

Aus dem Fachbereich Medizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

betreut am
Institut für Rechtsmedizin
Direktor: Prof. Dr. Marcel A. Verhoff

**Körpergrößenschätzung und Geschlechtsdiskrimination
anhand von metrischen Schädeldachparametern**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
des Fachbereichs Medizin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt am Main

vorgelegt von
Teseera Varghese Kottakkal, geb. Kolencherry

aus Kerala, Indien

Frankfurt am Main, 2021

Dekan:	Prof. Dr. Stefan Zeuzem
Referent:	Prof. Dr. Marcel A. Verhoff
Korreferent:	Priv. Doz. Dr. Helmut Wicht
Tag der mündlichen Prüfung:	03.12.2021

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	4
2	Summary.....	6
3	Abkürzungsverzeichnis.....	8
4	Übergreifende Zusammenfassung.....	9
	4.1 Einleitung.....	9
	4.2 Forensische Osteologie.....	10
	4.2.1 Hinweise auf Identität.....	11
	4.2.2 Geschlecht, Lebensalter und Körperhöhe.....	11
	4.2.2.1 Geschlecht.....	11
	4.2.2.2 Lebensalter.....	12
	4.2.2.3 Körperhöhe.....	15
	4.3 Der menschliche Schädel.....	17
	4.3.1 Schädelnähte (Suturae).....	17
	4.3.2 Identifizierung anhand von Schädelknochen.....	19
	4.4 Eigene Arbeiten.....	25
	4.4.1 Körpergrößenschätzung und Geschlechtsdiskrimination; Messung des maximalen Längs und Querdurchmessers des Schädels.....	25
	4.4.1.1 Material und Methoden.....	25
	4.4.1.2 Ergebnisse.....	26
	4.4.2 Über die Korrelation von Schädelnahtlängen und Körperhöhe bei Mitteleuropäern.....	31
	4.4.2.1 Material und Methoden.....	31
	4.4.2.2 Ergebnisse.....	31
	4.5 Diskussion.....	34
	4.6 Fazit.....	36
5	Veröffentlichte Publikationen.....	37
6	Darstellung des eigenen Anteils an den Publikationen.....	54
7	Literaturverzeichnis.....	55
8	Danksagung.....	63
9	Lebenslauf.....	64
	Schriftliche Erklärung.....	67

1 Zusammenfassung

Körpergrößenschätzung und Geschlechtsdiskrimination; Messung des maximalen Längs- und Querdurchmessers des Schädels

Knöchernen Schädeln sind häufig die einzigen Skelettüberreste, die für forensisch-osteologische Untersuchungen zur Verfügung stehen. Am Schädel lassen sich gute Hinweise für Geschlechtsdiskriminierung, Lebensalter und Herkunft erlangen. Es sollte überprüft werden, ob mithilfe der an der frischen Sägefläche des Hirnschädels gemessenen maximalen Schädelhöhe und -breite eine Schätzung der Körpergröße oder eine Geschlechtsdiskrimination möglich ist.

In die Untersuchung gingen die Autopsieberichte von 959 Verstorbenen ein, die das 21. Lebensjahr vollendet hatten und in den Jahren 2004 bis 2008 am Institut für Rechtsmedizin der Universität Gießen obduziert worden waren. Um den Einfluss der Herkunft der Individuen auf die untersuchten Maße abzuschätzen, wurde eine getrennte Betrachtung der in Deutschland (n=760) und außerhalb von Deutschland geborenen Individuen (n=199) durchgeführt. Trotz signifikanter Korrelationen der maximalen Schädelhöhe mit der Körpergröße konnte aufgrund der hohen Standardfehler keine sinnvolle einsetzbare Regressionsformel berechnet werden. Die maximale Schädelbreite zeigte keine nennenswerte Korrelation zur Körperlänge. Bezüglich der Geschlechtsdiskrimination konnte für kaukasoide Individuen folgende Aussage getroffen werden: Schädelhöhen kleiner 15,5 cm sprechen für weibliche und größer 19 cm für männliche Individuen. Bei der Schädelbreite weisen Werte kleiner 12,5 cm auf eine Frau und größer 15,5 cm auf einen Mann hin.

Über die Korrelation von Schädelnahtlängen und Körperhöhe bei Mitteleuropäern

An den Stellen des Schädeldachs, an denen 2 benachbarte Knochenanlagen aneinanderstoßen, bildet das Bindegewebe Knochennähte, Suturæ (Sutura sagitalis, Sutura coronalis, Sutura lambdoidea) aus (Schiebler et al. 2002).

Ein vielversprechender Ansatz hinsichtlich der Verwendung der Schädelnähte zur Körperhöhenschätzung wurde von Rao et al. (2009) publiziert. Sie konnten in ihrer Studie an 87 Schädeln südindischer männlicher Individuen eine Korrelation sowohl zwischen Sagittal- als auch Coronarnaht und Körperhöhe nachweisen und für deren Berechnung eine Regressionsformel ableiten. In der vorliegenden prospektiven Studie sollte überprüft werden, ob sich die Ergebnisse von Rao et al. auf eine mitteleuropäische Population übertragen lassen, und ob sich anhand von Sektionsfällen eine Korrelation zwischen Schädelnahtlängen (Sagittal- und Coronarnaht) einerseits und Körperlänge andererseits nachweisen lässt.

Am Gießener Institut für Rechtsmedizin wurden in den Jahren 2009 und 2010 bei 117 Verstorbenen prospektiv die Längen der Sagittal- und Coronarnaht sowie die Körperhöhen gemessen. Das Alter der Verstorbenen lag zwischen 15 und 96 Jahren (Mittelwert 52,8 Jahre, Median 51 Jahre); 82 Personen waren männlich und 35 weiblich. Die Länge der Sagittalnaht in Bezug auf die Körperhöhe ergab in der Regressionsanalyse einen Korrelationskoeffizienten von lediglich $r = 0,045$ ($p = 0,617$). Ähnliche Ergebnisse wurden für die Coronarnaht ermittelt; hierbei betrug der Korrelationskoeffizient $r = 0,015$. Bei Annahme einer maximal zulässigen Fehlerwahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ erwies sich keine der durchgeführten Regressionsanalysen als statistisch signifikant. Nach den erhobenen Befunden ist weder die Länge der Sagittal- noch die Länge der Coronarnaht geeignet, bei Mitteleuropäern die Körperhöhe zu schätzen.

2 Summary

Estimation of height and sex determination; Measurement of maximum cranial length and width

The aim of this study was to investigate whether the maximum measurements for cranial length and width obtained from the opening cranial cut at autopsy could be used to estimate body height or to determine sex.

In this study 959 deceased persons aged over 21 years at death were examined where autopsies were performed at the Institute of Legal Medicine in Giessen in the period from 2004 to 2008. In order to be able to gauge the influence of provenance on the examined parameters, individuals born in Germany (n=760) were considered separately from those born outside Germany (n=199). Despite a significant correlation between the maximum cranial length and body height a useful regression formula could not be calculated due to the high standard error. There was no significant correlation between maximum cranial width and body height. With respect to sex determination the following observations were made for Caucasian individuals: cranial lengths of less than 15.5 cm indicated females while lengths of over 19 cm indicated males and cranial widths of less than 12.5 cm indicated females while cranial widths of more than 15.5 cm indicated males.

Stature estimation from sagittal and coronal suture lengths for central European individuals

Human skulls frequently represent the only skeletal remains of an unidentified corpse available for forensic osteological examination. Skulls are very useful in reliably determining sex and also yield fairly good clues to an individual's age and ancestry. To date, however, a sufficiently accurate correlation between skull measurements and stature could not be found. The results of a study by Rao et al. (2009) shows a good correlation between the length of the coronal and sagittal sutures and stature in a male Indian population. In an attempt to verify the transferability of their results to a Central European population, the authors measured the length of the sagittal and coronal sutures with a tape

measure along with body height in the course of 117 autopsies performed at the Institute of Forensic Medicine at the University of Giessen during 2009 and 2010. The age of the individuals measured ranged from 15 to 96 years (mean value 52.8, median 51 years). Of these individuals, 82 were male and 35 were female. The length of the sagittal suture with respect to body length yielded a correlation coefficient of only $r = 0.045$ ($p = 0.617$) in the regression analysis. Similar results were found for the coronal suture: In this case the correlation coefficient was $r = 0.015$. With an assumed maximum permissible probability of error of $\alpha = 0.05$, none of the performed regression analyses were found to be statistically significant. As expected, our results suggest that neither the length of the sagittal nor the length of the coronal suture is suitable for a forensic estimation of stature for Central European individuals.

3 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
α	alpha = Signifikanzniveau α
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
DNA	Desoxyribonukleinsäure
et al.	et alii (und andere)
mm	Millimeter
mtDNA	mitochondriale DNA
n	Zahl (Nummer)
nkDNA	nukleäre DNA
PMI	Liegezeit = postmortales Intervall
P-Wert	Überschreitungswahrscheinlichkeit, Signifikanzwert
r	Korrelationskoeffizient
R ²	Bestimmtheitsmaß
SD	Standardabweichung
SEE	Standardfehler der Schätzung
SF	Schätzgenauigkeit
Stdf.	Standardfehler
u.	und
z. B.	Zum Beispiel

4 Übergreifende Zusammenfassung

4.1 Einleitung

Die Identifikation unbekannter Toter ist eine wichtige Aufgabe der Rechtsmedizin. Die Identität eines unbekanntem Leichnams kann anhand von persönlichen Gegenständen z. B. Ausweispapieren, individuellen Körpermerkmalen, Körpermodifikationen wie Tätowierung oder Piercing, auch über die implantierten Metallplatten, Totalendoprothesen, die Seriennummer eines Herzschrittmachers sowie durch Angehörige oder andere Person festgestellt werden (Dettmeyer et al. 2014). Zum Zeitpunkt der rechtsmedizinischen Untersuchung können grundsätzlich bereits Hinweise auf die Identität durch Befunde bzw. Ermittlungsergebnisse oder noch gar keine Erkenntnisse über die zu identifizierende Person vorliegen (Verhoff 2008). Ergeben sich bei den Ermittlungen keine Hinweise auf die Identität eines Leichnams, können spezielle molekulargenetische Untersuchungen zu Ansatzpunkten führen. Ausgangspunkt ist jeweils eine Vergleichsprobe des unbekanntem Leichnams. In Abhängigkeit vom Zersetzungsgrad des Leichnams und von den (noch) vorhandenen Geweben müssen unterschiedliche Körpergewebe zur Gewinnung von DNA aufgearbeitet werden. Bei stärkerer Zersetzung wird DNA aus Nagelplatten gewonnen. Fehlen solche, wird auf Knochen und Zähne zurückgegriffen. Liegt ein DNA-Muster aus einer DNA-Datenbank vor, ist eine molekulargenetische Identitätsprüfung unmittelbar möglich. Die Identitätsklärung kann durch Abstammungsuntersuchungen, durch Untersuchung von Gebrauchsgegenständen oder auch durch Abgleich mit zu Lebzeiten erhobenen DNA-haltigen Proben erfolgen. In länger gelagerten Knochen und Zähnen sind, bedingt durch chemische Abbauprozesse, oft nur noch kleine Fragmente der nukleären DNA (nkDNA) vorhanden. Im Vergleich zur nkDNA ist die mitochondriale DNA (mtDNA) sehr viel kürzer, dafür jedoch in beträchtlich höherer Kopienzahl vorhanden. Aufgrund der hohen Kopienzahl an mitochondrialen Genomen pro Zelle eignet sich die Analyse der mtDNA zur Untersuchung von biologischem Material, das stark abgebaut ist bzw. nur geringe Mengen an nkDNA enthält (z. B. Haare oder Knochen). So ist durch die Analyse der mtDNA oder Y-chromosomaler DNA-Merkmale unter Umständen

ein Hinweis auf die Ethnie oder geografische Herkunft möglich (https://www.uniklinik-freiburg.de/fileadmin/mediapool/08_institute/rechtsmedizin/pdf/DNA_Faltblatt_Identitätsklärung.pdf).

Dass das menschliche Gebiss als höchstindividuell gilt und mit einem Fingerabdruck vergleichbar ist, wird insbesondere bei der Identifizierung unbekannter Toter genutzt. Dazu kommt eine große Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse, die zum Erhalt der Zähne auch bei Bränden oder ähnlichen Einwirkungen führen. Dies spielt insbesondere bei Massenunfällen eine große Rolle. Der Abgleich des Zahnstatus mit den Daten eines Vermissten stellt eine primäre Identifizierungsmethode neben dem Fingerabdruckvergleich und der DNA-Analyse dar. Zahlreiche radiologische Merkmale verschiedener Knochen erlauben eine sehr zuverlässige Schätzung bzw. Bestimmung des Lebensalters, des Geschlechts und der Rasse aufgefundener unbekannter menschlicher Leichen oder Skeletten (http://rechtsmedizin.uni-leipzig.de/-rechtsmed.site.postext.forensische-medizin-d_a_id.893.html).

4.2 Forensische Osteologie

Das Skelett ist der Teil des Körpers, der am robustesten gegen Umwelteinflüsse ist und je nach Lagerung bis zu mehreren tausend Jahren erhalten bleiben kann (<https://d-nb.info/995617791/34>).

