

## Geschlechtsdiskriminierung und Körperhöhenschätzung anhand des Jochbeins

**Menschliche Schädel oder deren Fragmente werden von Findern selten „übersehen“ bzw. für nicht-menschliche Knochen gehalten. Deshalb gelangen isolierte menschliche Schädel in unterschiedlicher Vollständigkeit bzw. Fragmentierung häufig zur forensisch-osteologischen Untersuchung. Das oft erhaltene Jochbein ist aufgrund seiner morphologischen Eigenschaften ein wichtiges Erkennungsmerkmal des menschlichen Schädels, selbst wenn Letzterer zerstört ist. Im Rahmen des Projekts „Digitale Forensische Osteologie“ werden an virtuellen rezenten Skeletten etablierte osteologische Parameter neu evaluiert und neue Parameter gesucht.**

### Hintergrund

Die Bestimmung des Geschlechts [5] und die Schätzung der Körperlänge sind neben dem Lebensalter, der Herkunft [13] und dem postmortalen Intervall [30] wichtige Hinweise auf die Identität bei Knochen- und Skelettfunden [7, 22, 27]. Sie spielen eine bedeutsame Rolle im Rahmen des sog. biologischen Profils, das zum Abgleich mit vermissten Personen verwendet wird. Sobald belastbare Hinweise für den in Betracht kommenden Personenkreis durch diese Analysen vorliegen, können zielführende Methoden zur Identitätssicherung wie die forensische DNA-Analyse [15, 26], die forensische Odontostomatologie [14], die Röntgenvergleichs-

analyse [2] oder der Schädel-Bild-Vergleich [1] zum Einsatz kommen.

Bei vollständigen Skeletten sind morphologische Merkmale von Schädel [8, 11, 23] und Becken [17, 18] zur Geschlechtsbestimmung bzw. das Maß der Langknochen [4, 19, 20, 21, 28] zur Körperlängenschätzung die geeignetsten Parameter. Um die morphologischen Parameter zur Geschlechtsdiskriminierung am Schädel zu objektivieren, wurden zudem osteometrische Messstrecken etabliert [3, 6, 9, 16]. Werden nur einzelne Knochen oder Knochenfragmente geborgen, müssen alternative Parameter herangezogen werden. Klassische morphologische Merkmale sind aufgrund der Fragmentierung oft nicht oder schwierig zu beurteilen. Metrische Parameter sind zumindest von der Intaktheit der zu messenden Strecke abhängig.

**Das oft erhaltene Jochbein ist aufgrund seiner morphologischen Eigenschaften ein wichtiges Erkennungsmerkmal des menschlichen Schädels.**

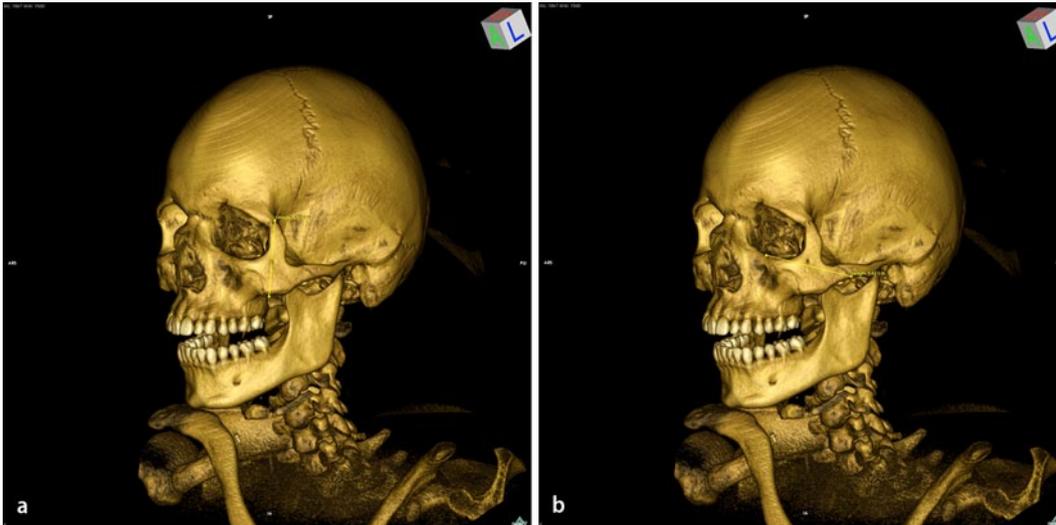
Dies gilt selbst, wenn Letzterer zerstört ist. Bei der Geschlechtsdiskriminierung am Schädel werden die Form und Robustizität des Jochbeins als wichtige Parameter beurteilt [5]. Aufgrund der Bedeutsamkeit als geschlechtsbestimmendes Merkmal fließt die Beurteilung des Jochbeins mit dem doppelten [5] bzw. 3-fachen Wichtungsfaktor [25] in die Gesamtbewertung ein.

