. bei den Frauen irrtümlicherweise einige Männer enthalten sind, was umgekehrt ja nicht der Fall sein muß, oder wenn eine betreffs der Altersgruppen inhomogene Stichprobe vorliegt. Letzteres kann jedoch mit einiger Sicherheit ausgeschlossen werden.

Zur Klassifikation einer, das Geschlecht betreffend, fraglichen Pars petrosa liefern die Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Variablen wichtige Richtwerte. Bei der Petrosabreite werden Maße um und über 13 mm im weiblichen Kollektiv überaus selten angetroffen, genauso wie solche kleiner als 11 mm bei männlichen Felsenbeinen, so daß entsprechend höhere bzw. niedrigere Werte schon recht sichere Anhaltspunkte geben.

Ähnliches gilt für die Porusbreite. Hier werden 5,5 mm innerhalb der männlichen Stichprobe kaum und 5,2 mm überhaupt nicht unterschritten. Messungen von mehr als 7,5–8 mm werden nur in Ausnahmefällen von weiblichen Partes petrosae erreicht. Wie die Erfahrung zeigt, trifft man schon Werte um 7 mm fast nur bei Männern an.

Die Petrosahöhe alleine erbringt die geringste Trennungssicherheit. Maße unter 7,5 mm sind zwar charakteristisch für männliche Felsenbeine und solche über 10 mm für weibliche, aber dazwischen liegt ein großer Bereich, der keine Geschlechtsdiagnose zuläßt.

Beim Eingangswinkel liegen die Verhältnisse günstiger. Ein Winkel kleiner gleich 35° schließt das weibliche Kollektiv nahezu aus; für dieses sind 45° oder mehr üblich.

Die Individualmeßwerte der Ausgangswinkel streuen über insgesamt mehr als 60° , wobei Werte unter 50° bei Frauen ebenso selten auftreten, wie solche über 70° bei Männern.

So kann schon die univariate Analyse der Pars petrosa oft brauchbare Hinweise zur Geschlechtsdiagnose liefern.

Bildet man aus den Mittelwerten der Variablen 1 und 3 einen *Breiten-Höhen-Index* ($BHI = \text{Petrosahöhe} \times 100 / \text{Petrosabreite}$), so ergeben sich folgende Werte:

$$BHI_{\delta\delta} = 64,53 \quad \text{und} \quad BHI_{\varphi\varphi} = 76,21$$

Die Partes petrosae der Männer sind also breit und niedrig, während die der Frauen eher schmal und hoch sind. Der Überlappungsbereich liegt ungefähr bei

68–72. Durch den BHI ist die Geschlechtszuordnung einer fraglichen Pars petrosa in den meisten Fällen möglich.

Die 95%-*Streuungsellipsen* geben Mittelwerte, Streuungsmaße und Korrelationen zwischen verschiedenen Maßpaaren in einer graphischen Darstellung wieder. Auch die o. a. Mittelwertdifferenzen lassen sich hier wiederum erkennen. Es wurden Streudiagramme aller möglichen Kombinationen der fünf Variablen jeweils für die männliche und weibliche Stichprobe erstellt.

Die Maßpaare Petrosabreite/Petrosahöhe und Petrosahöhe/Ausgangswinkel zeigen bei den Männern eine eindeutig größere Variabilität gegenüber den Frauen. Die Diagramme Petrosahöhe/Eingangswinkel und Porusbreite/Ausgangswinkel zeigen zwar große Überschneidungsbereiche, aber wiederum bei den Männern, neben einer abgesicherten Korrelation, eine etwas größere Variabilität. Das bedeutet: Eine größere Höhe der Pars petrosa ist in der Regel mit einem größeren Eingangswinkel kombiniert — tatsächlich liegt hier jedoch eine negative Korrelation vor, da in die Streuungsellipse der Ergänzungswinkel zum eigentlichen Winkel eingegangen ist. Diese Tatsache dürfte rein physiologisch bedingt sein.

Die Streuungsellipsen der Kombination Petrosabreite/Porusbreite, Petrosabreite/Ausgangswinkel und Eingangswinkel/Ausgangswinkel sind von den vorgenannten deutlich verschieden. Die Überschneidungsbereiche sind geringer, und es liegen recht enge Korrelationen zwischen den Maßpaaren vor. Es ergeben sich hier fast optimale Differenzierungen. Der enge korrelative Zusammenhang der jeweiligen Variablen wird durch die längsellipsoide Form angedeutet. Die Linkslage der Ellipse der Variablenkombination Petrosabreite/Ausgangswinkel, die auf eine negative Merkmalsbezeichnung hinweist, führt bei besonders niedrigen Werten des Winkels insbesondere in Kombination mit hohen Werten der Variablen 1 zur Geschlechtsbestimmung männlich. Reziproke Variablenlizenzen sprechen für weiblich. Für die Kombination der Winkelmaße zeichnet sich eine große Streuung und geringere Korrelation im männlichen Kollektiv ab, so daß anhand der Winkel alleine nur eine sehr vage Diagnose möglich ist. Interessante Korrelationen zeigt das Maßpaar Porusbreite/Petrosahöhe. Hier liegt bei den Männern eine negative Korrelation vor ($r = -0,18979$), während bei den Frauen eine positive ($r = 0,14789$) auftritt. Dies ist bedingt dadurch, daß die Petrosahöhe im Durchschnitt bei den Frauen größer ist.

Als unkorriert müssen folgende Wertepaare bezeichnet werden: Petrosabreite/Eingangswinkel (bei Männern und Frauen), Porusbreite/Eingangswinkel und Petrosahöhe/Ausgangswinkel (bei Männern) und Porusbreite/Ausgangswinkel (bei Frauen), was durch die jeweils annähernd kreisrunde Form der entsprechenden Streuungsellipsen zum Ausdruck kommt.

Die korrelative Beziehung zwischen Petrosabreite und Porusbreite, die hochsignifikant ist ($r = 0,4877$, $P = 0,000$), ist wohl darauf zurückzuführen, daß beide Meßstrecken nahezu vom gleichen Punkt ausgehen und in derselben Dimension liegen (Trivialkorrelation). Die Beziehungen zwischen Ein- und Ausgangswinkel sind bei beiden Geschlechtern zu beobachten (bei den Frauen besser gesichert). Dies dürfte damit zusammenhängen, daß der Porus acusticus internus anatomisch bedingt immer einen gewissen Mindestdurchmesser aufweisen muß —

die beiden Winkel also in gegenseitiger Abhängigkeit stehen, und deshalb negativ (!) miteinander korreliert sind.