Das populärste und histologisch älteste Teilgebiet der forensischen Anthropologie stellt die forensische Osteologie dar. Der Begriff forensische Osteologie wird üblicherweise auf die Untersuchung und Beurteilung von aufgefundenen Knochen zu Identifikationszwecken begrenzt. Hierbei kann es sich um überwiegend bis nahezu gänzlich skelettierte Leichen, vollständige oder unvollständige Skelette bis hin zu einzelnen Knochen oder Knochenfragmenten handeln. Bei menschlicher Herkunft eines Knochenfundes sollen das postmortale Intervall (PMI), mögliche Verletzungsspuren an den Knochen und die Identität des zugehörigen Verstorbenen geklärt werden (Dettmeyer et al. 2014). Je mehr Knochen zur Identifizierung zur Verfügung stehen, desto genauere Aussagen über die Identität eines Individuums sind möglich (Verhoff u. Kreuz 2004).

4.2.1 Hinweise auf Identität

Hinweise auf die Identität können Geschlecht, Körpergröße, Alter und geografische Populationszugehörigkeit aber auch das PMI (Liegezeit=postmortales Intervall) sowie Verletzungsspuren geben (Dettmeyer et al. 2014).

4.2.2 Geschlecht, Lebensalter und Körperhöhe

4.2.2.1 Geschlecht

Die Feststellung des Geschlechts an menschlichen Knochen ist im Allgemeinen beim Vorliegen nahezu vollständiger Skelette mit hinreichender Sicherheit möglich. Die Geschlechtsdiagnose gelingt umso leichter, je mehr Anteile des menschlichen Skeletts zur Verfügung stehen. Die Festlegung des Geschlechts gelingt bei Vorhandensein von Schädel und Becken in 98 % der Fälle, bei Schädel und Röhrenknochen zu 95 %, bei Kalvarien zu 86,3 %, am Kranium in 92 % der Fälle, am Sternum mit 80 %, an der Skapula mit 61,7 % und am Femur mit 39,6 % (Hunger u. Leopold 1978). Die morphologische Geschlechtsbestimmung am Skelett erfolgt durch die morphognostische oder morphometrische Beurteilung sexualdimorpher skelettaler Merkmale (Krogman u. Iscan 1986, Verhoff et al. 2006). Die morphognostische Geschlechtsdiagnose erfolgt vorrangig an Merkmalen des Beckens, da die weiblichen Beckenknochen an die biologische Funktion von Schwangerschaft und Geburt angepasst sind. Durch die breitere Form des Beckens ist z. B. der Winkel des Arcus subpubicus oder der Bogen der Incisura ischiadica major deutlich weiter als bei männlichen Individuen (Herrmann et al. 2007). Zusätzlich gelten am Becken die allgemeine Größe und die Rauigkeit der Muskelansatzregionen als geschlechtsdimorphe Merkmale, wobei männliche Merkmalsträger im Allgemeinen als größer, schwerer und unregelmäßiger beschrieben werden (Dettmeyer et al. 2014).

Um den Vorwurf der Subjektivität und Nichtwissenschaftlichkeit morphologischer Methoden zu begegnen, wurden morphometrische Methoden entwickelt (Stewart 1954). Dabei spielt vor allem die Diskriminanzanalyse eine wichtige Rolle (Giles u. Elliot 1963). Hierbei werden geschlechtsdimorphe Distanz- und Längenmaße in Stichproben untersucht und Diskriminanz-

funktionen ermittelt, die zur Geschlechtsbestimmung führen. Ein weiterer Weg, die Merkmalsbeurteilung zu objektivieren, ist die Semiquantifizierung bewährter morphognostischer Merkmale (Dettmeyer et al. 2014). Sowohl bei morphognostisch als auch morphometrisch erfassten Merkmalen können unterschiedlich große Überlappungsbereiche der Ausprägungsgrade beobachtet werden, in denen eine für forensische Belange ausreichende Sicherheit der Geschlechtsbestimmung nicht gewährleistet ist. Dies gilt insbesondere für Skelette von Kindern (Verhoff et al. 2006, Dettmeyer et al. 2014). Da der größte Teil des Geschlechtsunterschiedes in der Gestalt des Menschen erst nach der Pubertät entsteht, sind davor morphologische Bestimmungen weniger treffsicher. Bei Kindern ist daher eine molekularbiologische Geschlechtsbestimmung häufiger anzuschließen (Rösing et al. 2005). Insgesamt wird bei Verwendung der etablierten morphologischen Methoden eine korrekte Geschlechtszuordnung in ca. 85-90 % der Fälle erreicht (Verhoff et al. 2006). Für die Gewichtung der morphognostischen Merkmale lässt sich nach Rösing et al. (2005) allgemein sagen, dass das Becken wichtiger ist als der Schädel und dass genetisch determinierte Formmerkmale wichtiger sind als tätigkeitsabhängige wie Muskelmarken und reine Streckenmaße.

Die molekulargenetische Geschlechtsbestimmung mittels DNA kann bei gut erhaltenen Funden als Kontrolle bzw. Bestätigung der konventionellen morphologischen Geschlechtsbestimmung dienen. Bei weitgehend zerstörten Skeletten, an denen morphologische Geschlechtsmerkmale kaum noch feststellbar sind, oder bei Kindern, bei denen die Geschlechtsmerkmale noch nicht ausgebildet sind, ist die molekulargenetische Geschlechtsbestimmung häufig jedoch die einzige Möglichkeit, das Geschlecht zu determinieren (Ovchinnikov et al. 1998, Faerman et al. 1998).

4.2.2.2 Lebensalter

Die Bestimmung des Lebensalters nach dem Tode stellt in den forensischen Wissenschaften eine große Herausforderung und einen wichtigen Schritt auf dem Weg zur Identifizierung dar.

Nach Martin und Saller (1957) werden sechs physiologische Altersabschnitte unterschieden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Physiologische Altersabschnitte nach Martin und Saller (1957)

Altersklasse	Jahre (bei Europäern)	
Infans I	etwa bis zum 7. Lebensjahr	von der Geburt bis zum Durchbruch der ersten bleibenden Molaren
Infans II	etwa bis zum 14. Lebensjahr	vom vollendeten Durchbruch der ersten bis zum vollendeten Durchbruch der zweiten bleibenden Molaren
Juvenis	bis etwa zum 18. oder 22. Lebensjahr	vom vollendeten Durchbruch der zweiten bleibenden Molaren bis zum Schluss der Synchronosis sphenoccipitalis
Adult	bis Ende der 30er Jahre	sämtliche Zähne durchgebrochen und Abschleifung der Kauflächen begonnen. Sämtliche Schädelnähte mit Ausnahme kleiner Stellen noch deutlich offen
Matur	bis Ende der 50er Jahre	Abschleifung der Kauflächen der Zähne fortgeschritten. Verknöcherung der Schädelnähte, jedoch nicht bis zum völligen Verschwinden derselben
Senil	nach dem 60. Lebensjahr	hochgradige ausgedehnte Schädelnahtverknöcherung oder vollständiges Verstrichensein der Nähte; mehr oder weniger ausgedehnter Alveolenschluss infolge Zahnausfalles

Zur Ermittlung des Sterbealters von Skelettindividuen steht eine Vielzahl von morphologischen, metrischen, röntgenologischen sowie histologischen und chemischen Verfahren zur Verfügung. Für die Altersdiagnostik werden beispielsweise der Zustand der Epiphysenfugen bei Heranwachsenden, die Beurteilung der Zahnentwicklung (Zahnmineralisation, Durchbruch oder Abrasion und intravitaler Zahnverlust), Oberflächenrelief der Symphyse, die Beurteilung des Obliterationszustands der Schädelnähte (endo- und ektokranial) und die degenerativen Veränderungen am Bewegungsapparat herangezogen (Meindl u. Lovejoy 1985, Verhoff et al. 2006).

Die Altersbestimmung von Kindern und Jugendlichen ist im Vergleich zu erwachsenen Individuen verhältnismäßig einfach. Bei Knochenresten von Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen basiert die Bestimmung des Sterbealters vor allem auf dem Zahnbefund, der Größenentwicklung der einzelnen Skelettelemente sowie der Verwachsung der Epi- und Apophysenfugen (Rösing et al. 2005). Die Beurteilung der Zahnentwicklung liefert aufgrund der schnellen Abfolge von Entwicklungsstadien bei gleichzeitig relativer Stabilität gegenüber veränderten Umweltbedingungen bis zum 14. Lebensjahr die genauesten und verlässlichsten Hinweise. Dabei hat sich die Mineralisation der Zahnkeime, das heißt der Entwicklungsgrad von Milch- und Dauerzähnen, als besser geeignet erwiesen als der Zahndurchbruch, der eine größere zeitliche Schwankungsbreite aufweisen kann (<http://doi.org/10.5169/seals-166810>). Die Zähne sind widerstandsfähig gegen äußere Einflüsse, so auch im Falle eines Brandes, bei dem die Zähne Aufschluss geben können und der Zahnstatus vieles sicher klären kann. Die Übereinstimmung des Zahnstatus mit den Daten eines Vermissten, Fingerabdruckvergleich und die DNA-Analyse sind die sicheren und primären Identifizierungsmethoden (<http://www.zahn-lexikon.com/index.php/r/45-z/wlexikon/1726rechtsmedizin>).

Bei kindlichen und juvenilen Skeletten kann anhand des Ossifikationsstadiums der Epiphysenfugen das Lebensalter recht sicher bestimmt werden, wobei eine Geschlechtsdifferenzierung zu berücksichtigen ist (Dettmeyer et al. 2014).

Die Altersbestimmung Erwachsener gestaltet sich wesentlich schwieriger als die Untersuchungen subadulter Individuen. Die Schwierigkeiten bestehen hier vor allem darin, dass die progressiven und regressiven Altersveränderungen am Skelett im Allgemeinen zwar in einer bestimmten zeitlichen Reihenfolge ablaufen, im Einzelfall jedoch hinsichtlich der Ablaufgeschwindigkeit und des Ausprägungsgrades von zahlreichen Faktoren beeinflusst werden. Somit kann es zu enormen Abweichungen zwischen dem chronologischen und dem biologischen Alter kommen (Nemeskéri et al. 1960).

Die Razemisierung von Asparaginsäure kann als eines der derzeit genauesten Verfahren zur Lebensaltersschätzung im Erwachsenenalter angesehen werden.

Die Eiweiße des Zahnbeines enthalten neben anderen Aminosäuren auch die Aminosäure Asparaginsäure. Diese kann in 2 Formen auftreten, die als „L-Asparaginsäure“ und „D-Asparaginsäure“ bezeichnet werden. Im Verlauf des Lebens kommt es zu einer ständigen Umwandlung von L-Asparaginsäure in ihre D-Form. Je älter ein Mensch wird, desto größer wird also das Verhältnis D-Asparaginsäure/L-Asparaginsäure. Dieses Verhältnis kann durch eine biochemische Analyse einer Zahnbeinprobe bestimmt werden; aus dem Ergebnis können Rückschlüsse auf das Lebensalter gezogen werden (https://www.uniklinik-duesseldorf.de/fileadmin/Fuer-Patienten-und-Besucher/Kliniken-Zentren-Institute/Institute/Institut_fuer_Rechtsmedizin/Dienstleistungen/Merkblatt_Asx_T_01.pdf).

Die Bestimmung des Razemisierungsgrades von Aspartat in Dentin (<https://docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DocumentServlet?id=46010>) sowie die Zählung der Zahnzementzuwachsringe gelten als brauchbare Ansätze zur Ermittlung des chronologischen Alters (Rösing et al. 2005, Verhoff et al. 2006).

Der Zählung der Zementschichten wird eine Genauigkeit der Lebensalterbestimmung von +/- 4,0 Jahren zugeschrieben, wobei allerdings die Arbeitsweisen häufig differieren, und es schwierig scheint, wirklich die Schichten zu zählen. Außerdem ist diese Methode offensichtlich nicht immer reproduzierbar (Renz u. Radlanski 2006, Rösing et al. 2005).

4.2.2.3 Körperhöhe

Die Körperhöhe eines Menschen zählt zu den biometrischen Merkmalen, die in Deutschland in den Personalausweis, den Pass und entsprechende Identifikationspapiere eingetragen werden (<https://de.wikipedia.org/wiki/Körpergröße>). In der forensischen Osteologie stellt die Schätzung der Körperhöhe an aufgefundenen Skeletten einen wichtigen Schritt auf dem Weg zur Identifizierung dar. Für die Schätzung der Körperhöhe wird die Tatsache genutzt, dass die langen Extremitätenknochen in einem linearen Verhältnis zur Gesamtkörperlänge stehen (Verhoff et al. 2006). Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass durch die Bestimmung der Längenmaße der oberen oder unteren Gliedmaßenknochen und durch Verwendung der dabei gewonnenen Daten in

einer linearen Regressionsanalyse die Rekonstruktion der Körperhöhe ermöglicht wird (Bidmos 2008, Trotter et al. 1952).

Mit Hilfe von Korrelationskoeffizienten bzw. Regressionsformel lassen sich die Körperhöhen aus den Maßen einzelner Knochen schätzen, wobei die Knochen der unteren Extremität die beste Korrelation aufweisen. Selbst wenn stark zerstörte skelettierte Überreste vorliegen, kann durch eine Rekonstruktion der Langknochen die Körperhöhe eines Individuums noch abgeschätzt werden.