Für das Jochbein selbst sind bislang als osteometrische Parameter die untere Jochbeinlänge, die größte Jochbeinlänge und die Wölbungshöhe des Jochbeins definiert [3]. Ein Einfluss der Jochbeinform ergibt sich insbesondere auf die Jochbogenbreite (bizygomatische Breite) und die Biorbitalbreite [3]; beides sind Messstrecken, die für die Geschlechtsdiskriminierung mithilfe statistischer Modelle eingesetzt werden [16]. Voraussetzung für die Messung der beiden letztgenannten Parameter ist jedoch zumindest ein intaktes Mittelgesicht.

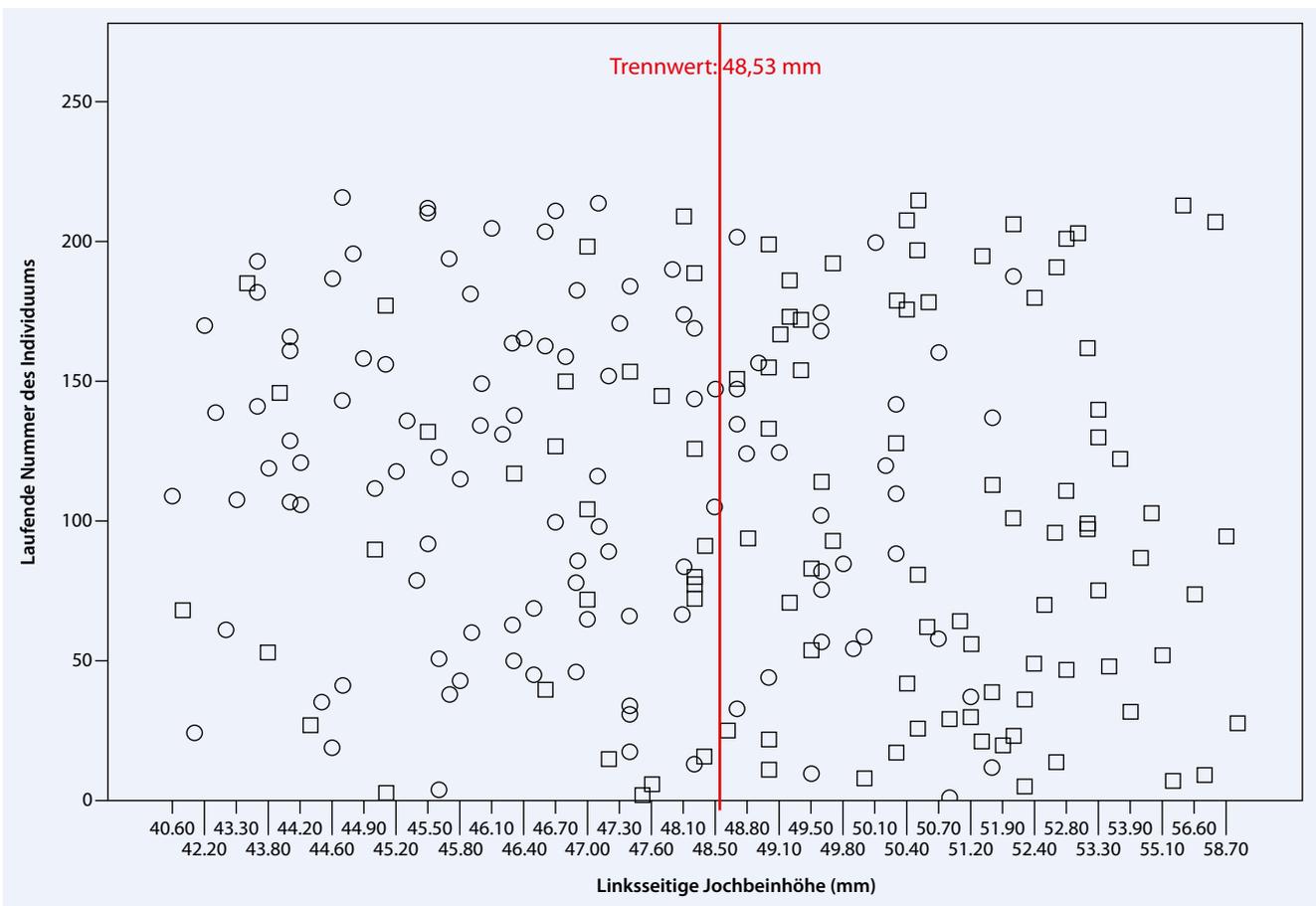
Im Rahmen des Projekts „Digitale Forensische Osteologie“ werden an virtuellen rezenten Skeletten etablierte osteolo-

**Tab. 1** Körperlänge und Alter der untersuchten Individuen

	Anzahl (n)	Minimum	Maximum	Mittelwert
<b>Alter (Jahre)</b>				
Gesamt	216	22	109	61,0
Weibliche Individuen	112	22	109	63,0
Männliche Individuen	104	22	109	58,5
<b>Körperlänge (cm)</b>				
Gesamt	212	145	207,5	169,4
Weibliche Individuen	110	145	180	162,8
Männliche Individuen	102	160	207,5	176,7