Bei der Benutzung der Streuungsellipsen ergibt sich die Geschlechtsdiagnose einer fraglichen Pars petrosa aus der Position des Schnittpunktes der Koordinaten der Individualmeßwerte der jeweiligen Variablenkombination.

Nicht selten liegt die Pars petrosa in fragmentarischem Zustand vor, und es können nur zwei der angegebenen Maße genommen werden. In diesen Fällen ist die Benutzung der Streuungsellipsen aussagekräftiger als eine univariate Analyse der Einzelwerte.

Noch eindeutiger werden die Merkmalsdifferenzen zwischen männlichen und weiblichen Partes petrosae durch die Diskriminanzanalyse, deren Aufgabe es ist, unterschiedlichen Grundgesamtheiten zugehörendes Beobachtungsmaterial durch eine Trennfunktion aus den gemessenen Merkmalen möglichst den richtigen Grundkollektiven zuzuordnen. Zwei Diskriminanzfunktionen wurden berechnet; einmal in bezug auf die Variablen 1 bis 3 (I) und eine zweite auf der Basis aller fünf Variablen (II). Die ermittelten Diskriminanzfunktionsgewichte der einzelnen Variablen, die Mittelwerte für Männer und Frauen sowie die Trennwerte sind aus Tabelle 2 zu ersehen. Die entsprechenden Formeln, in die die Individualmeßwerte der Variablen 1 bis 5 (x_1 bis x_5) in $\frac{1}{10}$ mm bzw. in Winkelgrad eingesetzt werden, lauten dann:

Diskriminanzfunktion I

$$\bar{X} = 8,5686x_1 + 4,8618x_2 - 1,7151x_3$$

Diskriminanzfunktion II

$$\bar{X} = 4,9928x_1 + 5,0085x_2 - 0,8124x_3 - 5,7850x_4 - 3,9826x_5$$

Die Häufigkeitsverteilung der individuellen Diskriminanzrechenwerte für Männer und Frauen zeigt besonders bei der Berechnung mit fünf Variablen nur einen sehr kleinen Überlappungsbereich (vgl. Wahl u. Henke 1980, S. 267, Abb. 2a und b).

Die Trennfähigkeit der beiden Diskriminanzfunktionen zeigt der Prozentsatz von aufgrund der Trennwerte resultierenden Fehlklassifikationen (vgl. ebenfalls Tabelle 2): Bei der Diskriminanzfunktion auf der Basis der Variablen 1 bis 3 werden im Durchschnitt 18,6% der Individuen fehlklassifiziert, wobei man Männer weit öfter in das falsche Kollektiv eingestuft findet (bis 28,7%) als Frauen (7,6%). Bei der Diskriminanzfunktion II, in die alle fünf Variablen eingehen, liegt der prozentuale Anteil von Fehlklassifikationen insgesamt erheblich niedriger. Die durchschnittliche Zuordnungswahrscheinlichkeit zum richtigen Kollektiv beträgt nämlich 91,4%. (Die Irrtumswahrscheinlichkeiten sind hier bei Männern (8,8%) und Frauen (8,3%) nahezu identisch.)

Im Vergleich der beiden Diskriminanzfunktionen zeigt sich sehr deutlich der hohe Stellenwert der Variablen 4 und 5. Die Winkelvariablen, die als Einzelmärkmale kaum trennfähig genug sind, tragen demnach erheblich zur Trennung der beiden Geschlechter bei und sollten deshalb, wenn nur irgend möglich, bei jedem Stück abgenommen und berücksichtigt werden.

Diese Ergebnisse wurden an unverbrannten Knochenresten erarbeitet. Sie sind daher in der vorliegenden Weise zunächst auf jegliche unkremierte mensch-

liche Knochenfunde (aus dem mitteleuropäischen Raum) anwendbar. Die Auswahlkriterien der kleineren in das Untersuchungskollektiv eingegangenen Serien ermöglichen dabei eine recht große Bestimmungssicherheit in Raum und Zeit. In dieser Form werden Gerichtsmediziner und Anthropologen von der Pars petrosa-Methode zur Geschlechtsdiagnose genauso profitieren können, wie z. B. auch Prähistoriker und Archäologen, um der Identifizierung von Menschenknochen näherzukommen.

Übertragbarkeit auf Leichenbrandmaterial

Inwieweit lassen sich nun diese Resultate auf Brandknochen übertragen?

Der entscheidend zu berücksichtigende Faktor ist die hitzebedingte Schrumpfung der Knochen (Dokládal 1970; Herrmann 1972, 1973, 1977; Strzalko et al. 1974). (Durch die äußerst kompakte Struktur der Pars petrosa kann eine Deformation durch Feuereinwirkung nahezu ausgeschlossen werden.) Hierbei erfolgt der erste — geringere — Größenverlust durch Verdunstung der Wasseranteile bis ca. 300°C, dann bleiben die Maße bis ungefähr 750°C einigermaßen konstant und erreichen um 800°C ihre maximale Schrumpfung mit der Sinterung des Knochenmaterials. In der neueren Literatur werden für spongiosa-reichen Knochen pauschal ca. 12% Größenverlust angenommen. Epiphysen mit durchgehender Spongiosa können aber auch um 18–20% und in Extremfällen bis 25% im Vergleich zum Frischzustand schrumpfen.

Vergleiche von Färbung und Festigkeit prähistorischer Brandknochen mit Knochenmaterial aus modernen Kremationen zeigen, daß in den meisten Fällen ca. 800°C erreicht worden waren. Der entsprechende Verbrennungsgrad wird mit ‚vollkommen‘ oder ‚vollständig‘ bezeichnet.

Die Pars petrosa besteht zwar größtenteils aus spongiösem Gewebe, ist aber durch zahlreiche Einbuchtungen und Kanäle, die, wie die Außenschicht, jeweils von kompakten Anteilen umgeben sind, nicht ohne weiteres mit einer Langknochenepiphyse in der Festigkeit zu vergleichen. Diese unregelmäßigen Strukturen führen eher dazu, daß die Pars petrosa als physikalisch widerstandsfähiger anzusehen ist. Da kompaktes Gewebe einen geringeren Schrumpfungsgrad aufweist, liegen sozusagen innere, die Spongiosa durchziehende, Verstrebungen vor. Die Widerstandsfähigkeit der Pars petrosa beweist nicht zuletzt ihr häufiges Auftreten.