Die sich schnell ändernden Lebensweisen der letzten Jahrzehnte, die zu einem Anstieg der durchschnittlichen Körperhöhen geführt haben und vor allem die zunehmende Mobilität, auch über Ländergrenzen hinweg, erschwert die Körperhöhenrekonstruktion deutlich. Je mehr Informationen über ein Individuum vorliegen (Geschlecht, Alter, Populationszugehörigkeit und Akzelerationsgrad) desto genauer kann eine Körperhöhenrekonstruktion erfolgen, vorbehaltlich der Verfügbarkeit von geeignetem osteometrischen Datenmaterial bzw. Regressionsformeln (Hermann et al. 2007).

Wenn keine Langknochen zur Untersuchung vorhanden sind, stellt sich die Frage, ob andere Knochen für eine Körperhöhenschätzung herangezogen werden können. Für das Postcranium wurden Maße von Talus und Kalkaneus (Holland 1995), Metakarpal- (Meadows u. Jantz 1992) und Metatarsalknochen (Byers et al. 1989), Phalangen (Shintaku u. Furuya 1990), Scapula (Campobasso et al. 1998), Clavicula (Jit u. Singh 1956), Sternum (Yonguc et al. 2015), Wirbelsäule (Nagesh u. Kumar 2006) und unvollständigen Körperteilen wie Hand- (Rastogi et al. 2008) und Fußknochen (Krishan 2008) evaluiert.

4.3 Der menschliche Schädel

Die Knochen des Schädels sind platte Knochen (z. B. Os occipitale, Os parietale) oder pneumatisierte Knochen (z. B. Os frontale, Os temporale). Wie jeder andere Knochen besitzt auch jeder Schädelknochen außen und innen eine Kompakta und dazwischen Spongiosa mit rotem Knochenmark zur Blutbildung. Die äußere Kompakta des Schädeldachs wird Lamina externa genannt, die innere Lamina interna und dazwischen die Spongiosa Diploe. Die Lamina externa ist von Periost, Pericranium bedeckt. An der Lamina interna übernimmt die harte Hirnhaut (Dura mater) die Periostfunktion (Schiebler et al. 2002).

Das Neurokranium setzt sich zusammen aus der Calvaria (Schädeldach) und der Basis cranii (Schädelbasis) und dient als geschlossene Schutzhülle für das Gehirn.

Zum Neurocranium gehören: Os occipitale (Hinterhauptbein), Os parietale (Scheitelbein), Os temporale (Schläfenbein), Os sphenoidale (Keilbein), Os frontale (Stirnbein), Os ethmoidale (Siebbein). Anatomisch setzt sich das Viszerokranium aus den folgenden knöchernen Anteilen zusammen: Os ethmoidale (Siebbein), Os lacrimale (Tränenbein), Os nasale (Nasenbein), Vomer (Pflugscharbein), Concha nasalis inferior (untere Nasenmuscheln), Os palatinum (Gaumenbein), Os zygomaticum (Jochbein), Maxilla (Oberkieferknochen) und Mandibula (Unterkieferknochen), Os temporale (pars tympanica, Proc. styloideus), Os sphenoidale und Os hyoideum (Zungenbein) (Schünke et al. 2006).

4.3.1 Schädelnähte (Suturae)

Das zwischen den Knochen der Calvaria gelegene Gewebe wird als Nahtbindegewebe bezeichnet. Es ist nach außen durch das Periost, zum Schädelinneren durch die Dura und zu beiden Seiten durch den jeweils benachbarten Knochenrand abgegrenzt. Das zunächst zellreiche und von Gefäßen durchsetzte Bindegewebe erneuert sich ständig. Die Neubildung von Nahtbindegewebe ist in den Zeiten des stärksten Schädelwachstums am intensivsten. Je mehr die Größenzunahme des Schädels aber zum Abschluss

kommt, um so zellärmer wird das Nahtbindegewebe; die einzelnen Faserbündel werden zarter, die Zahl der Gefäße spärlicher, und protoplasmareiche Wanderzellen beteiligen sich schließlich an der Rarefizierung des Bindegewebes, so dass die Regeneration innerhalb der Nahtsubstanz immer langsamer vor sich geht und schließlich ganz sistiert. Die Festigkeit der Naht beruht nun immer weniger auf der Verbindung des Nahtbindegewebes mit dem Knochen, sondern wird bis zur Verknöcherung der Nähte mehr und mehr durch die sich verschränkenden Nahtzähne übernommen (Friedmann 1963).

Beim Erwachsenen sind folgende Nähte (Suturen) zu erkennen:

Sutura coronalis (Kranznaht): Sie liegt zwischen dem einheitlichen Os frontale und den beiden Ossa parietalia.

Sutura sagittalis (Pfeilnaht): Die Pfeilnaht liegt median zwischen den beiden Ossa parietalia. Sie kann bei ausgebliebener Synostose des Os frontale bis zum Nasenbein verlängert sein (Sutura frontalis persistens oder Sutura metopica).

Sutura lambdoidea (Lambdanaht): Diese Naht bildet sich zwischen dem einheitlichen Os occipitale und den beiden Ossa parietalia aus (Schiebler et. al 2002).

Die Verknöcherung der wichtigen Suturen findet gemäß Lehrbuch Schünke et al. (2006) zu folgenden Zeitpunkten statt:

Sutura frontalis: im Kindesalter

Sutura sagittalis: 20.–30. Lebensjahr

Sutura coronalis: 30.–40. Lebensjahr

Sutura lambdoidea: 40.–50. Lebensjahr

Die Verknöcherung kann individuell früher oder später verlaufen. Durch einen vorzeitigen Verschluss einer oder mehrerer Suturen innerhalb der Wachstumszeit des Neurokraniums (Kraniosynostose) können charakteristische Schädeldeformitäten entstehen (Schünke et al. 2006).

Folgende Nähte können vorzeitig verschlossen sein und bestimmte Schädelformen bedingen:

Sutura sagittalis (Scaphocephalus = Kahnschädel)

Sutura coronalis (Oxycephalus = Spitzschädel)

Sutura frontalis (Trigonocephalus = Dreieckschädel)

Asymetrische Nahtfusion, meist Sutura coronalis (Plagiocephalus= Schiefschädel).

4.3.2 Identifizierung anhand von Schädelknochen

Nach Giles (1964) ist neben dem Becken der Schädel der Skelettteil, der am besten für die Geschlechtsbestimmung herangezogen werden kann. Die wesentlichen geschlechtsgebundenen Schädelmerkmale, wie z. B. der Rand und die Form des Margo orbitalis, sowie die Ausprägung der Glabella und des Arcus superciliaris variieren in ihrer Gestalt deutlich zwischen den Geschlechtern und stellen daher ebenfalls gute Kriterien für die Geschlechtsdiagnose dar (Hermann et al. 2007).

Zur Geschlechtsdifferenzierung können beispielsweise Formenunterschiede am Schädel herangezogen werden (Tabelle 2) nach Verhoff und Kreutz (2005).

Tabelle 2: Zusammenstellung geschlechtsspezifischer morphognostischer Merkmale am Erwachsenenenschädel, nach Verhoff und Kreutz (2005)

Kriterium	Männliche Kennzeichen	Weibliche Kennzeichen
Allgemeine Größe	Größer	Kleiner
Allgemeiner Schädelbau	Kräftig, massiv, unebene Oberfläche	Grazil, glatte Oberfläche
Muskelmarken	Stark ausgebildet	Gering ausgebildet
Occipitalregion	Ausgeprägte Muskelansätze und Protuberanzen	Geringe Ausprägung dieser Merkmale
Stirn	Nach hinten fliehend	Steiler
Tubera frontalis	Gering hervortretend	Stärker hervortretend
Arcus superciliaris	Mittel bis groß, stärker hervortretend, gerundet	Klein bis mittel, weniger hervortretend, scharf
Glabella	Stark ausgebildet	Schwach ausgebildet
Orbita	Eckiger, niedriger, relativ kleiner, gerundete Ränder	Rundlicher, höher, relativ größer, scharfe Ränder
Processus mastoideus	Mittel bis groß	Klein bis mittel
Os zygomaticum	Massiver, gebogen, seitlich ausladend	Zierlicher, weniger weit gebogen

Kriterium	Männliche Kennzeichen	Weibliche Kennzeichen
Gaumen	Größer, breiter, eher U- förmig	Kleiner, eher parabolisch
Unterkiefer	Größer, höhere Symphyse, breiterer Ramus ascendens	Kleiner geringere Ausmaße
Hinterhauptscndylen	Größer	Kleiner

Die Schädelbasis wurde ebenfalls auf Parameter für die Geschlechtsdifferenzierung untersucht. Die Analysen von Teixeira (1982), Catalina-Herrera (1987), Gunay u. Altinkok (2000), Murshed et al. (2003), Uysal et al. (2005), Gapert et al. (2009), Uthman et al. (2012), Santhosh et al. (2013), Jain et al. (2014), González-Colmenares et al. (2019), El-Atta et al. (2020) ergaben, dass das Foramen magnum für Untersuchungen zur Geschlechtsunterscheidung herangezogen werden kann.

In einer Studie von Schroeder 2010 (http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2010/7646/pdf/SchroederLars_2010_06_08.pdf) wurde anhand von Datensätzen aus dem Virtopsy®-System des Rechtsmedizinischen Institutes der Universität Bern untersucht, ob eine Geschlechtsdiskriminierung und Körperhöhenbestimmung anhand intrakranieller Parameter am menschlichen Schädel möglich ist. Folgende 15 Parameter und Indices wurden anhand der Datensätze von menschlichen Schädeln an der Arbeitsstation erhoben:

- Breite und Länge des Foramen magnum
- Abstände der paarigen Foramina beider Seiten zueinander: Foramen rotundum, ovale, spinosum, lacerum, jugulare
- Abstand Foramen ovale rechts und links zu Basion und Opisthion des Foramen magnum
- Abstand Foramen spinosum rechts und links zu Basion und Opisthion des Foramen magnum

In Bezug auf die Körperhöhe erwiesen sich alle untersuchten Parameter als statistisch signifikant. Die höchste Korrelation mit der Körperhöhe zeigte die Länge des Foramen magnum. Zusätzlich stellte sich heraus, dass die Breite

des Foramen magnum ein signifikanter Parameter für die Geschlechtsdiskriminierung ist.

In einer Studie von Walter et al. (2014) sollte anhand postmortaler Computertomographie(CT)-Datensätze überprüft werden, ob mithilfe osteometrischer Parameter des Jochbeins eine Geschlechtsdiskriminierung und eine Körperlängenschätzung möglich sind. Untersucht wurden postmortale Schädel-CT-Datensätze von 112 weiblichen und 104 männlichen Verstorbenen, die im Hamburger Institut für Rechtsmedizin angefertigt wurden. Zusammenfassend kamen sie zu dem Ergebnis, dass die relativ leicht messbare Jochbeinhöhe als isolierter Parameter unter einfacher Anwendung eines Trennwertes von 48,5 mm zur Geschlechtsdiskriminierung hilfreich sein kann.

Der maximale Schädelumfang kann nach den Analysen von Petkar et al. (2018) sowie Bapat et al. (2018) zur Geschlechtsbestimmung herangezogen werden.

Das älteste, vor allem von Anthropologen benutzte Verfahren zur Diagnose des Alters beruht auf der Untersuchung des Obliterationszustands der Schädelnähte (Hunger u. Leopold 1978).

An 162 Individuen aller Altersstufen, 100 männlichen und 62 weiblichen, wurde die Verknöcherung der drei großen Suturen des Hirnschädels untersucht und mit dem Alter korreliert. Dabei fand sich bei Schmitt u. Tamáska (1970) eine stärkere Altersabhängigkeit der Verknöcherung der inneren Nähte. Während die Verknöcherung der äußeren Nähte mit dem Alter linear korrelierte, wies die Regressionsfunktion der inneren Nahtverknöcherung Abweichungen von der Linearität auf. Die Verknöcherung der inneren Nähte verlief schneller und erreichte im Durchschnitt höhere Verknöcherungsgrade. Bei der Berechnung der Vertrauensintervalle für eine Altersschätzung an den Schädelnähten fand sich bei 95 %-iger Sicherheit ein Intervall von +/-32 Jahren für die äußeren und +/-25 Jahren für die inneren Nähte. Die Altersschätzung anhand der Schädelnähte ist damit sehr ungenau, sodass diese nach Schmitt u. Tamáska (1970) niemals allein zur Altersbestimmung herangezogen werden sollten.

In der Arbeit von Schmitt u. Saturnus (1973) wurde die Variation der Dicke der Hirnschädelknochen mit zunehmendem Alter an 75 männlichen und 90

weiblichen Schädelkalotten aus dem Sektionsgut des gerichtsmedizinischen Institutes der Universität Köln untersucht. Es zeigte sich, dass nur beim weiblichen Geschlecht zwischen der Dicke des Os frontale und dem Alter eine schwache, positive, lineare Korrelation bestand. Die Berücksichtigung der Durchschnittsdicke des gesamten Schädeldaches aus 10 Messwerten ergab keine stärkere Korrelation zum Alter.

Die Beurteilung des individuellen Lebensalters von Skeletten Erwachsener aufgrund einzelner Merkmalsausprägungen, wie z. B. des traditionell zumeist verwendeten Obliterationszustandes der Schädelnähte oder des Abnutzungsgrades der Zähne ist mit großen Fehlergrenzen belastet. Daher wurde von Nemeskéri u. Harsányi (1962) zur Diagnose des Lebensalters eine kombinierte Methode vorgeschlagen, wobei die statistisch ausgewerteten Befunde der endokranialen Schädelnähte, des Reliefs der Symphysenfläche am Schambein sowie der Spongiosastruktur der proximalen Abschnitte von Humerus und Femur verwendet wurden.