**Abb. 1** ◀ Exemplarische Darstellung einer Messung der Jochbeinhöhe (a) und -länge (b) der linken Seite. Der Schädel bzw. das Jochbein wurde vorher so ausgerichtet, dass die Messstrecken in der Frontalebene des Bilds liegen



**Abb. 2** ▲ Verteilung der Messwerte der linksseitigen Jochbeinhöhe (x-Achse), auf der y-Achse laufende Nummer der Individuen. Kreise weibliche Individuen, Quadrate männliche Individuen, rote Linie ermittelte Trennwert zur Geschlechtsdiskrimination

gische Parameter neu evaluiert und neue Parameter gesucht [23, 29]. In der vorliegenden Arbeit sollte anhand postmortaler Computertomographie(CT)-Datensätze überprüft werden, ob an isolierten Jochbeinen ein neu definierter und 2 be-

reits etablierte osteometrische Parameter zuverlässig genug gemessen werden können, und ob mit deren Hilfe eine ausreichend verlässliche Geschlechtsdiskriminierung möglich ist. Darüber hinaus sollte

der Zusammenhang zur Körperlänge statistisch beschrieben werden.

A. Walter · F. Ramsthaler · A. Gehl · C.G. Birngruber · J. Krähahn · N. Bächle · M. Obert · M.A. Verhoff

**Geschlechtsdiskriminierung und Körperhöschätzung anhand des Jochbeins****Zusammenfassung**

**Hintergrund.** Werden nur einzelne Knochen oder Knochenfragmente einer unbekanntten Leiche geborgen, müssen im Rahmen der Identifizierung alternative, insbesondere osteometrische Parameter zur Bestimmung des Geschlechts und der Schätzung der Körperlänge herangezogen werden. Klassische morphologische Merkmale sind aufgrund der Fragmentierung hier oft nicht oder schwierig zu beurteilen.

**Ziel der Arbeit.** Anhand postmortaler Computertomographie(CT)-Datensätze sollte überprüft werden, ob mithilfe osteometrischer Parameter des Jochbeins eine Geschlechtsdiskriminierung und eine Körperlängenschätzung möglich sind.

**Material und Methode.** Untersucht wurden postmortale Schädel-CT-Datensätze von 112 weiblichen und 104 männlichen Verstorbenen, die im Hamburger Institut für Rechtsmedizin angefertigt wurden (Schichtdicke 0,63 mm). Alter und Geschlecht der Verstor-

benen waren bekannt; die Körperlänge war vor der CT-Untersuchung manuell gemessen worden. Die Daten wurden in das Programm OsiriX importiert. Im 3D-Modus („volume rendering“) wurden die maximalen beidseitigen Höhen, Längen und Dicken des Jochbeins vermessen.

**Ergebnisse.** Obwohl beidseitige Jochbeinhöhe und -länge einen hochsignifikanten Zusammenhang mit der Körperlänge ( $p < 0,0001$ ) aufwiesen, wurden nur Korrelationskoeffizienten von etwa 0,45 erreicht. Eine sinnvoll einsetzbare Regressionsformel konnte aufgrund der enormen Standardfehler der Schätzung nicht gebildet werden. Alle 6 Messstrecken waren für sich geeignet, zwischen den Geschlechtern zu trennen. Die höchste diskriminatorische Bedeutung zeigte für beide Seiten die Jochbeinhöhe. Mit einem Klassifikationsmodell unter Einsatz aller 3 Parameter der linken Seite konnte die korrekte Geschlechtsklassifikation in 76,6%

der Fälle und für die rechte Seite in 75,6% erreicht werden. Wurde nur die linksseitige Jochbeinhöhe (Trennwert 48,53 mm) eingesetzt, gelang die korrekte Geschlechtszuordnung bei 73,2% der weiblichen und 71,2% der männlichen Individuen. Für die rechtsseitige Jochbeinhöhe (Trennwert 48,56 mm) ergab sich eine korrekte Zuordnung bei 79,5% der weiblichen und in 70,2% der männlichen Individuen.

**Schlussfolgerung.** Die relativ leicht messbare, in der vorliegenden Arbeit erstmals definierte Jochbeinhöhe kann als isolierter Parameter unter einfacher Anwendung eines Trennwerts von 48,5 mm zur Geschlechtsdiskriminierung hilfreich sein.

**Schlüsselwörter**

Forensische Anthropologie · Osteologie · Geschlechtsbestimmung · Trennwert · Körperlänge

**Sex discrimination and estimation of body height from the zygomatic bone****Abstract**

**Background.** When only isolated bones or bone fragments are retrieved in a forensic case of an unknown corpse, classical morphological features are frequently difficult or impossible to evaluate from the fragmented samples and alternative, in particular, osteometric parameters must be evaluated to determine the sex and body length.