Aufgrund dieser rein theoretischen Überlegung müßte für die Pars petrosa ein geringerer Schrumpfungsgrad zu erwarten sein. Das konnte anhand der Maße von Partes petrosae aus anthropologisch und archäologisch mit großer Wahrscheinlichkeit richtig geschlechtsbestimmten Leichenbränden tatsächlich nachgewiesen werden. Interessanterweise wurden dabei für die Variablen 1 bis 3 recht unterschiedliche Schrumpfungsgrade festgestellt:

Variable	Schrumpfung in %
Petrosabreite	um 4,5
Porusbreite	um 1,5
Petrosahöhe	ca. 12,0

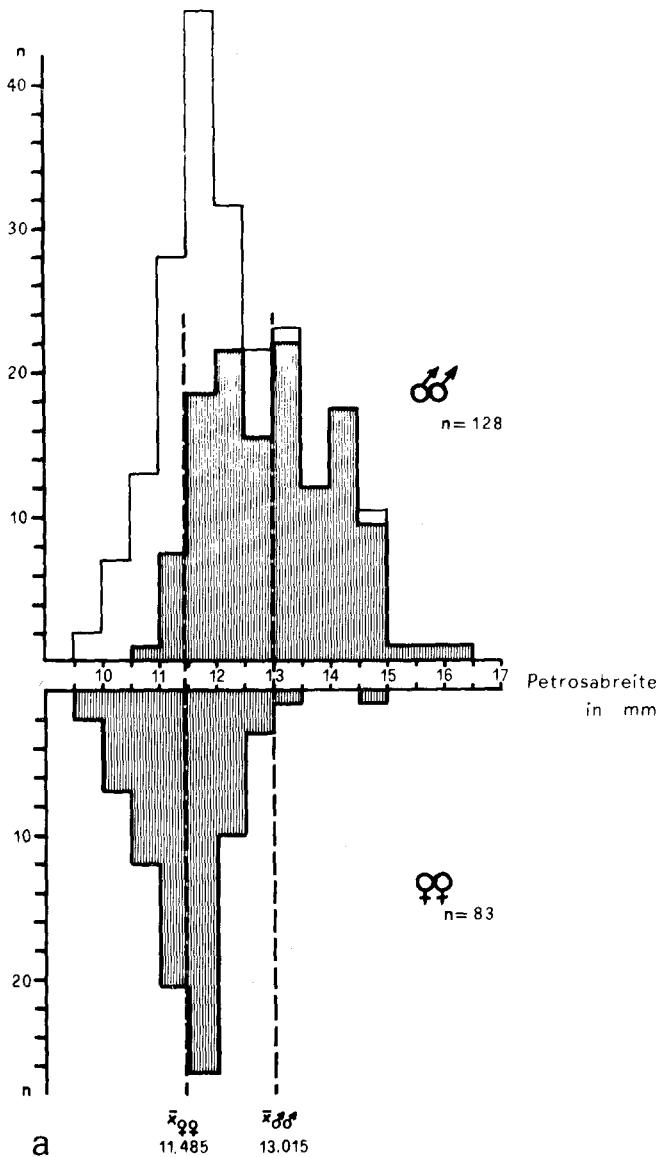


Abb. 3a-e. Häufigkeitsverteilungsdiagramm für die Variable I (Variablen 2-5). Oberhalb der Abszisse männliches Kollektiv, unterhalb weibliches. Mittelwerte auf die dritte Stelle auf- bzw. abgerundet

Die weiblichen Stücke waren jeweils etwas stärker geschrumpft als die männlichen. Dieses Phänomen steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit dem geringeren Mineralgehalt von weiblichen gegenüber männlichen Knochen (Herrmann 1977).

Die Breite der Pars petrosa erfährt demnach durch den Verbrennungsprozeß einen weit geringeren Größenverlust als die Höhe, wobei die Porusbreite fast überhaupt keiner Schrumpfung unterliegt.

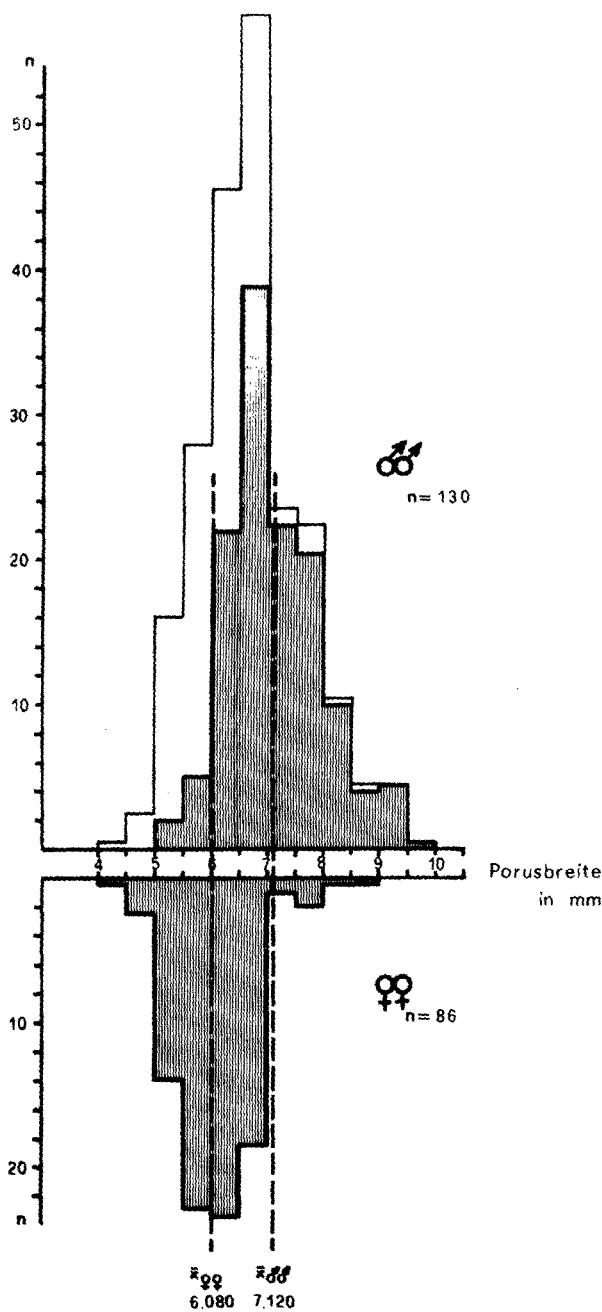


Abb. 3b

Die Winkelvariablen wurden noch nicht auf ihr Schrumpfungsverhalten untersucht, da die Zahl der dazu in Frage kommenden Partes petrosae statistisch noch keine sichere Aussage zugelassen hätte. Es scheint sich bei diesen eine hitzbedingte Vergrößerung der Absolutwerte im Vergleich zum unverbrannten Zustand anzudeuten. Speziell zur Ermittlung der Schrumpfungsbeträge der einzel-