Die Analysen von Sahni et al. (2010) ergaben, dass 7 faziale Parameter für die postmortale Körpergrößenbestimmung herangezogen werden können, wenn die langen Extremitätenknochen für die forensische Untersuchung nicht zur Verfügung stehen. Akhter et al. 2012 recherchierten in einer Studie an einem Kollektiv, bestehend aus 100 weiblichen Garo aus Bangladesh im Alter von 25-45 Jahren, den Zusammenhang zwischen kraniofazialen Parametern und der Körpergröße. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis, dass der maximale Schädelumfang eine positive Korrelation zur Körpergröße aufwies.

Kumar et al. 2013 stellten eine signifikante Korrelation zwischen der Schädellänge (gemessen zwischen Glabella und Inion) und der Körpergröße in einem Populationskollektiv aus Rajasthan fest und lieferten eine Regressionsformel zur Berechnung der Körpergröße.

In einer Arbeit von Wankhede u. Parchand (2012) wurden bei 260 männlichen und 210 weiblichen indischen Kollektiven im Alter von 18-24 Jahren der maximale Kopfumfang und die beidseitigen Jochbeindurchmesser nach anthropologischen Methoden vermessen. Dabei kamen sie zu dem Ergebnis,

dass die oben genannten Parameter zur Körpergrößenbestimmung herangezogen werden können.

Ilayperuma (2010) stellt eine signifikante Korrelation zwischen maximaler Schädellänge, Schädelbreite, aurikulärer Schädellänge (Abstand zwischen Meatus acusticus externus und dem höchsten Punkt des Vertex) und der Körpergröße in einem weiblichen und männlichen Kollektiv aus Sri Lanka im Alter von 20 bis 23 Jahren fest und lieferte für beide Geschlechter eine Regressionsformel zur Körpergrößenberechnung.

Die Arbeit von Khan et al. (2015) ergab ebenfalls, dass die maximale Schädellänge, die Schädelbreite sowie die maximale aurikuläre Schädellänge für die Körpergrößenbestimmung herangezogen werden können und lieferte eine Regressionsformel zur Berechnung der Körpergröße.

Eine Arbeit aus Nord-Indien hatte zum Ziel, die Körpergröße aus der maximalen Schädellänge und -breite zu berechnen. Agarwal et al. (2014) stellten signifikante Korrelationen zwischen den Schädellängen und -breiten in einer Population aus 400 männlichen und 400 weiblichen Medizinstudierenden im Alter von 17-24 Jahren fest und lieferten eine Regressionsformel zur Berechnung der Körpergröße.

Die Arbeit von Purohit u. Khatri (2015) ergab ebenfalls, dass die maximale Schädellänge und Schädelbreite zur Körpergrößenbestimmung herangezogen werden können. Dabei wurde eine positive und signifikante Korrelation zwischen Schädellänge und Körpergröße festgestellt.

Ukoha et al. (2015) konnten an einem Kollektiv aus Nigeria von 261 männlichen und 239 weiblichen Erwachsenen im Alter von 18-30 Jahren eine signifikante Korrelation zwischen Körpergröße, Schädellänge, Schädelbreite und der maximalen Zirkumferenz (verläuft durch Opisthocranion und Glabella) ermitteln und lieferten eine Regressionsformel zur Berechnung der Körpergröße.

Nemade et al. (2015) recherchierten in einer Studie an 150 männlichen und 150 weiblichen Individuen aus Maharashtra den Zusammenhang zwischen 3 cephalometrischen Parametern (maximale Schädellänge, Schädelbreite,

maximale Zirkumferenz) und Körpergröße, und lieferten eine Regressionsformel zur Berechnung der Körpergröße.

Die Ergebnisse von Rao et al. (2009) zeigten eine gute Korrelation der Längen von Coronar- und Sagittalnaht mit der Körperhöhe bei einer indischen männlichen Population. Sie konnten in ihrer Studie an 87 Schädeln südindischer männlicher Individuen eine Korrelation sowohl zwischen Sagittal- als auch Coronarnaht und Körperhöhe nachweisen.

Agnihotri et al. 2011 konnten an einem Populationskollektiv von 150 jungen, gesunden Erwachsenen indo-mauritischer Abstammung im Alter von 20-28 Jahren keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Körpergröße und 14 cephalo-fazialen Parametern (z.B. maximale Schädellänge, maximale Schädelbreite, maximaler Umfang, bizygomatische Breite) ermitteln.

In einer nigerianischen Igbo-Population wurde anhand von 11 cephalo-fazialen Parametern versucht, die Körpergröße zu bestimmen. Dabei kamen Jervas et al. (2015) zu dem Ergebnis, dass nicht jeder cephalo-faziale Parameter eine positive und signifikante Korrelation zur Körpergröße zeigt.

4.4 Eigene Arbeiten

4.4.1 Körpergrößenschätzung und Geschlechtsdiskrimination; Messung des maximalen Längs und Querdurchmessers des Schädels

4.4.1.1 Material und Methoden

Die Datenerhebung erfolgte retrograd anhand der Autopsieberichte, die in den Jahren 2004 bis 2008 im Institut für Rechtsmedizin der Universität Gießen verfasst worden waren. Während der Sektionen wurden regelmäßig die größte Schädellänge und -breite mit einem Lineal am Sägeschnitt der entfernten Kalotte gemessen. Diese Messungen wurden von 7 verschiedenen Ärzten durchgeführt. Die Eröffnung der Schädelhöhle erfolgte dabei ausnahmslos mit einer oszillierenden Säge in der Ebene des größten Schädeldurchmessers, ausgeführt durch 2 verschiedene Präparatoren. Die Körperlänge wurde mit einem Maßband vermessen. Neben diesen Messwerten wurden das Geschlecht und das Alter in Jahren mit aufgenommen. Außerdem war den Personendaten zu entnehmen, ob der Geburtsort innerhalb von Deutschland angegeben war oder nicht. Einschlusskriterien waren das vollständige Vorhandensein der zu erhebenden Parameter und die Vollendung des 21. Lebensjahres. Ausschlusskriterien waren Knochenbrüche, Knochenerkrankungen sowie beschriebene Dekompositionszeichen und andere zu erwartende Einflüsse auf die Körperlänge wie z. B. Hitzeschrumpfung.

Die aus den Autopsieberichten entnommenen Daten wurden mit Excel erfasst und mit der Software statistica® (Version 9) statistisch ausgewertet. Neben der deskriptiven Statistik wurde der Korrelationstest nach Pearson verwendet. Ferner wurden anhand der Datensätze mit dem Ziel einer Schätzung der Körpergröße multivariate Regressionsanalysen durchgeführt. Insgesamt konnten 959 Autopsieberichte von 632 männlichen und 327 weiblichen Verstorbenen in die Studie einbezogen werden. Der Geburtsort lag bei 760 Individuen innerhalb, bei 199 außerhalb Deutschlands.

4.4.1.2 Ergebnisse

Alle metrischen Parameter zeigten untereinander einen statistisch sicheren Zusammenhang in der Korrelationsanalyse. Nach Überprüfung der Normalverteilung der metrisch erfassten Parameter (Kolmogorov Smirnov-Test, Lilliefors-Test) konnten in der Korrelationstabelle ausschließlich positive r-Werte von 0,14 – 0,51 nachgewiesen werden (Tabelle 3).

In Bezug auf die Zielgröße Körpergröße H betrug der Korrelationskoeffizient für die Schädellänge L 0,419 und für die Schädelbreite B 0,141, woraus sich ein Bestimmtheitsmaß von r^2 von 0,168 bzw. 0,019 errechnen ließ. Zusätzliche Korrelationstests mit nach Geschlechtern getrennten Daten und weiter aufgeschlüsselt nach der Herkunft erbrachten keine höheren Korrelationskoeffizienten als die in Tabelle 3 für alle Individuen aufgeführten.

Tabelle 3: Korrelationstabelle mit einzelnen Koeffizienten r (-1,+1)

Variable	Korrelationen (r) Korr. signifikant für $p < 0,05000$ n=959			
	Körpergröße H (cm)	Gewicht G (kg)	Schädellänge L (cm)	Schädelbreite B (cm)
Körpergröße H (cm)	1,00	0,52	0,42	0,14
Körpergewicht G (kg)	0,52	1,00	0,28	0,12
Schädellänge L (cm)	0,42	0,28	1,00	0,21
Schädelbreite B (cm)	0,14	0,12	0,21	1,00

Der größte Zusammenhang zeigte sich erwartungsgemäß zwischen Körpergröße H und Körpergewicht G ($r=0,52$). Alle Korrelationen sind signifikant verschieden von $r=0$, $p < 0,05$.

Bei Anwendung der linearen Regressionsanalyse mit dem Ziel der Berechnung der Körpergröße H aus Schädellänge L und Schädelbreite B ergab sich ein Schätzfehler von $\pm 8,98$ cm (Tabelle 4).

Die ausschließliche Verwendung der Schädellänge L als einzelne abhängige Größe erbrachte keinen Zugewinn an Schätzgenauigkeit (SF ± 9 cm, Tabelle 5).

Die singuläre Verwendung der Schädelbreite B als Regressor zeigte zwar einen Standardfehler von 7 cm, allerdings war der Zusammenhang nicht statistisch

signifikant ($p=0,06$). Die nach Geschlechtern getrennt durchgeführte Regressionsanalyse zeigte ebenfalls nur gering bessere Schätzgenauigkeiten von ca. ± 7 cm (Tabelle 5).

Tabelle 4: Regressionsgleichung unter Einbezug beider unabhängiger Variablen B und L

n=959 Regression Zusammenfassung für abhängige Variable: Körpergröße (cm) R=0,42292416, R ² =0,17886484, korr. R ² =0,17714699, F(2,956)=104,12, p<0,0000 Stdf. der Schätzung: 8,98 cm						
	β^a	Stdf. von β^a	b	Stdf. von β	t(956)	p-Wert
Konstante			84,29532	7,456653	11,30471	0,000000
Schädellänge L (cm)	0,407660	0,029970	4,32833	0,318212	13,60204	0,000000
Schädelbreite B (cm)	0,055970	0,029970	0,79319	0,424730	1,86752	0,062135

Regressionsgleichung: H (cm) = 84,29 + 4,32^a · L + 0,79^a · B. Der Standardfehler (Stdf.) der Schätzung beträgt 8,98 cm. R² benennt das korrigierte Bestimmtheitsmaß (0,177); das besagt, dass nur ca. 17% der Variation der Körpergröße durch die beiden Regressoren B und L erklärt werden. Die Nullhypothese, wonach kein systematischer Zusammenhang zwischen abhängiger Variable Körpergröße H und B und L besteht, kann abgelehnt werden (F-Verteilung signifikant, $p < 0,00$). Bei der Prüfung der Regressionskoeffizienten (erste Spalte der Tabelle: beta, β^a) zeigt sich für L ein stärkerer Einfluss auf die Körpergröße (0,407 > 0,055). Da die Zahl der Beobachtungen mit n=959 hoch ist, ist der Einfluss von β als nicht signifikant zu bewerten ($p = 0,06$, letzte Spalte).

Tabelle 5: Standardfehler der Regressionsgleichung in Abhängigkeit von Geschlecht und Einbindung beider Messwerte bzw. nur der Schädellänge als Regressor

Geschlecht	Standardfehler in cm	Schädellänge in cm	Schädelbreite in cm
beide	8,98	x	x
weiblich	7,00	x	x
männlich	7,19	x	x
beide	9,00	x	
weiblich	7,08	x	
männlich	7,20	x	

Die genaueste Schätzung ist somit bei Verwendung von L und B anhand weiblicher Schädel möglich (7,00 cm).

Auch das Streudiagramm zwischen beobachteten Werten zur Körpergröße H und denen aus der Regressionsgleichung berechneten Größenwerten illustriert die große Streuung der einzelnen Datensätze (Abb. 1).