**Aim.** The aim of this study was to investigate if osteometric parameters of the zygomatic bone obtained from postmortem computed tomography (CT) datasets could be used to determine the sex and body length of individuals.

**Material and methods.** In this study CT data sets from the skulls of 112 female and 104 male corpses were investigated. The data sets (slice thickness 0.63 mm) were compiled at the Institute of Legal Medicine in Hamburg, Germany. Both the age and sex of the corpses were known and the body length (length)

was manually measured prior to the CT examination. The CT data were then imported into OsiriX software, and using the 3D modus (volume rendering), the maximum value for length, length and thickness was measured for both zygomatic bones for each skull.

**Results.** Although a highly significant correlation was found between the length and length of the zygomatic bone from both sides of the skull and the individual body length, the correlation coefficients obtained showed values of only approximately 0.45. A useful regression formula could not be derived due to the large standard error of the estimates. In principle, all six of the measured distances were suited to differentiate between the sexes. For both sides of the skull, the length of the zygomatic bone showed the greatest sex discriminatory significance. In a classification model that used all three parameters from the left side, sex was cor-

rectly determined in 76.6% of the cases and in 75.6% of the cases from the right side. When only the length of the left zygomatic bone was used (cut-off value 48.53 mm), sex was correctly determined for 73.2% of female and for 71.2% of male individuals and for the right side (cut-off value 48.56 mm) the corresponding values were 79.5% for female and 70.2% for male individuals.

**Conclusion.** The length of the zygomatic bone, which was defined for the first time in this study, is relatively easy to measure and can be a useful isolated parameter for sex determination with a simple cut-off level of 48.5 mm.

**Keywords**

Forensic anthropology · Osteology · Sex determination · Cut-off value · Body length

**Material und Methoden**

Untersucht wurden Schädel-CT-Datensätze von 112 weiblichen und 104 männlichen Verstorbenen (■ **Tab. 1**), die im Hamburger Institut für Rechtsmedizin gesammelt wurden (Diamond Select MX 8000

Quad CT-Scanner, Fa. Philips, Amsterdam, Niederlande, Schichtdicke 0,63 mm, 120 kV, 299–349 mAs, „pitch“: 0,88, „image matrix size“: 512×512). Alter und Geschlecht waren bekannt; die Körperlänge war manuell vor der CT-Untersuchung erfasst worden. Die Datensätze der Verstor-

benen wurden anonymisiert und durchnummeriert. In die Untersuchung wurden Verstorbene mit einem Alter über 18 Jahre und einem vollständigen Datensatz des Schädels sowie mit beidseits intaktem und vermessenem Jochbein aufgenommen. Ausschlusskriterien waren Fraktu-

**Tab. 2** Messparameter am Jochbein

Parameter	Verbindung zwischen den Messpunkten	Name nach [3]	Definition nach [3]
Jochbeinlänge	Zygoorbitale (zo) – unteres Ende und Sutura temporozygomatica	Größte Jochbeinlänge	Geradlinige Entfernung des Zygoorbitale (zo) zum unteren Ende der Sutura temporozygomatica
Jochbeinhöhe	Zygomaxillare (zm) und Frontomalare temporale (fmt)	Nicht definiert	Nicht definiert
Jochbeindicke	Keine Messpunkte	Wölbungshöhe des Jochbeins	Die größte Wölbungshöhe der Jochbeinoberfläche – im Niveau des Foramen zygomaticofaciale – senkrecht auf der Größten Jochbeinlänge

Die 3 in der vorliegenden Arbeit gemessenen osteometrischen Parameter (1. Spalte). Die 2. Spalte nennt die beiden Messpunkte (zo Zygoorbitale, zm Zygomaxillare, fmt Frontomalare temporale), falls möglich. Spalte 3 enthält den Namen nach [3] und die letzte Spalte die exakte dort genannte Definition der Messstrecke.

**Tab. 3** „Intra“- und „Interobserver“-Vergleich

Variable	Intraobserver-ICC-Analyse	Interobserver-ICC-Analyse, n=4 Rater	Konkordanzanalyse
<b>Höhe</b>			
Rechts	0,9610	0,9558	
Links	0,9330	0,9722	
<b>Länge</b>			
Rechts	0,8390	0,9532	
Links	0,7659	0,9414	
<b>Dicke</b>			
Rechts	0,5830		0,4051
Links	0,5849		0,4032

Angewendet wurde die Intraklassenkorrelation(ICC)-Analyse für beide Fragestellungen. Für die beiden Parameter rechts- und linksseitige Jochbeindicke erfolgte zusätzlich eine Konkordanzanalyse.

ren des Jochbeins, fortgeschrittene Verwesung (fehlende Messbarkeit der Körperlänge) und die CT-Daten störende Artefakte, hervorgerufen z. B. durch verbliebende Tötungs-/Suizidmaterialien, medizinische Geräte, Osteosynthesen im Mittelgesicht oder Zahnarbeiten.