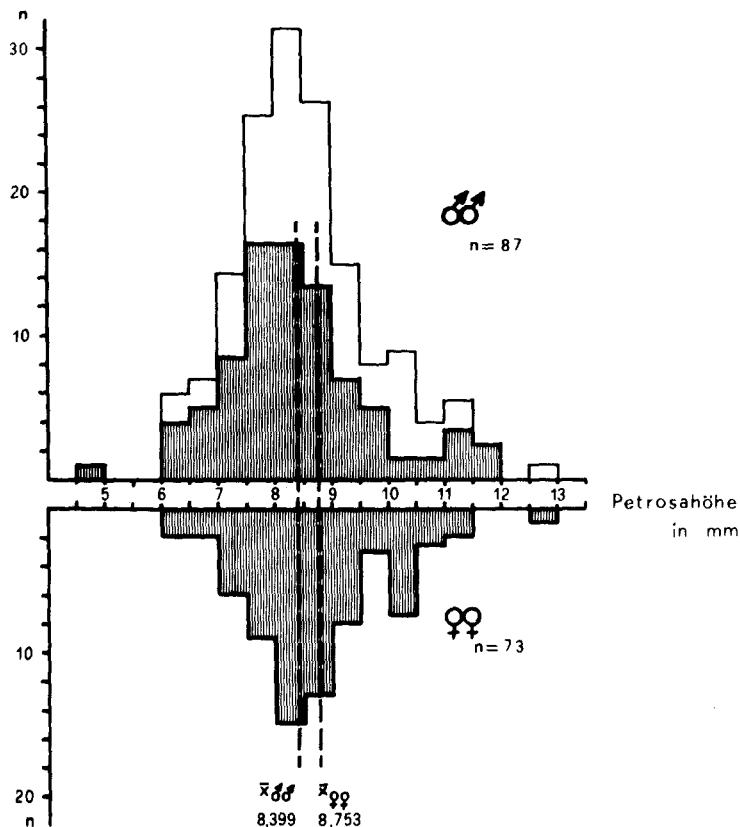


Abb. 3c

nen Variablen, besonders auch von Ein- und Ausgangswinkel, wird eine zur Zeit laufende Meßreihe Ergebnisse liefern.

Schon die Anwendung der an unverbranntem Material gewonnenen Trennfunktionen auf Partes petrosae aus Leichenbränden führt zu recht sicheren Geschlechtszuordnungen, da der Variablen mit dem größten Schrumpfungswert ein geringeres Diskriminanzfunktionsgewicht zukommt. Von 30 Leichenbränden wurden nur 2 fehlbestimmt (6,6%). Unter Berücksichtigung obiger Beobachtungen zum Schrumpfungsverhalten kann die Zuverlässigkeit der erarbeiteten Werte und Funktionen noch weiter erhöht werden. (Eine Grundvoraussetzung ist allerdings wiederum die Alterdiagnose des Leichenbrandes mit mindestens adult oder älter.)

Dabei sind zwei Wege gangbar, die je nachdem, ob man eine Diskriminanzanalyse rechnen, die o. a. Abbildungen der Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Variablen zur Geschlechtsbestimmung benutzen oder die Streuungsellipsen zum divariaten Vergleich heranziehen will, sinnvoll angewendet werden können:

1. Man schlägt auf die Individualmeßwerte einer Leichenbrand-Pars petrosa die o. a. Prozentsätze auf und benutzt diese korrigierten Werte dann zur weiteren Beurteilung. Zum uni- und divariaten Vergleich können die auf der Basis unverbrannten Materials erstellten Diagramme herangezogen werden; die Geschlechts-

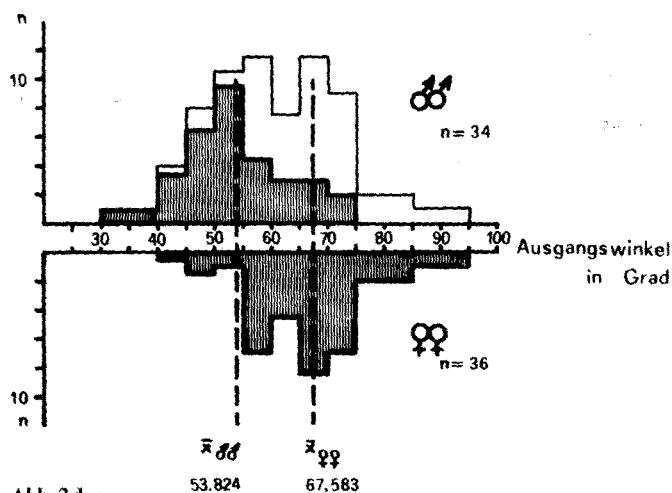
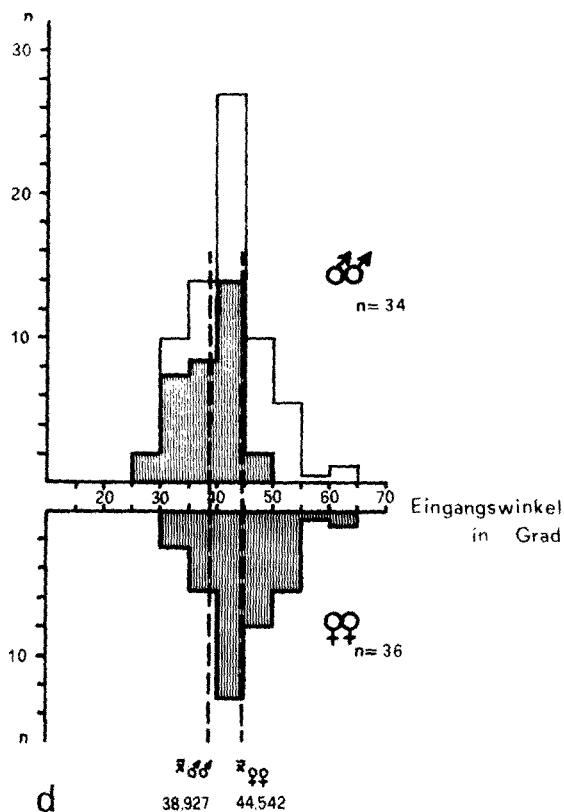