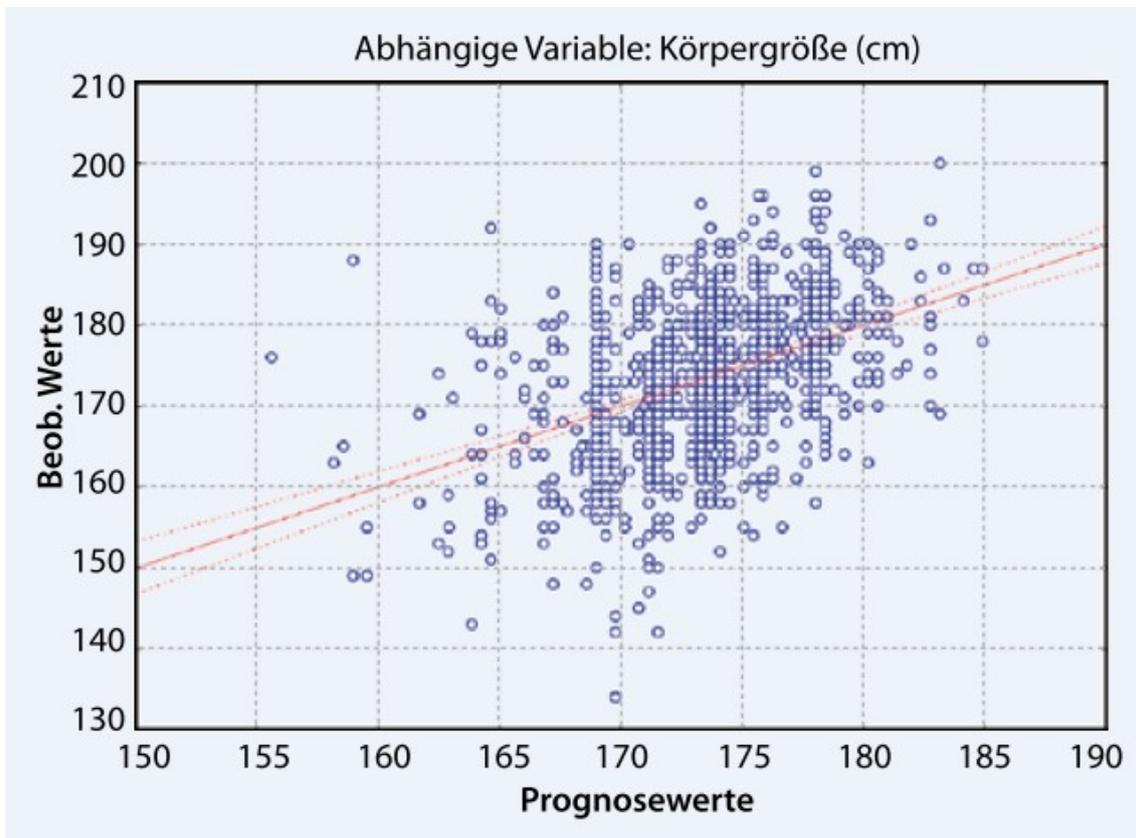


Abb. 1: Streudiagramm zwischen beobachteten und geschätzten Werten zur Körpergröße H. Die diffuse Punktwolke demonstriert gut erkennbar die gleichbleibend breite Streuung in allen Bereichen.

Bei der Betrachtung der Herkunft, differenziert nach dem Geburtsort außerhalb oder innerhalb von Deutschland, fanden sich für alle metrischen Parameter Abweichungen in den Streumaßen, die jedoch nur für die Schädellänge (L) und Schädelbreite (B) statistisch signifikant waren (t-Test: $t^L=4,25$; $t^B= -6,75$; Tabelle 6).

Bei der nach Herkunft getrennten deskriptiven Statistik waren die Geschlechtsdifferenzen der Streumaße (Mittelwert, Standardabweichung) für Schädellänge L und Schädelbreite B nur gering (Tabelle 7).

Bis auf die Schädelhöhe L bei den nicht in Deutschland geborenen Individuen wurden bei den Frauen kleinere Minima und bei den Männern größere Maxima gemessen (Tabelle 7).

Tabelle 6: t-Test (Mittelwertvergleich) zur Einflussgröße „Herkunft“ (Gruppe 1; 2) auf die metrischen Parameter Körpergröße (H), Gewicht (G), Schädelhöhe (L) und -breite (B)

Variable	t-Tests; Gruppen: Gruppe 1: in Deutschland geboren, Gruppe 2: nicht in Deutschland geboren								
	M 1	M 2	t-Wert	FG	p	Gült. n 1	Gült. n 2	SD 1	SD 2
Körpergröße H (cm)	173,6505	172,6919	1,21284	957	0,225489	761	198	10,00809	9,50453
Körpergewicht G (kg)	76,2057	75,2172	0,67319	957	0,500987	761	198	18,72962	17,09657
Schädelhöhe L (cm)	18,0208	17,7071	4,25057	957	0,000023	761	198	0,93325	0,89275
Schädelbreite B (cm)	14,3438	14,7121	-6,75573	957	0,000000	761	198	0,68820	0,66490

M Mittelwert, FG Freiheitsgrade, Gült. n Anzahl der auswertbaren Individuen, SD Standardabweichung.

Trotz signifikanter Korrelationen der maximalen Schädelhöhe mit der Körpergröße konnte aufgrund der hohen Standardfehler keine sinnvolle einsetzbare Regressionsformel berechnet werden. Bezüglich der Geschlechtsdiskrimination konnte für kaukasoide Individuen folgende Aussage getroffen werden: Schädelhöhen kleiner 15,5 cm sprechen für weibliche und größer 19 cm für männliche Individuen. Bei der Schädelbreite weisen Werte kleiner 12,5 cm auf eine Frau und größer 15,5 cm auf einen Mann hin.

Tabelle 7: Zusammenfassung der Streuwerte von Schädellänge und -breite nach Herkunft und Geschlecht getrennt

Geburtsort	Geschlecht		Schädellänge	Schädelbreite
1	female	N	274	274
		Mittelwert	17,4927	14,0985
		Minimum	14,00	12,00
		Maximum	19,00	15,50
		Standardabweichung	0,86424	0,65420
	male	N	487	487
		Mittelwert	18,3179	14,4817
		Minimum	15,50	12,50
		Maximum	20,50	17,00
		Standardabweichung	0,83473	0,66877
	Insgesamt	N	761	761
		Mittelwert	18,0208	14,3438
		Minimum	14,00	12,00
		Maximum	20,50	17,00
		Standardabweichung	0,93325	0,68820
2	female	N	53	53
		Mittelwert	17,3774	14,4717
		Minimum	16,00	12,00
		Maximum	19,00	16,50
		Standardabweichung	0,79606	0,66806
	male	N	145	145
		Mittelwert	17,8276	14,8000
		Minimum	14,50	12,00
		Maximum	20,50	16,50
		Standardabweichung	0,89826	0,64388
	Insgesamt	N	198	198
		Mittelwert	17,7071	14,7121
		Minimum	14,50	12,00
		Maximum	20,50	16,50
		Standardabweichung	0,89275	0,66490
Insgesamt	female	N	327	327
		Mittelwert	17,4740	14,1590
		Minimum	14,00	12,00
		Maximum	19,00	16,50
		Standardabweichung	0,85345	0,66975
	male	N	632	632
		Mittelwert	18,2054	14,5547
		Minimum	14,50	12,00
		Maximum	20,50	17,00
		Standardabweichung	0,87371	0,67604
	Insgesamt	N	959	959
		Mittelwert	17,9560	14,4198
		Minimum	14,00	12,00
		Maximum	20,50	17,00
		Standardabweichung	0,93327	0,69921

1 in Deutschland geboren, 2 außerhalb Deutschlands geboren

4.4.2 Über die Korrelation von Schädelnahtlängen und Körperhöhe bei Mitteleuropäern

4.4.2.1 Material und Methoden

In den Jahren 2009 und 2010 wurden im Rahmen von 117 im Institut für Rechtsmedizin Gießen durchgeführten Obduktionen die Längen der Sagittal- und Coronarnahte sowie die Körperhöhe mit einem Maßband gemessen. Das Alter der Verstorbenen lag zwischen 15 und 96 Jahren (Mittelwert 52,8 Jahre, Median 51 Jahre); 82 Personen waren männlich und 35 weiblich. Von den männlichen Verstorbenen waren 59 und von den weiblichen 25 in Deutschland geboren, jeweils ohne morphologische Hinweise, die gegen eine kaukasoide Herkunft sprachen. Die erhobenen Daten wurden mit Excel erfasst und mit der Software Statistica® Vers. 9 ausgewertet. Neben der deskriptiven Statistik wurde das Maß des linearen Zusammenhangs mittels Korrelationsanalyse nach Pearson bestimmt. Ferner wurde anhand der Datensätze eine multivariate Regressionsanalyse mit dem Ziel einer Schätzung der Körpergröße durchgeführt.

4.4.2.2 Ergebnisse

Die Verteilung der Schädelnaht-Maße und Körperhöhen bei den untersuchten Individuen ist in Tabelle 8 dargestellt. Die zu analysierenden, intervallskalierten Messdaten waren normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov) und somit für eine Pearson-Analyse geeignet.

Tabelle 8: Die Längen der Schädelnähte und die Körperhöhen im vermessenen Untersuchungsgut

	N	MW	Min.	Max.	STD/Median
Sagittalnaht [cm]	116	12,5	5	17	1,33/12,5
Coronarnaht [cm]	117	16,6	9	20,5	1,60/16,5
Körperhöhe [cm]	117	173,6	146	192	9,66/175

Die Länge der Sagittalnaht in Bezug auf die Körperhöhe ergab in der Korrelationsanalyse einen Korrelationskoeffizienten von lediglich $r = 0,045$ ($p = 0,617$). Ähnliche Ergebnisse wurden für die Coronarnaht erzielt; hierbei betrug der Korrelationskoeffizient $r = 0,015$.

Folgende Regressionsformeln ließen sich hieraus berechnen: Körperhöhe (cm) = 172,023 + (0,0947 × Länge der Coronarnaht). Der Standardfehler der Schätzung (SEE) betrug 9,70 cm. Abb. 2 zeigt die Verteilung der geschätzten Körperhöhe im Vergleich zur real gemessenen Körperhöhe bei Anwendung dieser Regressionsformel.

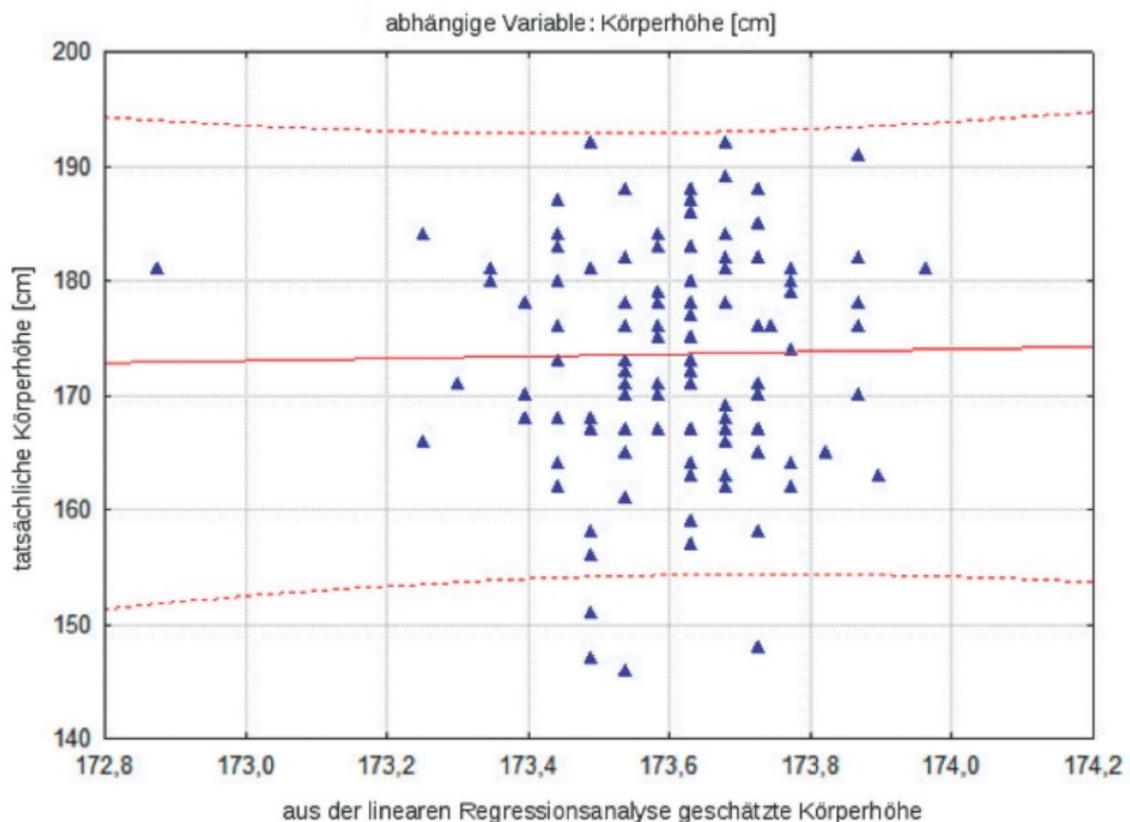


Abb. 2: Geschätzte Körperhöhe (x-Achse), bestimmt aus der Länge der Coronarnaht mit der für beide Geschlechter errechneten Regressionsformel, im Vergleich zur gemessenen Körperhöhe (y-Achse). Zur besseren Übersicht sind nur die Schätzungen zwischen 172,8 und 174,2 cm (n = 99) dargestellt.

Betrachtet man die Ergebnisse getrennt nach dem jeweiligen Geschlecht, verbesserte dies die Ergebnisse nicht signifikant.

Männer (n = 82):

$$\text{Körperhöhe (cm)} = 177,42 + (0,0066 \times \text{Länge der Coronarnaht}), \text{ SEE} = 7,36, r = 0,0015$$

Frauen (n = 35):

$$\text{Körperhöhe (cm)} = 175,21 - (0,65 \times \text{Länge der Coronarnaht}), \text{SEE} = 8,22, r = 0,10$$

Die Werte, die sich für die in Deutschland geborenen Männer ergaben, stellten sich etwas besser dar (n = 59):

$$\text{Körperhöhe (cm)} = 183,56 - (0,32 \times \text{Länge der Coronarnaht}), \text{SEE} = 6,33, r = 0,08$$

Bei Annahme einer maximal zulässigen Fehlerwahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ erwies sich keine der genannten Regressionsanalysen als statistisch signifikant.