Die Daten wurden in das Programm OsiriX importiert. Im 3D-Modus („volume rendering“) wurden nach vorheriger Ausrichtung des Jochbeins in der Frontalebene [29] die maximalen beidseitigen Höhen, Längen und Dicken des Jochbeins vermessen (■ Abb. 1, 2). Für Länge und Höhe wurde sich hierbei an den in der Anthropologie definierten Messpunkten orientiert ([3]; ■ Tab. 2, 2. Spalte). Bei der Dicke wurde versucht, die maximal sichtbare Dicke einzustellen und zu vermessen. Bei Länge und Dicke handelte es sich um etablierte Parameter [3]; die Höhe wurde neu definiert und erstmals in dieser Arbeit gemessen (■ Tab. 2).

Nach einer ersten Vermessung und Datenerfassung aller Schädel erfolgte an 30 zufällig ausgewählten Datensätzen (22 weiblich, 8 männlich) nach einem Zeitraum von 6 Wochen eine 2. Messung durch dieselbe Untersucherin. Außerdem wurden diese 30 Datensätze unabhängig von 2 weiteren, in der digitalen forensischen Osteologie erfahrenen Untersuchern und einem unerfahrenen, frisch angelernten Untersucher vermessen.

Die Messwerte wurden zunächst in Microsoft-Excel-Tabellen erfasst und anschließend in SPSS-Datensätze überführt. Die deskriptiven und explorativen statistischen Auswertungen erfolgten im Anschluss in SPSS (Version 17.0) und Statistica® Vers. 8.

## Ergebnisse

### „Intra“- und „Interobserver“-Validität

Nach Durchführung der Intraklassenkorrelation(ICC)-Analyse haben sich im Intraobserver-Vergleich gute Übereinstimmungen für die beidseitigen Messungen der Jochbeinhöhe und -länge nachweisen lassen. Bei der Jochbeindicke waren die Resultate deutlich schlechter. Die Konkordanzanalyse der Jochbeindicke zeigt Koeffizienten von <0,6, woraus sich eine Einschränkung der Reliabilität für dieses Merkmal ableiten ließ. In die Zwischenbeobachtervergleiche wurde die Jochbeindicke deshalb nicht mehr einbezogen. Für die beiseitige Jochbeinhöhe und -länge erbrachte die ICC-Analyse im Interobserver-Vergleich durchweg sehr gute Übereinstimmungen (■ Tab. 3).

### Körperlänge

Zur Überprüfung eines möglichen Zusammenhangs zwischen Körperlänge und den metrischen Maßen des Jochbeins erfolgte eine Korrelationsanalyse nach Pearson. Es fand sich für die 4 Parameter Jochbeinlänge und -breite (jeweils beidseits; ■ Tab. 4) ein niedrig-positiver Zusammenhang. Ein geringer Zusammenhang war zwischen den beidseitigen Jochbeindicken und der Körperlänge zu sehen (■ Tab. 4).

Nach Durchführung einer multiplen linearen Regression und nach schrittweisem Ausschluss aller beitragschwachen Variablen konnte anhand der beiden Parameter rechts- und linksseitige Jochbeinhöhe ein maximales Bestimmtheitsmaß von  $r^2 = 0,287$  erreicht werden. Dabei betrug jedoch der (einfache) Standardfehler des Schätzers 8,79 cm ( $p < 0,0001$ ).

### Geschlecht

Zur Prüfung auf die Diskriminanzfähigkeit der jeweiligen Variablen hinsichtlich des Geschlechts wurde eine kanonische Diskriminanzanalyse aller 6 Jochbeinmesswerte gegen das Geschlecht durchgeführt (■ Tab. 5). Unter allen 6 Parametern lieferte die Jochbeinhöhe den höchsten F-Wert (=85). Nach einem Klassifikationsmodell, in das nur die Jochbeinhöhe, -länge und -dicke der rechten Seite integriert

**Tab. 4** Zusammenhang zwischen Körperlänge und den Messstrecken der Jochbeine<sup>a</sup>

	r	p
<b>Jochbeinlänge</b>		
Rechts	0,448	<0,0001
Links	0,447	<0,0001
<b>Jochbeinhöhe</b>		
Rechts	0,460	<0,0001
Links	0,473	<0,0001
<b>Jochbeindicke</b>		
Rechts	0,179	<0,01
Links	0,222	<0,001

r Korrelationskoeffizient, p Irrtumswahrscheinlichkeit.

<sup>a</sup>Ergebnisse der Korrelationsanalyse nach Pearson.