Abb. 3 d-e

Abb. 4. a 95%-Streuungsellipsen der Variablenkombinationen Variable 1/Variablen 2 und Variable 1/Variablen 3. b Variable 1/Variablen 4 und Variable 1/Variablen 5. c Variablen 2/Variablen 3 und Variablen 2/Variablen 4. d Variable 2/Variablen 5 und Variablen 3/Variablen 4. e Variablen 3/Variablen 5 und Variablen 4/Variablen 5

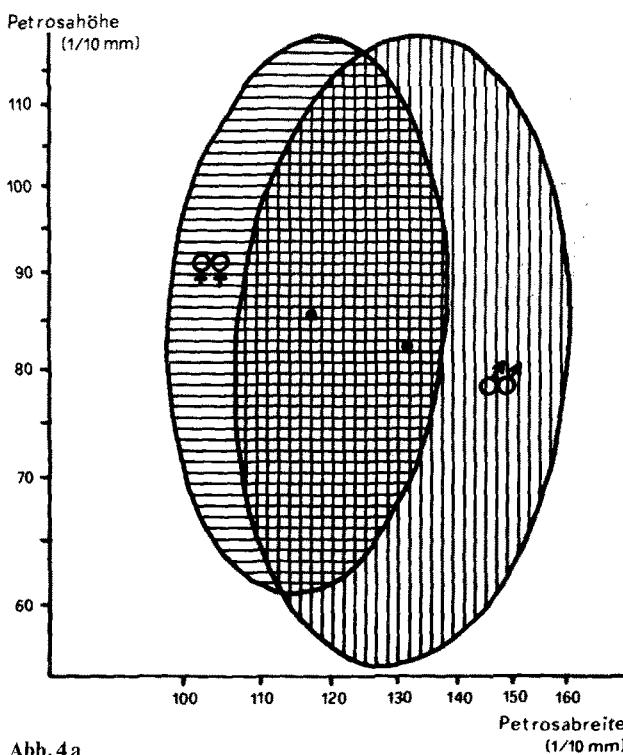
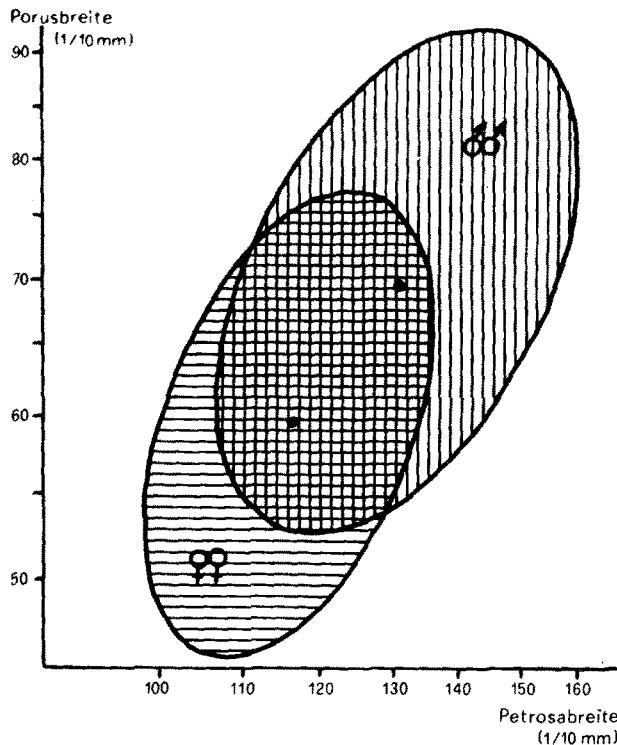


Abb. 4 a

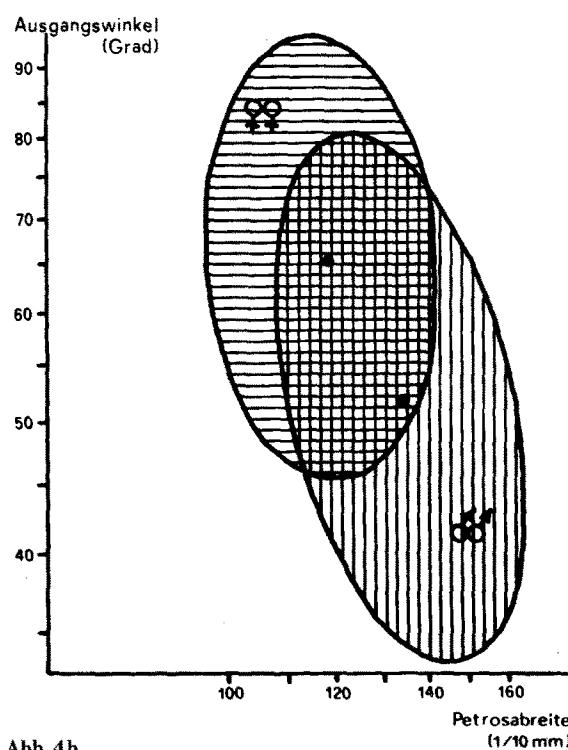
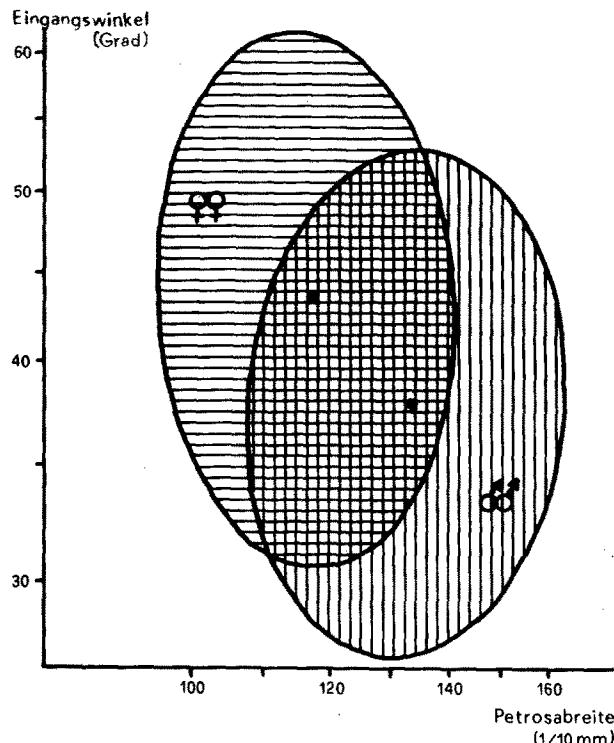