4.5 Diskussion

Die erste im Anhang aufgeführte retrospektive Auswertung von 959 Sektionsprotokollen des Gießener Instituts für Rechtsmedizin sollte überprüfen, ob der maximale Längs- oder Querdurchmesser des Schädels einerseits für eine Schätzung der Körpergröße und andererseits für eine Geschlechtsdiskrimination geeignet ist. Während der Sektionen wurden regelmäßig die maximale Schädellänge und -breite mit einem Lineal am Sägeschnitt der entfernten Kalotte von 7 verschiedenen Ärzten gemessen. Wie bei allen retrograden Datenerhebungen ist mit Messfehlern bei den insgesamt 7 verschiedenen Untersuchern zu rechnen. Jedoch ergibt sich im vorliegenden Fall kein Anhaltspunkt für einen systematischen Fehler. Zusätzlich ist im Vergleich zur Anthropometrie, wo die maximale Schädellänge und -breite üblicherweise mit einem Tasterzirkel an definierten Messpunkten vermessen werden, von einem größeren zufälligen Messfehler auszugehen, der sich aber gleichmäßig auf die Gruppen (Geschlecht, Herkunft) verteilt. In der vorliegenden Studie wurde bezüglich der Herkunft zwischen einem Geburtsort innerhalb und außerhalb von Deutschland unterschieden. Haben sich bei einem Individuum mit Geburtsort in Deutschland anhand des Sektionsprotokolls Anhaltspunkte für eine negride oder mongolide Herkunft ergeben, wurde dieses nicht in die Auswertung mit einbezogen. Der erwartete Einfluss der Herkunft auf die Schädellänge und Schädelbreite hat sich in der vorliegenden Studie bestätigt. Die nicht in Deutschland geborenen Individuen hatten im Mittel einen kürzeren und breiteren Schädel. Eine denkbare Erklärung hierfür ist, dass die nicht in Deutschland Geborenen des Gießener Sektionsguts zu größeren Anteilen aus Ost- und Südosteuropa stammten und entsprechende populationsgeografische Eigenschaften der Schädelmorphologie häufiger zum Tragen kommen.

Von allen untersuchten Variablen bestand mit einem Koeffizienten von 0,419 zwischen Schädellänge und Körperlänge der größte lineare Zusammenhang. Die Korrelation zwischen Schädelbreite und Körperlänge lag bei 0,141. Die Anwendung der linearen Regressionsanalysen mit dem Ziel der Berechnung der Körpergröße aus Schädellänge und Schädelbreite ergab einen Schätzfehler

von 8,9 cm. Diese Zahlen verdeutlichen, dass die maximale Länge und Breite des Hirnschädels für eine Körperhöhenschätzung mit dem Ziel der Identifizierung ungeeignet ist.

Die zweite Publikation beschäftigte sich mit der Frage, ob die Längen von Sagittal- und Coronarnaht eine hinreichend zuverlässige Schätzung der Körperhöhe zulassen.

Das Lebensalter von Individuen hat einen Einfluss auf die Körpergröße. Trotter u. Gleser (1951) beschrieben einen osteoporosebedingten Größenverlust von durchschnittlich 0,6 mm/ Jahr ab dem 30. Lebensjahr, ohne dies durch Studienergebnisse zu belegen. Lediglich Penning (1996) ging auf die säkuläre Akzeleration und die Altersinvolution (insbesondere bei Frauen in der Postmenopause) als Einflussfaktoren auf die Körpergröße ein und etablierte altersbezogene Schätzformeln, um den Standardschätzfehler zu verbessern. Reed u. Algee-Hewitt (2011) forderten ebenfalls, dass die berechnete Korrelation eines Parameters mit der Körperhöhe auch das Alter der Individuen berücksichtigt. Folglich müssten altersbezogene und populationsspezifische Schätzformeln entwickelt werden. Die Autoren argumentieren, dass die Körpergröße mit zunehmendem Alter abnehme. Deshalb verringere sich mit steigendem Lebensalter die Wahrscheinlichkeit, bei der Berechnung der Körpergröße mittels craniometrischer Analysen ein korrektes Ergebnis zu erzielen.

Generell sollten zukünftige osteometrische Studien zur Schätzung der Körperhöhe das Lebensalter miteinbeziehen und Regressionsanalysen nach Geschlecht und Altersgruppen durchgeführt werden. Dabei sind die verwendeten Altersklassen an die Möglichkeiten und die Genauigkeit der Altersschätzung anzupassen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Zahl der definierten Altersklassen die Fallzahlberechnung beeinflusst (Ramsthaler et al. 2013).

Da die Verfügbarkeit der Daten begrenzt ist, wäre eine Einbindung in das Projekt Digitale Forensische Osteologie wünschenswert (Verhoff et al. 2008). Für die Körperhöhenschätzung aus Langknochen wäre so eine Verbesserung zu erwarten. Die Aussichten auf einen wesentlichen Zuwachs an

Schätzgenauigkeit bei Schädelknochen sind weniger optimistisch. Da sich die Dimensionen und die Form von Schädelknochen (mit Ausnahme der Kiefer) im Erwachsenenalter nur unwesentlich ändern, dürfte die Einbeziehung des Lebensalters in Modelle zur Körperhöhenschätzung keinen wesentlichen Gewinn an Schätzgenauigkeit bewirken.

4.6 Fazit

Nach der vorgestellten Auswertung von 959 Obduktionsfällen ist weder das Maß der maximalen Schädellänge (größte Hirnschädellänge) noch der maximalen Schädelbreite (größte Hirnschädelbreite) für eine in der rechtsmedizinischen bzw. forensisch-osteologischen Fallarbeit einsetzbare Körpergrößenschätzung geeignet. Für kaukasoide Individuen können die maximale Schädellänge und maximale Schädelbreite zur Geschlechtsdifferenzierung hilfreich sein. Schädellängen kleiner 15,5 cm sprechen für weibliche und größer 19 cm für männliche Individuen. Bei der Schädelbreite weisen Werte kleiner 12,5 cm auf eine Frau und größer 15,5 cm auf einen Mann hin.

Es sollte weiterhin an einem Kollektiv von 117 mitteleuropäischen Individuen geprüft werden, ob die Längen von Sagittal- und Coronarnaht eine hinreichend zuverlässige Schätzung der Körperhöhe zulassen. Die vorliegenden Ergebnisse haben gezeigt, dass weder die Länge der Sagittalnaht noch die Länge der Coronarnaht geeignet ist, die Körperhöhe zu bestimmen oder valide genug zu schätzen.

5 Veröffentlichte Publikationen

- Kolencherry TV, Ramsthaler F, Obert M, Birngruber CG, Kreutz K, Verhoff MA. Körpergrößenschätzung und Geschlechtsdiskrimination; Messung des maximalen Längs- und Querdurchmessers des Schädels. Rechtsmedizin 2010;20(6): 496-503
- Kolencherry TV, Birngruber CG, Ramsthaler F, Verhoff MA, Kölzer SC. Über die Korrelation von Schädelnahtlängen und Körperhöhe bei Mitteleuropäern. Arch Kriminol 2016;237(5/6): 204-211

Körpergrößen- schätzung und Geschlechtsdiskrimination

Messung des maximalen Längs- und Querdurchmessers des Schädels

In der forensischen Osteologie stellt die Schätzung der Körpergröße an aufgefundenen Skeletten einen wichtigen Schritt auf dem Weg zur Identifizierung dar. In der vorgestellten Studie sollte an einem größeren Kollektiv von Obduktionsfällen der Zusammenhang zwischen der größten Schädelhöhe und -breite sowie der Körpergröße bzw. -länge auf der einen Seite und dem Geschlecht auf der anderen Seite überprüft werden.

Grundlagen

Für die Schätzung der Körpergröße wird die Tatsache genutzt, dass die langen Extremitätenknochen in einem linearen Verhältnis zur Gesamtkörperlänge stehen [30]. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass durch die Bestimmung der Längenmaße der oberen oder unteren Gliedmaßenknochen sowie durch Verwendung der dabei gewonnenen Daten in einer linearen Regressionsanalyse die Rekonstruktion der Körpergröße ermöglicht wird [1, 28, 29].

Es ist zu beachten, dass die zur Abschätzung der Körpergröße angewandten Formeln einen starken Populations- und

Geschlechtsbezug einschließlich der Einflüsse durch Industrialisierung und Ernährung aufweisen, sodass sich ihr Einsatz grundsätzlich auf jene Bevölkerungsgruppen und Skelettkollektive beschränkt, an denen die Regressionsformeln entwickelt wurden [6, 23, 29, 30]. Eine weitere Einflussgröße auf die Schätzung der Körpergröße ist das Lebensalter. Trotter u. Gleser [27] nehmen einen osteoporosebedingten durchschnittlichen Körpergrößenverlust von 0,6 mm/Jahr ab dem 30. Lebensjahr an, ohne diesen durch konkrete Studienergebnisse belegt zu haben. Das Lebensalter als möglicher Einflussfaktor auf die Körpergrößenbestimmung wurde bislang lediglich von Penning [16] umgesetzt, der osteologische Vermessungen an Leichen im Rahmen von Obduktionen durchgeführt hat.

In zahlreichen Fällen liegen nur unvollständige Skelette oder lediglich einzelne Knochen zur Untersuchung vor. Wenn keine Langknochen vorhanden sind, stellt sich die Frage, ob andere Knochen für eine Körpergrößenbestimmung herangezogen werden können. Für das Postcranium wurden Maße von Talus und Kalkaneus [7], Metakarpal- [13] und Metatarsalknochen [3], Phalangen [26], Skapula [4],

Klavikula [9], Wirbelsäule [14] sowie unvollständigen Körperteilen wie Hand- [21] und Fußknochen [12] evaluiert.

Bei unvollständigen Skeletten oder einzelnen zu begutachtenden Knochenfunden sind häufig Schädel bzw. Schädelfragmente enthalten [17]. Nachvollziehbar wird dieser Umstand durch die Größe eines intakten humanen Schädels und seinen auch für Laien leicht erkennbaren menschlichen Ursprung [10]. Dies dürfte die Bereitschaft erhöhen, den Fund den Ermittlungsbehörden zu melden, wodurch eine forensisch-osteologische Untersuchung und Begutachtung erst möglich wird [31]. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, den Zusammenhang von Schädelmaßen mit der Körpergröße an rezentem Material und unterschiedlichen Populationen zu untersuchen [5, 8, 20, 24].

Sarangi et al. [25] fanden keine Korrelationen zwischen verschiedenen Schädelmaßen und der Körpergröße. Introna et al. [8] stellten Korrelationen zwischen dem Schädelhöhenmesser und der Körpergröße in einer italienischen Population mit 358 jungen Männern im Alter von 17 bis 27 Jahren fest und lieferten ei-

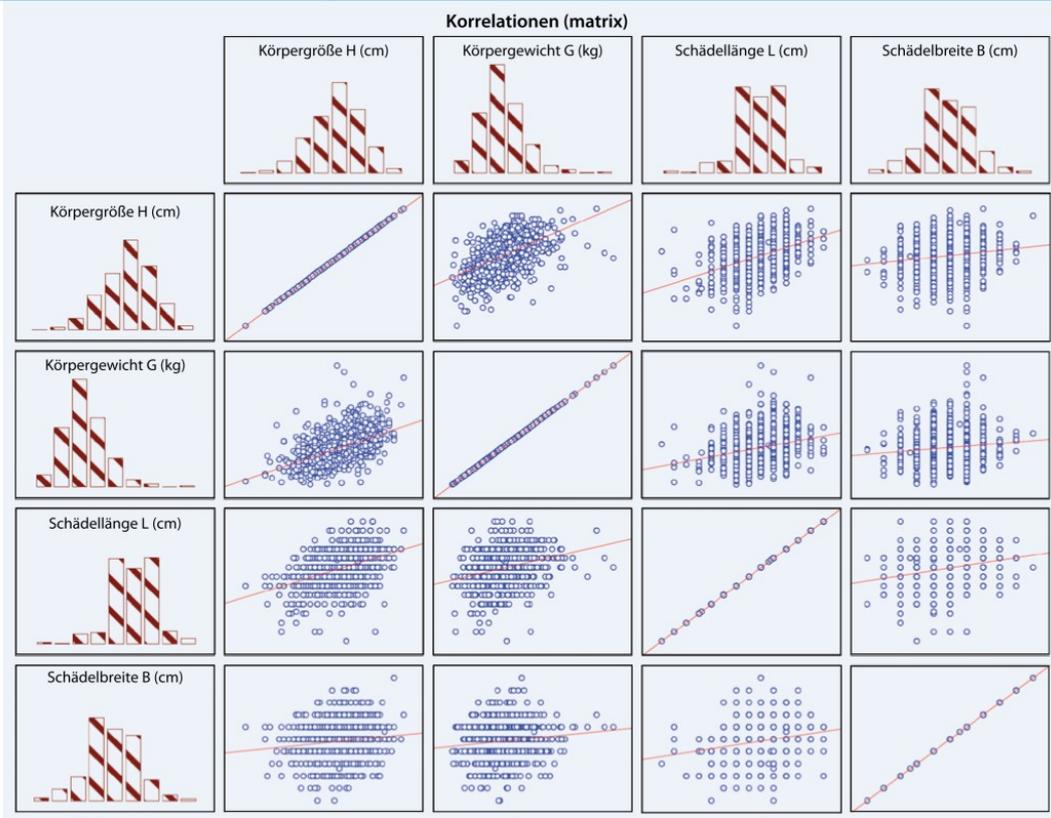


Abb. 1 ▲ Korrelationsmatrix illustriert die jeweils bivariaten Zusammenhänge der Messwerte der untersuchten Variablen Körpergröße (*H*), Körpergewicht (*G*), Schädelhöhe (*L*) und Schädelbreite (*B*) in Form von Streudiagrammen

ne Regressionsformel zur Berechnung der Körpergröße.