**Tab. 5** Prüfung der Diskriminanzfähigkeit der Variablen (Spalte 1) in Bezug auf das Geschlecht

	Wilks-λ	F	df1	df2	p
<b>Länge</b>					
Rechts	0,810	48,22	1	206	<0,0001
Links	0,825	43,73	1	206	<0,0001
<b>Höhe</b>					
Rechts	0,706	85,77	1	206	<0,0001
Links	0,730	76,13	1	206	<0,0001
<b>Dicke</b>					
Rechts	0,954	9,98	1	206	=0,002
Links	0,933	14,83	1	206	<0,0001

Univariate Anova-Analyse (Gleichheitstest der Gruppenmittelwerte). df, „degrees of freedom“, F Anzahl der Freiheitsgrade, p Irrtumswahrscheinlichkeit.

wurden, gelang eine korrekte Klassifikation der weiblichen Individuen in 78% und der männlichen in 74%. Für beide Geschlechter betrug die Gesamttrefferquote 76%.

➤ **Die Jochbeinhöhe hatte mit einem Wilks-λ-Wert von 0,78 den höchsten Anteil an der Diskrimination.**

Wurde das Klassifikationsmodell auf die rechtsseitige Höhe reduziert, ergab sich eine Gesamttrefferquote für die Geschlechtsdiskriminierung von 75%.

Für die linke Seite wurden analoge Klassifikationsmodelle erstellt, die vergleichbare Resultate ergaben. Die Gesamttrefferquote für alle 3 linken Variablen betrug 77%. Wurde nur die linksseitige Höhe eingesetzt, betrug die Gesamttrefferquote 72%.

Bei 2 weiteren Klassifikationsmodellen wurden nur die links- und rechtsseitigen Jochbeinhöhen (Gesamttrefferquote 75%) sowie alle 6 Variablen gemeinsam (Gesamttrefferquote 74%) eingesetzt.

Für die am stärksten diskriminierenden Variablen, die rechts- und linksseitigen Jochbeinhöhen, sollte ein Trennwert bestimmt werden. Dafür konnte durch Anwendung des Kolmogorow-Smirnow-Test eine Normalverteilung der Daten in beiden Gruppen (männlich und weiblich; jeweils  $p < 0,0001$ ) bestätigt werden. Im Anschluss wurden für die beiden Gruppen die sog. Zentroide der Jochbeinhöhe (rechts und links getrennt) ermittelt. Der Trennwert ergab sich aus dem Mittelwert der beiden Zentroide für die rechtsseitige Jochbeinhöhe

mit 48,56 mm und für die linksseitige Jochbeinhöhe mit 48,53 mm. Unter Einsatz des Trennwerts für die rechtsseitige Jochbeinhöhe konnte eine korrekte Klassifikation der weiblichen Individuen von 79,5% und der männlichen von 70,2% erreicht werden. Mithilfe der linksseitigen Jochbeinhöhe (Abb. 2) konnten die weiblichen Individuen in 73,2% und die männlichen in 71,2% korrekt zugeordnet werden.

## Diskussion

Im Rahmen des Projekts „Digitale Forensische Osteologie“ wurde an den Datensätzen von 112 weiblichen und 104 männlichen Verstorbenen überprüft, ob am Jochbein ein neu definierter (Höhe) und 2 etablierte Parameter (Länge, Dicke), jeweils rechts und links, erhoben werden können, und ob diese Parameter zur Schätzung der Geschlechtszugehörigkeit geeignet sind. Obwohl aus theoretischen Überlegungen kein für die forensische Fallarbeit nutzbarer Zusammenhang zwischen Körperlänge und Jochbeinmaßen vermutet werden konnte, wurde der Umfang der metrischen Korrelation verifiziert.

Nach der Wiederholungsmessung an 30 zufällig ausgewählten Datensätzen (Intraobserver-Validierung) zeigte sich bereits, dass die Jochbeindicke nicht mit der notwendigen Zuverlässigkeit messbar war. Dagegen waren die Jochbeinhöhe und -länge sehr gut reproduzierbar. Die unabhängige Vermessung dieser 30 Individuen durch 3 weitere Untersucher (Interobserver-Validierung) ergab ebenfalls reproduzierbare

und messgenaue Werte für die Jochbeinhöhe und -länge. Dabei ist anzumerken, dass nur 2 der 3 Untersucher des Interobserver-Vergleichs in der (analogen und digitalen) Osteometrie erfahren waren, was jedoch keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Messungen hatte. Die Abweichungen waren insgesamt vergleichbar mit denen, die bei analogen Messungen an realen Schädeln beobachtet werden [12, 29].

➤ **Jochbeinhöhe und -länge können als geeignetes digitales osteometrisches Parameterpaar angesehen werden.**

Die beiden Messstrecken Jochbeinhöhe und -länge sind der realen Messung mit dem Gleitzirkel problemlos zugänglich, sodass davon auszugehen ist, dass eine analoge Vermessung in gleichem Umfang nur gering fehleranfällig ist.

Alle 6 Messstrecken waren als Einzelparameter geeignet, zwischen den Geschlechtern zu trennen. Die höchste diskriminatorische Bedeutung zeigte für beide Seiten die Jochbeinhöhe.