Abb. 4b

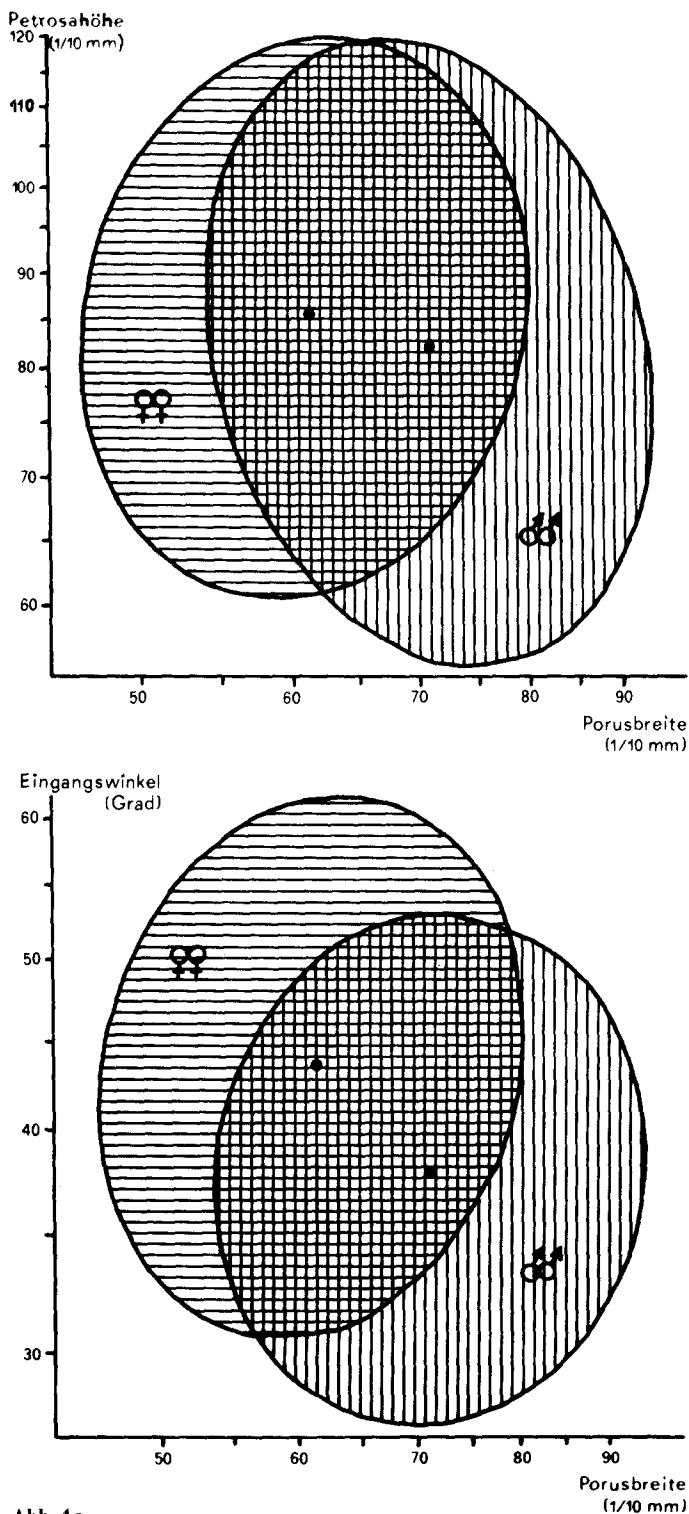


Abb. 4c

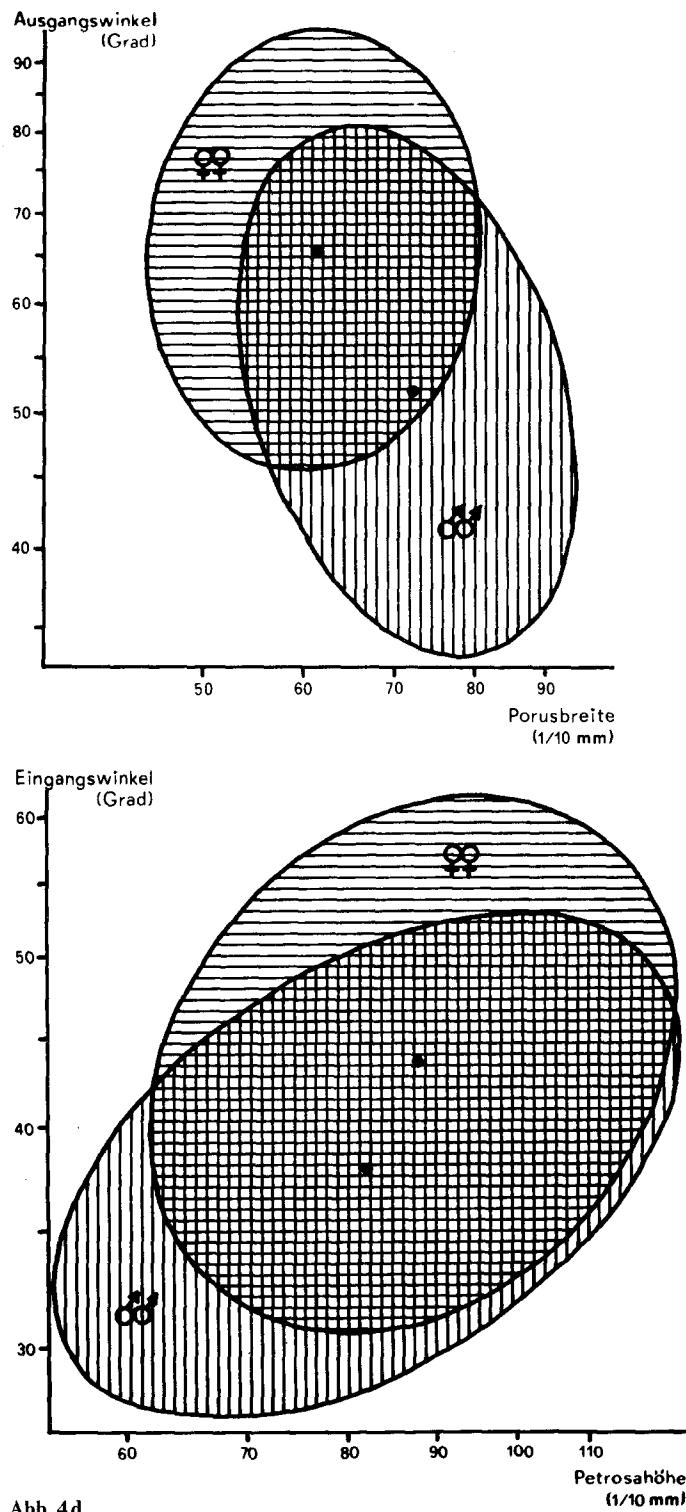


Abb. 4d

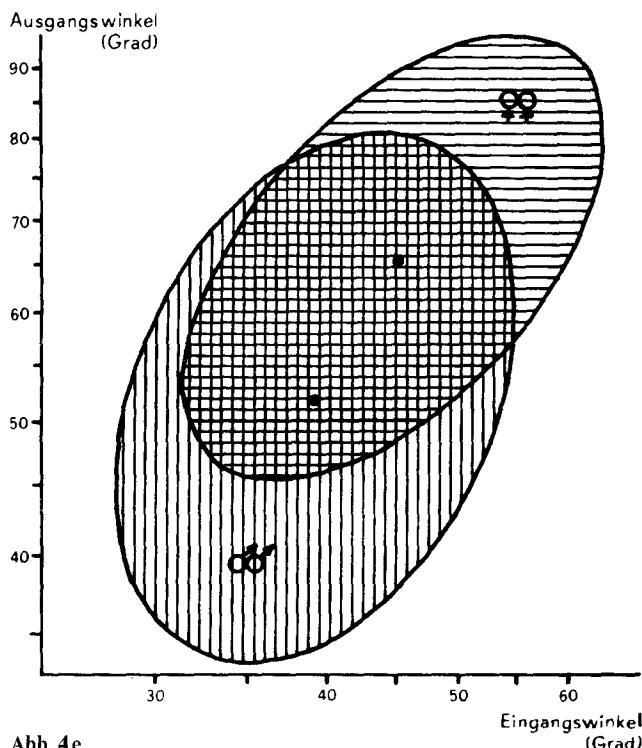
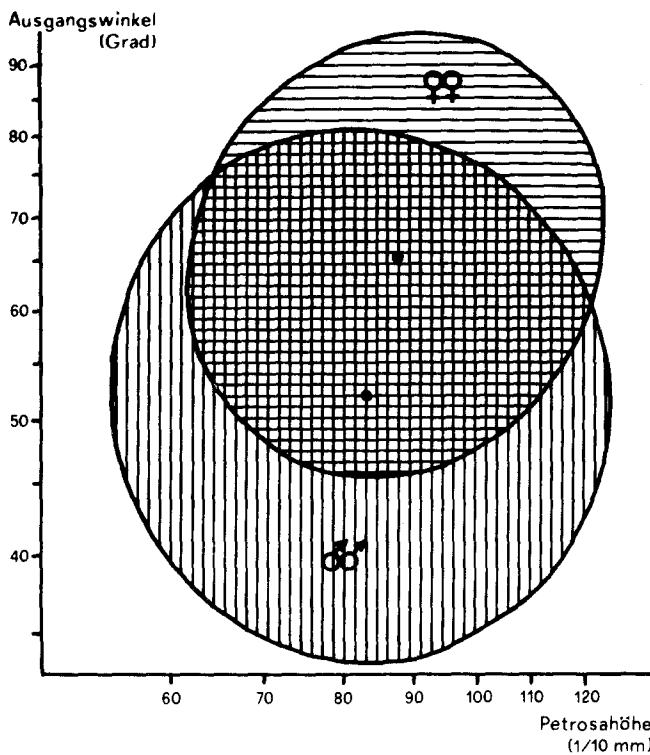


Abb. 4e

Variable	Diskriminanzfunktionsgewichte	
	I	II
1 Petrosabreite	8,5686	4,9928
2 Porusbreite	4,8618	5,0085
3 Petrosahöhe	-1,7151	-0,8124
4 Eingangswinkel	—	-5,7850
5 Ausgangswinkel	—	-3,9826
Mittelwert DRW Männer	1311,7270	505,3230
Wendepunkt/Trennwert	1220,2198	393,6488
Mittelwert DRW Frauen	1128,7123	281,9744
Fehlklassifikation in %	18,58	8,57

I = Funktion basierend auf den Variablen 1 bis 3;

II = Funktion basierend auf den Variablen 1 bis 5

diagnose wird dann einfach aus den Abb. 3a-e oder den entsprechenden Korrelationsellipsen (Abb. 4a-e) abgelesen.

2. Man errechnet aus der Differenz zwischen den an unkremierten Knochen erarbeiteten Mittelwerten und den ermittelten Schrumpfungsfaktoren schrumpfungskorrigierte Mittelwerte der Variablen 1 bis 3:

Variable	schrumpfungskorrigierte \bar{x} in $\frac{1}{10}$ mm	