In der Studie von Chiba u. Terazawa [5] wurden bei 77 männlichen und 47 weiblichen Verstorbenen im Rahmen von Obduktionen die maximale Schädelhöhe, der maximale Schädelumfang und die Körperlänge vermessen. Die aus den erhobenen Daten abgeleitete Regressionsformel zur Berechnung der Körpergröße aus der Summe von maximaler Schädelhöhe und -umfang ergab Schätzungen zur Körpergröße mit einem Standardfehler von ca. ± 7 cm.

Ryan u. Bidmos [24] haben 50 männliche und 49 weibliche vollständige Skelette von farbigen Südafrikanern mit bekannter Körpergröße untersucht. Am Schädel wurden 6 Messstrecken erhoben. Es wurde für beide Geschlechter getrennt eine Regressionsformel zur Berech-

nung der Körpergröße erstellt, in die die maximale Schädelhöhe und die maximale Schädelbreite als unabhängige Variablen eingesetzt wurden. Der einfache Fehler der Regressionsgleichung betrug in dieser Studie für weibliche Individuen ca. 6 cm, für männliche ca. 4,5 cm.

Eine aktuelle Arbeit aus Indien hatte zum Ziel, die Körpergröße aus der Länge der Koronar- und der Sagittalnaht des Schädels zu berechnen [20]. Untersucht wurden 87 Schädel männlicher Verstorbener südindischer Herkunft im Rahmen ihrer Obduktion. Der Korrelationskoeffizient mit der Körperlänge betrug für die Länge der Sagittalnaht 0,09 und für die Länge der Koronar- naht 0,363. Die Regressionsformel basierend auf der Länge der Sagittalnaht beinhaltet einen Standardfehler von $\pm 9,42$ cm und die

auf der Kranznaht beruhende einen von $\pm 5,67$ cm.

Bei einem intakten Schädel stellt die Geschlechtsbestimmung üblicherweise keine große Schwierigkeit dar. Für die Geschlechtsdiskriminierung am Schädel existieren sowohl morphologische Merkmale als auch morphometrische Analyseverfahren, die eine korrekte Geschlechtsdiagnose in über 90% der Fälle ermöglichen [11, 15, 18, 19]. Schwieriger wird diese Fragestellung bei fragmentierten Schädeln. Die Erfahrung zeigt, dass insbesondere an beschädigten Schädeln mit fortgeschrittenen Dekompositionsspuren der maximale Längs- oder Querdurchmesser häufig noch zuverlässig zu erheben sind.

Retrospektive Studie

Material und Methoden

Die Datenerhebung erfolgte retrograd anhand der Autopsieberichte, die in den Jahren 2004 bis 2008 im Institut für Rechtsmedizin der Universität Gießen verfasst worden waren. Während der Sektionen wurden regelmäßig die größte Schädel-länge und -breite mit einem Lineal am Sägeschnitt der entfernten Kalotte gemessen. Diese Messungen wurden von 7 verschiedenen Ärzten durchgeführt. Die Eröffnung der Schädelhöhle erfolgte dabei ausnahmslos mit einer oszillierenden Säge in der Ebene des größten Schädel-durchmessers, ausgeführt durch 2 verschiedene Präparatoren. Die Körperlänge wurde mit einem Maßband vermessen. Neben diesen Messwerten wurden das Geschlecht und das Alter in Jahren aufgenommen. Außerdem war den Personen-daten zu entnehmen, ob der Geburtsort innerhalb von Deutschland angegeben war oder nicht. Einschlusskriterien waren das vollständige Vorhandensein der zu erhebenden Parameter und die Vollendung des 21. Lebensjahres. Ausschlusskriterien waren Knochenbrüche, Knochenerkrankungen sowie beschriebene Dekompositionszeichen und andere zu erwartende Einflüsse auf die Körperlänge wie z. B. Hitzeschumpfung. Außerdem wurden Fälle ausgeschlossen, bei denen ein in Deutschland befindlicher Geburtsort notiert war, aber das Sektionsprotokoll Hinweise darauf gab, dass es sich um ein Individuum nichtkaukasoider, sondern negerider oder mongolider Herkunft handeln könnte.

Die aus den Autopsieberichten entnommenen Daten wurden mit Excel erfasst und mit der Software statistica® (Version 9) statistisch ausgewertet. Neben der deskriptiven Statistik wurde der Korrelationstest nach Pearson verwendet. Für die Auswertung des Einflusses der Herkunft auf die mittlere Verteilung der metrisch erfassten Daten wurde ein t-Test für unverbundene Stichproben (t-Test für Mittelwertgleichheit) eingesetzt. Ferner wurden anhand der Datensätze mit dem Ziel einer Schätzung der Körpergröße multivariate Regressionsanalysen durchgeführt.

Zusammenfassung · Abstract

Rechtsmedizin 2010 DOI 10.1007/s00194-010-0712-2
© Springer-Verlag 2010

T.V. Kolencherry · F. Ramsthaler · M. Obert · C.G. Birngruber · K. Kreutz · M.A. Verhoff
Körpergrößenschätzung und Geschlechtsdiskrimination. Messung des maximalen Längs- und Querdurchmessers des Schädels

Zusammenfassung

In die Untersuchung gingen die Autopsieberichte von 959 Verstorbenen, die das 21. Lebensjahr vollendet hatten und in den Jahren 2004 bis 2008 am Institut für Rechtsmedizin der Universität Gießen obduziert worden waren, ein. Es sollte überprüft werden, ob mithilfe der an der frischen Sägefläche des Hirnschädels gemessenen maximalen Schädel-länge und -breite eine Schätzung der Körpergröße oder eine Geschlechtsdiskrimination möglich ist. Um den Einfluss der Herkunft der Individuen auf die untersuchten Maße abzuschätzen, wurde eine getrennte Betrachtung der in Deutschland (n=760) und außerhalb von Deutschland geborenen Individuen (n=199) durchgeführt. Trotz signifikanter Korrelationen der maximalen Schädel-länge mit der Körpergröße konnte aufgrund der hohen

Standardfehler keine sinnvolle einsetzbare Regressionsformel berechnet werden. Die maximale Schädelbreite zeigte keine nennenswerte Korrelation zur Körperlänge. Bezüglich der Geschlechtsdiskrimination konnte für kaukasoiden Individuen folgende Aussage getroffen werden: Schädel-längen kleiner 15,5 cm sprechen für weibliche und größer 19 cm für männliche Individuen. Bei der Schädelbreite weisen Werte kleiner 12,5 cm auf eine Frau und größer 15,5 cm auf einen Mann hin.

Schlüsselwörter

Forensische Anthropologie · Korrelationsstudien · Biometrie · Obduktion · Schädel

Estimation of height and sex determination. Measurement of maximum cranial length and width

Abstract

In this study 959 deceased persons aged over 21 years at death were examined where autopsies were performed at the Institute of Legal Medicine in Giessen in the period from 2004 to 2008. The aim of the study was to investigate whether the maximum measurements for cranial length and width obtained from the opening cranial cut at autopsy could be used to estimate body height or to determine sex. In order to be able to gauge the influence of provenance on the examined parameters, individuals born in Germany (n=760) were considered separately from those born outside Germany (n=199). Despite a significant correlation between the maximum cranial length and body height a

useful regression formula could not be calculated due to the high standard error. There was no significant correlation between maximum cranial width and body height. With respect to sex determination the following observations were made for Caucasian individuals: cranial lengths of less than 15.5 cm indicated females while lengths of over 19 cm indicated males and cranial widths of less than 12.5 cm indicated females while cranial widths of more than 15.5 cm indicated males.

Keywords

Forensic anthropology · Correlation studies · Biometry · Autopsy · Skull

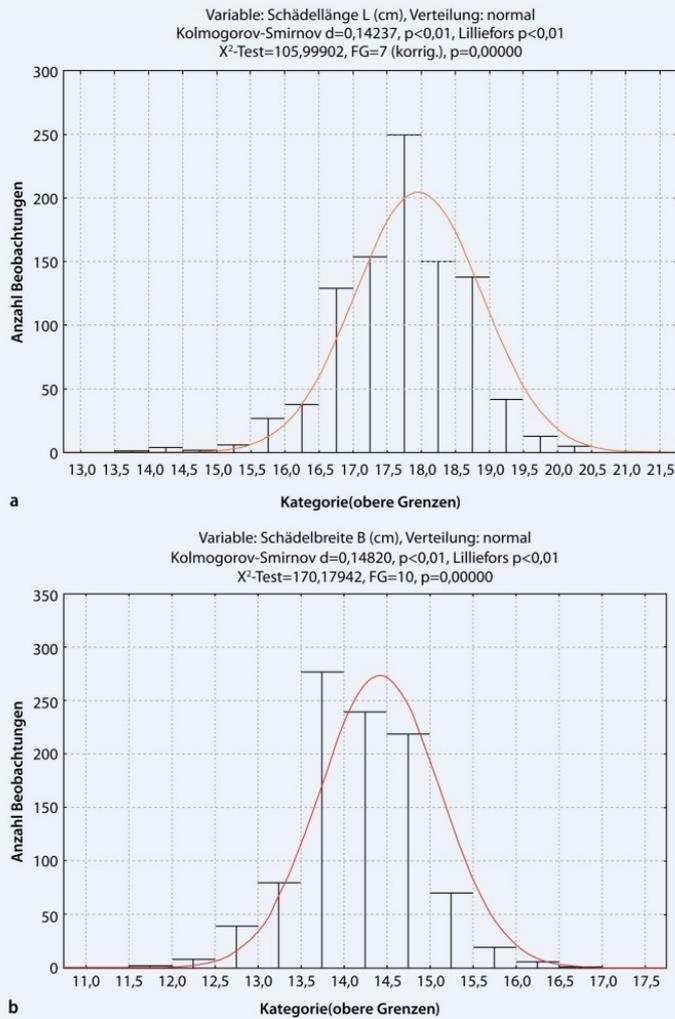


Abb. 2 **a, b** Die erhobenen Daten zeigen eine statistisch signifikante Normalverteilung für die beiden Schädelmessstrecken (B) und (L). Der bei unbekannter Varianz robustere Lilliefors-Test bestimmt analog zum Kolmogorov-Smirnov-Test den statistischen Abstand zwischen der angenommenen Normalverteilung der Daten und den erhobenen Messdaten

Insgesamt konnten 959 Autopsieberichte von 632 männlichen und 327 weiblichen Verstorbenen in die Studie einbezogen werden. Der Geburtsort lag bei 760 Individuen innerhalb, bei 199 außerhalb Deutschlands.

Ergebnisse

Alle metrischen Parameter zeigten untereinander einen statistisch sicheren Zu-

sammenhang in der Korrelationsanalyse. Nach Überprüfung der Normalverteilung der metrisch erfassten Parameter konnten in der Korrelationstabelle ausschließlich positive r -Werte von $0,14$ – $0,51$ nachgewiesen werden (Kolmogorov-Smirnov-Test, Lilliefors-Test; **Tab. 1**; **Abb. 1, 2a, b**).

Im Bezug auf die Zielgröße Körpergröße H betrug der Korrelationskoeffizient für die Schädellänge L $0,419$ und für

die Schädelbreite B $0,141$, woraus sich ein Bestimmtheitsmaß von r^2 von $0,168$ bzw. $0,019$ errechnen ließ. Zusätzliche Korrelationstests mit nach Geschlechtern getrennten Daten und weiter aufgeschlüsselt nach der Herkunft erbrachten keine höheren Korrelationskoeffizienten als die in **Tab. 1** für alle Individuen aufgeführten.

Bei Anwendung der linearen Regressionsanalyse mit dem Ziel der Berechnung der Körpergröße H aus Schädellänge L und Schädelbreite B ergab sich ein Schätzfehler von $\pm 8,98$ cm (**Tab. 2**). Die ausschließliche Verwendung der Schädellänge L als einzelne abhängige Größe erbrachte keinen Zugewinn an Schätzgenauigkeit ($SF \pm 9$ cm, **Tab. 3**). Die singuläre Verwendung der Schädelbreite B als Regressor zeigte zwar einen Standardfehler von 7 cm, allerdings war der Zusammenhang nicht statistisch signifikant ($p=0,06$). Die nach Geschlechtern getrennt durchgeführte Regressionsanalyse zeigte ebenfalls nur gering bessere Schätzgenauigkeiten von ca. ± 7 cm (**Tab. 3**). Auch das Streudiagramm zwischen beobachteten Werten zur Körpergröße H und denen aus der Regressionsgleichung berechneten Größenwerten illustriert die große Streuung der einzelnen Datensätze (**Abb. 3**).

Bei der Betrachtung der Herkunft, differenziert nach dem Geburtsort außerhalb oder innerhalb von Deutschland, fanden sich für alle metrischen Parameter Abweichungen in den Streumaßen, die jedoch nur für die Schädellänge L und Schädelbreite B statistisch signifikant waren (t -Test: $t^L=4,25$; $t^B=-6,75$; **Tab. 4**).