Mit einem Klassifikationsmodell unter Einsatz aller 3 Parameter der linken Seite konnte eine korrekte Geschlechtsklassifikation in 76,6% der Fälle und für die rechte Seite in 75,6% erreicht werden. Für ein derartiges Vorgehen in der Praxis wäre es aber notwendig, dass alle 3 Parameter an einem Jochbein korrekt gemessen werden. Einschränkend darauf wirkt sich einerseits die dargestellte Messunsicherheit der Jochbeindicke aus, andererseits ist bei fragmentierten Schädeln die Jochbeinlänge der sen-

sibelste Wert, da das Jochbein an der medialen und lateralen Begrenzung am fragilsten und in der Praxis hier am häufigsten beschädigt ist.

Demnach dürfte die neu definierte Jochbeinhöhe von den 3 überprüften der in der forensisch-osteologischen Fallarbeit am häufigsten korrekt zu messende Parameter sein. Er wies zudem in der vorliegenden Untersuchung die höchste geschlechtsdifferenzierende Bedeutung auf. Zusätzlich wurde der für die Fallarbeit oft praktische und schnell anwendbare Trennwert berechnet. Für die rechtsseitige Jochbeinhöhe konnte dieser Trennwert bei 48,56 mm festgelegt werden. Seine Verwendung ermöglicht bei 79,5% der weiblichen und 70,2% der männlichen Individuen eine korrekte Zuordnung. Für die linksseitige Jochbeinhöhe ergab sich ein Trennwert von 48,53 mm, womit eine korrekte Geschlechtszuordnung für 73,2% der weiblichen und 71,2% der männlichen Individuen gegeben war.

Aus den Ergebnissen der Analysen über den Zusammenhang von Jochbeinparametern zur Körperlänge bestätigte sich die Vermutung einer nur schwachen Korrelation mit niedrigen Korrelationskoeffizienten von etwa 0,45 und entsprechend niedrigen Bestimmtheitsmaßen von  $r^2 < 0,21$ . Eine forensisch sinnvoll einsetzbare Regressionsformel zur Schätzung der Körperlänge konnte aufgrund der enormen Standardfehler der Schätzung von  $> 8,79$  cm in dieser Stichprobe nicht erstellt werden. Aus diesen Befunden lässt sich daher erneut ableiten, dass eine verlässliche Körperlängenschätzung anhand von Schädelparametern bislang nicht gelungen ist. Da isolierte Schädelknochen ohne Knochen des Postcraniums eine häufige Konstellation in der forensisch-osteologischen Fallarbeit darstellen, bleibt jedoch das Auffinden osteometrischer Schädelparameter zu einer brauchbaren Körperlängenschätzung weiterhin wünschenswert, obwohl bisher alle Versuche, derartige Parameter zu etablieren, gescheitert sind [10, 24]. Offenbar ist der Zusammenhang zwischen Schädeldimensionen und Körperlänge zu gering.

### Fazit für die Praxis

Die relativ leicht und wohl in vielen Fällen selbst mit starker Schädelfragmentierung messbare, in der vorliegenden

**Arbeit erstmals definierte Jochbeinhöhe kann als isolierter Parameter unter einfacher Anwendung eines Trennwerts von 48,5 mm zur Geschlechtsdiskriminierung hilfreich sein. Dabei führen das Unterschreiten dieses Werts zu der Diagnose weiblich und das Überschreiten zur Diagnose männlich.**

### Korrespondenzadresse

#### Prof. Dr. M.A. Verhoff

Institut für Rechtsmedizin, Universitätsklinikum Frankfurt, Goethe-Universität  
Kennedyallee 104, 60596 Frankfurt a. M.  
verhoff@med.uni-frankfurt.de

### Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** A. Walter, F. Ramsthaler, A. Gehl, C.G. Birngruber, J. Krähahn, N. Bächle, M. Obert und M. A. geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Alle Untersuchungen wurden mit Zustimmung der zuständigen Ethikkommission (positives Votum der Ethikkommission des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen vor, AZ: 63/09), im Einklang mit nationalem Recht sowie der Deklaration von Helsinki von 1975 (in der aktuellen, überarbeiteten Fassung) durchgeführt. Von allen beteiligten Patienten liegt eine Einverständniserklärung vor.

Das Projekt „Digitale Forensische Osteologie“ wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert (VE 381/4-1).