	$\delta\delta$	$\varphi\varphi$
Petrosabreite	124,29	109,68
Porusbreite	70,12	59,89
Petrosahöhe	73,91	77,02

woraus sich dann ein neuer Trennwert für die dreigliedrige Diskriminanzanalyse ergibt, der die Schrumpfung bereits berücksichtigt:

schrumpfungskorrigierte Diskriminanzrechenwerte (DRW) für die Diskriminanzfunktion I (Variablen 1 bis 3)

Mittelwert DRW Männer	1279,1732
Wendepunkt/Trennwert	1189,0316
Mittelwert DRW Frauen	1098,8900

An den Diskriminanzfunktionsgewichten (Tabelle 2) ändert sich dabei nichts.

In die fünfgliedrige Diskriminanzfunktion sollten, bis weitere Ergebnisse zur Schrumpfung der Variablen 4 und 5 vorliegen, nur unkorrigierte Werte eingehen. Eine Bestimmungssicherheit von etwa 90% scheint trotzdem gewährleistet.

Tabelle 2. Diskriminanzfunktionen zur Geschlechtsdiagnose anhand der Pars petrosa und Angaben zu ihrer Trennfähigkeit

Der Vorteil der neuen Methode liegt neben ihrer relativ großen Zuverlässigkeit in ihrem geringen Material- und Zeitaufwand.