### Literatur

- Birngruber C, Kreuzt K, Ramsthaler F et al (2010) Superimposition technique for skull identification with Afloat® software. *Int J Legal Med* 124:471–475
- Birngruber CG, Obert M, Ramsthaler F et al (2011) Comparative dental radiographic identification using flat panel CT. *Forensic Sci Int* 209:e32–e34
- Bräuer G (1988) Osteometrie. *Kraniometrie*. In: Knussmann R (Hrsg) *Anthropologie – Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*, Bd I, 1. Teil. Gustav Fischer, Stuttgart, S 160–192
- Breitinger E (1937/1938) Zur Berechnung der Körperhöhe aus den langen Gliedmaßenknochen. *Anthropol Anz* 14:249–274
- Ferembach D, Schwidetzki I, Stloukal M (1979) Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett. *Homo* 30:1–32
- Giles E, Elliot O (1963) Sex determination by discriminant function analysis of crania. *Am J Phys Anthropol* 21:53–68
- Hädrich C, Bock S, Dreßler J (2011) Leichenschau nach 1000 Jahren. *Rechtsmedizin* 21:465–468
- Henke W (1974) Zur Methode der diskriminanzanalytischen Geschlechtsbestimmung am Schädel. *Homo* 24:99–117
- Jantz RL, Ousley SD (1993) FORDISC 1.0: computerized forensic discriminant functions. University of Tennessee, Knoxville
- Kalia S, Shetty SK, Patil K, Mahima VG (2008) Stature estimation using odontometry and skull anthropometry. *Indian J Dent Res* 19:150–154
- Keen JA (1950) A study of the differences between male and female skulls. *Am J Phys Anthropol* 8:65–79
- Kragh T, Holley S, Krichhoff S et al (2011) Forensisch-anthropometrischer Methodenvergleich. Reliabilität eines bildgebenden Verfahrens. *Rechtsmedizin* 21:445–451
- Lehn C, Graw M (2012) Wie viel Regionalität steckt in Körpergewebe? Isotopenmethoden zur geografischen Herkunftsbestimmung von unbekanntem Toten. *Rechtsmedizin* 22:99–105
- Lessig R, Benthaus S (2003) Forensische Odontostomatologie. *Rechtsmedizin* 13:161–169
- Lessig R, Edelmann J, Aspinall L et al (2011) German standards for forensic molecular genetic investigations in cases of mass disaster victim identification (DVI). *Forensic Sci Int Genet* 5:247–248
- Moore-Jansen P, Ousley SD, Jantz RL (1994) Data collection procedures for forensic skeletal material. Reports of investigations no. 48. University of Knoxville, Dept. of Anthropology, Knoxville, Tennessee
- Novotny V (1972) Geschlechtsmerkmale und Geschlechtsbestimmung auf dem Os coxae. *Konferenz Evropskych Anthropol*, Prag
- Novotny V (1975) Diskriminanzanalyse der Geschlechtsmerkmale auf dem Os coxae beim Menschen. XIII Czechoslovakian Anthropological Congress, Brno (Brünn)
- Pearson K (1899) On the reconstruction of stature of prehistoric races. *Mathematic contributions to the theory of evolution*. *Trans R Soc A* 192:169–244
- Penning R (1990) Alterskorrelierte Schätzung der Körpergröße anhand der Länge der Extremitätenknochen. *Habilitationsschrift*, München
- Penning R (1996) *Rechtsmedizin systematisch*. Uni-Med, Bremen, S 34–39
- Püschel K, Säring D, Käsemann P et al (2011) Interdisziplinäre Gesichtsrekonstruktion einer Moorleiche. *Rechtsmedizin* 21:221–224
- Ramsthaler F, Kettner M, Gehl A, Verhoff MA (2010) Digital forensic osteology: morphological sexing of skeletal remains using volume-rendered cranial CT scans. *Forensic Sci Int* 195:148–152
- Ryan I, Bidmos MA (2007) Skeletal height reconstruction from measurements of the skull in indigenous South Africans. *Forensic Sci Int* 167:16–21
- Schiwy-Bochat K-H (2000) Morphognostische Geschlechtsbestimmung am menschlichen Schädel. In: Oehmichen M, Geserick G (Hrsg) *Osteologische Identifikation und Altersschätzung – Rechtsmedizinische Forschungsergebnisse/Research in Legal Medicine*, Vol. XXIII. Schmidt-Römhild, Lübeck, S 87–102
- Schwark T, Poetsch M, Preuße-Prange A et al (2012) Molekulargenetische Identifizierung von Leichen. Erfahrungen mit verschiedenen Vergleichsmaterialien. *Rechtsmedizin* 22:385–390
- Stuller F, Novomesky F, Krajcovic J, Straka L (2011) Skelettreste aus dem Zeitraum des Zweiten Weltkriegs. Forensisch-anthropologische Expertisen. *Rechtsmedizin* 21:136–140
- Trotter M, Gleser GC (1952) Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes. *Am J Phys Anthropol* 10:463–514
- Verhoff MA, Ramsthaler F, Krähahn J et al (2008) Digital forensic osteology – possibilities in cooperation with the Virtopsy® Project. *Forensic Sci Int* 174:152–156
- Zinka B, Kandlbinder R, Haas G et al (2011) Radionuklidanalyse von  $^{228}\text{Th}$  und  $^{228}\text{Ra}$ . Neue Methode zur Liegezeitbestimmung. *Rechtsmedizin* 21:124–130