Rechen- und Beurteilungsbeispiel

Abschließend soll zum besseren Verständnis der Methode ein Beispiel durchgerechnet werden:

Eine Leichenbrand-Pars petrosa ergibt folgende Individualmeßwerte

Petrosabreite	12,4 mm
Porusbreite	6,3 mm
Petrosahöhe	7,8 mm
Eingangswinkel	37°
Ausgangswinkel	52°

1. Diagnose ohne Schrumpfungskorrektur

— univariate Beurteilung

- Variable 1 eher ♂
- 2 (eher ♀)
- 3 unbest.
- 4 (eher ♂)
- 5 eher ♂

— divariate Beurteilung

- Variablenkombination $\frac{1}{2}$ unbest./ (eher ♀)
- $\frac{1}{3}$ unbest.
- $\frac{1}{4}$ (eher ♂)
- $\frac{1}{5}$ (eher ♂)
- $\frac{2}{3}$ (eher ♀)
- $\frac{2}{4}$ unbest.
- $\frac{2}{5}$ (eher ♂)
- $\frac{3}{4}$ eher ♂
- $\frac{3}{5}$ eher ♂
- $\frac{4}{5}$ eher ♂

— BHI = 62,9 ♀

— multivariat

$$\text{I } 124 \times 8,5686 + 63 \times 4,8618 - 78 \times 1,7151 = 1235,022 \\ \text{eher ♂}$$

$$\text{II } 124 \times 4,9928 + 63 \times 5,0085 - 78 \times 0,8124 - 37 \times 5,7850 - 52 \times 3,9826 = 450,1353 \\ \text{♂}$$

2. Diagnose unter Berücksichtigung der Brandschrumpfung

a) Meßwerte im Vergleich mit den schrumpfungskorrigierten Mittelwerten:

- Variable 1 ♂
- 2 unbest.
- 3 ♀

b) schrumpfungskorrigierte Meßwerte

$$\begin{array}{lll} \text{Variable 1} & 12,4 + 4,5\% = 12,958 \\ & 2 \quad 6,3 + 1,5\% = 6,395 \\ & 3 \quad 7,8 + 12,0\% = 8,736 \end{array}$$

— univariate Beurteilung

- Variable 1 ♂
- 2 unbest./ (eher ♀)
- 3 eher ♀

- bivariate Beurteilung
 - Variablenkombination $\frac{1}{2}$ (eher ♂)
 - $\frac{1}{3}$ (eher ♂)
 - $\frac{2}{3}$ (eher ♀)
- BHI = 67,4 unbest.
- multivariat

$$I = 129,58 \times 8,5686 + 63,95 \times 4,8618 - 87,36 \times 1,7151 = 1271,400$$

♂!

Literatur

- Acsádi G, Nemeskéri J (1970) History of human life span and mortality. Akadémiai Kiado, Budapest
- Bernhard W (1975) Kraniometrische Untersuchungen zur funktionellen Morphologie des oberen Kopfgelenkes beim Menschen. *Gegenbaurs Morphol Jahrb* 122 (1976) 2: 203–231 und 4: 497–534
- Breitinger E (1954) Das Brandknochengemenge von Dauborn. *Nass Ann* 65:48–61
- Breul D (1974) Methoden der Geschlechts-, Körperlängen- und Lebensaltersbestimmung von Skelettfunden. In: Weinig E, Berg S (Hrsg) Arbeitsmethoden der medizinischen und naturwissenschaftlichen Kriminalistik. Schmidt-Römhild, Lübeck
- Dokládal M (1969) Über die heutigen Möglichkeiten der Personenidentifikation auf Grund von verbrannten Knochen. *Aktuelle Kriminol*:223–246
- Dokládal M (1970) Ergebnisse experimenteller Verbrennungen zur Feststellung von Form- und Größenveränderungen von Menschenknochen unter Einfluß von hohen Temperaturen. *Anthropologie* 8:3–17
- Helmut H (1968) Einige Maße des Processus mastoideus beim Menschen und seine Bedeutung für die Geschlechtsbestimmung. *Z Morphol Anthropol* 60:75–84
- Herrmann B (1972) Anmerkungen zur Bergung von Leichenbränden anlässlich der anthropologischen Bearbeitung von Berliner Urnenfriedhöfen. Ausgr in Berlin 2: 78–88
- Herrmann B (1973) Das Combe Capelle-Skelett. Ausgr in Berlin 3: 7–69
- Herrmann B (1977) Über die Abhängigkeit der Schrumpfung vom Mineralgehalt bei experimentell verbrannten Knochen. *Anthropol Anz* 36:7–12
- Kloiber Ä (1965) Das Knochenklein aus den norisch-pannonischen Hügelgräbern von Kapfenstein, pB Feldbach Oststeiermark. *Arch Austriaca*, Beiheft 7:85–92
- Krumbein CN (1934) Anthropologische Untersuchungen an urgeschichtlichen Leichenbränden. *Fortsch Fortschr* 10:411–412
- Müller Ch (1964) Anthropologische Untersuchung der Leichenbrände von Lanz, Kreis Ludwigsburg. Mitt Sekt Anthropol Biol Ges DDR 12:5–15
- Rösing FW (1977) Methoden und Aussagemöglichkeiten der anthropologischen Leichenbrandbearbeitung. *Arch Naturwiss* 1:53–80
- Sachs L (1969) Statistische Auswertungsmethoden. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Schaefer U (1960) Anthropologische Untersuchungen einiger Leichenbrände des Gräberfeldes. In: Brandt J (Hrsg) Das Urnengräberfeld von Preetz in Holstein. Offa 16:93–111
- Schaefer U (1961) Grenzen und Möglichkeiten der anthropologischen Untersuchung von Leichenbränden. Ber V Kongr Vor- und Frühgesch. Hamburg 1958:717–724
- Schmitt HP, Saternus K (1970) Beiträge zur forensischen Osteologie I. Der Processus mastoideus als Identifikationsmerkmal? *Z Rechtsmed* 71:170–174
- Spence TF (1967) The anatomical study of cremated fragments from archaeological sites. *Proc Prehistor Soc* 33:70–83
- Schwidetzky I, Stloukal M, Ferembach D (1979) Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett. *Homo* 30:Heft 2
- Strzalko J, Piontek J, Malinowski A (1974) Possibilities of burned human bones identifications in the light of experimental investigations. In: Strzalko J, Piontek J, Malinowski A (eds) Methods, results and consequences of investigations of bones from cremations burials. Ser Antropol 2:31–42

Wahl J (1979) Ein Beitrag zur Geschlechtsdiagnose von Leichenbrandmaterial anhand der Pars petrosa. Diplomarbeit im Fachbereich Biologie der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, Frankfurt

Wahl J, Henke W (1980) Die Pars petrosa als Diagnostikum für die multivariat-biometrische Geschlechtsbestimmung von Leichenbrandmaterial. Z Morphol Anthropol 70:258–268

Wells C (1960) A study of cremation. Antiquity 34:29–37

Eingegangen am 18. April 1980