Bei der nach Herkunft getrennten deskriptiven Statistik waren die Geschlechterdifferenzen der Streumaße (Mittelwert, Standardabweichung) für Schädellänge L und Schädelbreite B nur gering (**Tab. 5**, **Abb. 4**). Bis auf die Schädellänge L bei den nicht in Deutschland geborenen Individuen wurden bei den Frauen kleinere Minima und bei den Männern größere Maxima gemessen (**Tab. 5**).

Diskussion

Die vorgestellte retrospektive Auswertung von 959 Sektionsprotokollen aus einem aktuellen Fünfjahreszeitraum des Gießener Instituts für Rechtsmedizin sollte

überprüfen, ob der maximale Längs- oder Querdurchmesser des Schädels einerseits für eine Schätzung der Körpergröße und andererseits für eine Geschlechtsdiskrimination geeignet ist.

Wie bei allen retrograden Datenerhebungen ist mit Messfehlern bei den insgesamt 7 verschiedenen Untersuchern zu rechnen. Jedoch ergibt sich in der vorgestellten Analyse kein Anhaltspunkt für einen systematischen Fehler. Außerdem ist zu beachten, dass die maximalen Längs- und Querdurchmesser des Schädels bei einer rechtsmedizinischen Obduktion nicht wie in der Anthropologie üblich mit einem Tasterzirkel an definierten Messpunkten vermessen werden. Stattdessen werden mit einem Lineal an der Sägefläche der Kalotte die maximale „Schädellänge“ und die maximale „Schädelbreite“ gemessen. Hierbei ist im Vergleich zur Anthropometrie von einem größeren zufälligen Messfehler auszugehen, der sich aber gleichmäßig auf die Gruppen (Geschlecht, Herkunft) verteilen dürfte. Der Sägeschnitt erfolgt üblicherweise in der Ebene der größten Ausdehnung des Hirnschädels, kann allerdings auch knapp darüber oder darunter verlaufen. Folglich könnten die maximale Schädellänge und Schädelbreite in Einzelfällen kleiner sein als die anthropologisch vermessene sog. größte Hirnschädellänge und größte Hirnschädelbreite [2]. Deshalb wären in der vorgestellten Arbeit für die Benennung der Parameter die rechtsmedizinischen Begriffe „maximaler Längsdurchmesser“ und „maximaler Querdurchmesser“ des Hirnschädels korrekt. „Schädellänge“ und „Schädelbreite“ wurden jedoch synonym verwendet. Ähnlich verhält es sich mit der Zielgröße „Körpergröße“. Diese anthropologische Begrifflichkeit bezieht sich auf den in stehender Position befindlichen (lebenden) Menschen. Am Obduktionstisch wird jedoch am liegenden Leichnam die „Körperlänge“ gemessen. Dabei können zusätzlich durch Leichenstarre und durch sie begründete Beugstellung in den Beinen geringe Messunterschiede im Vergleich zu den zu Lebzeiten dokumentierten Körpergrößen auftreten.

Einen Einfluss auf die Schädellänge und die Schädelbreite von der Herkunft des untersuchten Menschen ist zu erwarten.

Tab. 1 Korrelationstabelle mit einzelnen Koeffizienten r ($-1,+1$)

Variable	Korrelationen (r)			
	Körpergröße H (cm)	Gewicht G (kg)	Schädellänge L (cm)	Schädelbreite B (cm)
Körpergröße H (cm)	1,00	0,52	0,42	0,14
Körpergewicht G (kg)	0,52	1,00	0,28	0,12
Schädellänge L (cm)	0,42	0,28	1,00	0,21
Schädelbreite B (cm)	0,14	0,12	0,21	1,00

Der größte Zusammenhang zeigte sich erwartungsgemäß zwischen Körpergröße H und Körpergewicht G ($r=0,52$). Alle Korrelationen sind signifikant verschieden von $r=0$, $p<0,05$.

Tab. 2 Regressionsgleichung unter Einbezug beider unabhängiger Variablen B und L

n=959						
Regression Zusammenfassung für abhängige Variable: Körpergröße (cm)						
R=0,42292416, R ² =0,17886484, korr. R ² =0,17714699, F(2,956)=104,12, p<0,0000 Stdf. der Schätzung: 8,98 cm						
	β^a	Stdf. von β^a	b	Stdf. von β	t(956)	p-Wert
Konstante			84,29532	7,456653	11,30471	0,000000
Schädellänge L (cm)	0,407660	0,029970	4,32833	0,318212	13,60204	0,000000
Schädelbreite B (cm)	0,055970	0,029970	0,79319	0,424730	1,86752	0,062135

Regressionsgleichung: H (cm) = $84,29 + 0,42 \cdot L + 0,06 \cdot B$. Der Standardfehler (Stdf.) der Schätzung beträgt 8,98 cm. R² benennt das korrigierte Bestimmtheitsmaß (0,177); das besagt, dass nur ca. 17% der Variation der Körpergröße durch die beiden Regressoren B und L erklärt werden. Die Nullhypothese, wonach kein systematischer Zusammenhang zwischen abhängiger Variable Körpergröße H und B und L besteht, kann abgelehnt werden (F-Verteilung signifikant, $p<0,00$). Bei der Prüfung der Regressionskoeffizienten (erste Spalte der Tabelle: beta, β^a) zeigt sich für L ein stärkerer Einfluss auf die Körpergröße (0,407 > 0,055). Da die Zahl der Beobachtungen mit $n=959$ hoch ist, ist der Einfluss von β als nicht signifikant zu bewerten ($p=0,06$, letzte Spalte).

Tab. 3 Standardfehler der Regressionsgleichung in Abhängigkeit von Geschlecht und Einbindung beider Messwerte bzw. nur der Schädellänge als Regressor (kursiv)

Geschlecht	Standardfehler (cm)	Schädellänge (cm)	Schädelbreite (cm)
Beide	8,98	x	x
Weiblich	7,00	x	x
Männlich	7,19	x	x
Beide	9,00	x	
Weiblich	7,08	x	
Männlich	7,20	x	

Die genaueste Schätzung ist somit bei Verwendung von L und B anhand weiblicher Schädel möglich (7,00 cm).

Tab. 4 t-Test (Mittelwertvergleich) zur Einflussgröße „Herkunft“ (Gruppe 1, 2) auf die metrischen Parameter Körpergröße H, Körpergewicht G, Schädellänge L und -breite B

Variable	t-Tests; Gruppen: Gruppe 1: in Deutschland geboren, Gruppe 2: nicht in Deutschland geboren								
	M 1	M 2	t-Wert	FG	p	Gült. n 1	Gült. n 2	SD 1	SD 2
Körpergröße H (cm)	173,6505	172,6919	1,21284	957	0,225489	761	198	10,00809	9,50453
Körpergewicht G (kg)	76,2057	75,2172	0,67319	957	0,500987	761	198	18,72962	17,09657
Schädellänge L (cm)	18,0208	17,7071	4,25057	957	0,000023	761	198	0,93325	0,89275
Schädelbreite B (cm)	14,3438	14,7121	-6,75573	957	0,000000	761	198	0,68820	0,66490

M Mittelwert, FG Freiheitsgrade, Gült. n Anzahl der auswertbaren Individuen, SD Standardabweichung.

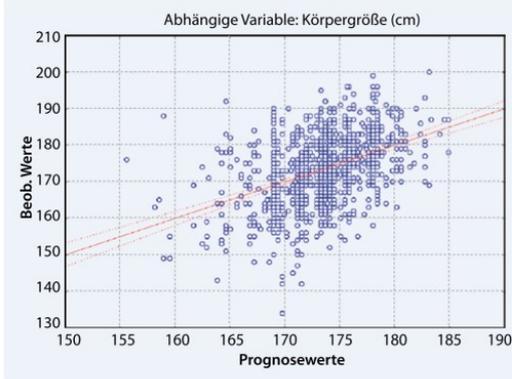


Abb. 3 ◀ Streudiagramm zwischen beobachteten und geschätzten Werten zur Körpergröße H. Diffuse Punktwolke demonstriert gut erkennbar die gleichbleibend breite Streuung in allen Bereichen

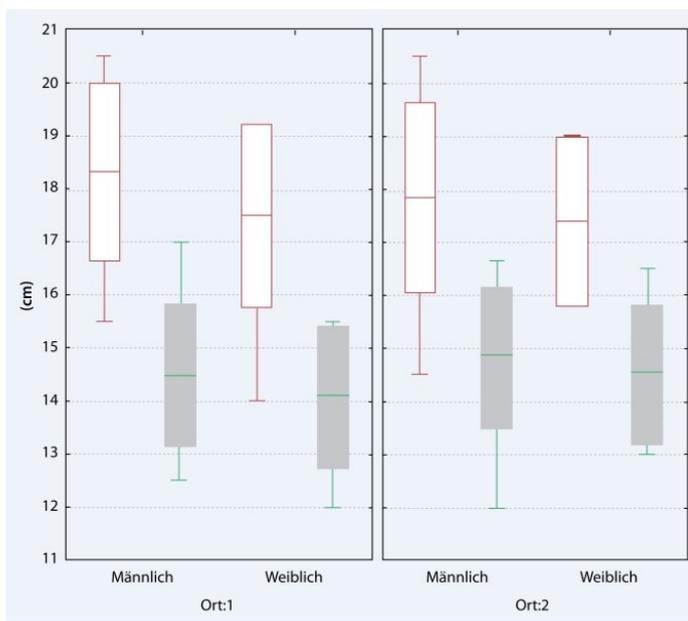


Abb. 4 ▲ Box-Whisker-Plots mit Darstellung der Verteilung der Werte für Schädelgröße L (weiße Boxen) und Schädelbreite B (schwarze Boxen) in Abhängigkeit von Geschlecht und Herkunft. 1 in Deutschland geboren, 2 außerhalb Deutschlands geboren. Die Außengrenzen der Boxen markieren hier die jeweils 2-fache Standardabweichung, die „Antennen“ kennzeichnen die Extremwerte

ten. So werden metrische Unterschiede sowie auch die Form des Hirnschädels als Hinweise auf die Zugehörigkeit zu einem der 3 großen geografischen Populationsgebiete (Europa, Asien, Afrika) verwendet. Während der Hirnschädel im Durchmesser bei Bevölkerungen mongolider Herkunft rundlich erscheint, wird er bei den kaukasoiden Populationsgruppen im Mittel länglicher und bei den Negriden im Durchschnitt am längsten im Verhältnis zur Breite beschrieben [22]. In der vorge-

stellten Studie wurde bezüglich der Herkunft nur zwischen einem Geburtsort innerhalb und außerhalb Deutschlands unterschieden. Haben sich bei einem Individuum mit Geburtsort in Deutschland anhand des Sektionsprotokolls Anhaltspunkte für eine negride oder mongolide Herkunft ergeben, wurde dieses nicht in die Auswertung einbezogen.

Der erwartete Einfluss der Herkunft auf die Schädelgröße und -breite hat sich in dieser Studie bestätigt: Die nicht in

Deutschland geborenen Individuen hatten im Mittel einen kürzeren und breiteren Schädel (Tab. 5). Eine denkbare Erklärung hierfür ist, dass die nicht in Deutschland Geborenen des Gießener Sektionsguts zu größeren Anteilen aus Ost- und Südosteuropa stammten und entsprechende populationsgeografische Eigenschaften der Schädelmorphologie häufiger zum Tragen kommen.

Von allen untersuchten Variablen bestand mit einem Koeffizienten von 0,419 zwischen Schädelgröße und Körpergröße der größte lineare Zusammenhang (Tab. 1). Dies scheint mit den Literaturdaten übereinzustimmen [5, 8, 24]. Nach der Geschlechtertrennung und der weiteren Differenzierung nach der Herkunft sinkt dieser Korrelationskoeffizient. Für eine Regressionsanalyse, bei der anhand der beiden Regressoren Schädelgröße und maximaler Schädelquerdurchmesser die Körpergröße unabhängig der Geschlechtszuordnung berechnet wird, ergibt sich ein Standardfehler der Schätzung von 8,9 cm. Eine Trennung der Berechnungen nach Geschlecht und auch die Beschränkung der Schätzung auf die maximale Schädelgröße als singulärer Regressor erbringen dabei einen nur unbedeutenden Gewinn an Schätzgenauigkeit, soweit die Berechnungen geschlechtergetrennt erfolgen (Tab. 3). Diese Zahlen verdeutlichen, dass der Längsdurchmesser des Hirnschädels für eine Körpergrößenschätzung mit dem Ziel der Identifizierung ungeeignet ist.

Vor diesem Hintergrund noch ungünstiger verläuft die differenzierte Betrachtung der Korrelation zwischen Schädelgröße und Körpergröße. Für alle Individuen erhält man einen Korrelationskoeffizienten von 0,141 (Tab. 1). Nach Geschlechts- und Herkunftsdifferenzierung wird dieser Wert noch deutlich unterschritten.

Bezüglich der Frage des Einsatzes der Schädelgröße oder -breite zur Geschlechtsdiskrimination fallen die geschlechtsspezifischen Vergleiche von Mittelwert und Median nach Herkunft getrennt in der deskriptiven Statistik (Tab. 4, 5) ernüchternd aus. Die Festlegung eines Trennwerts („cut point“) und Darstellung bzw. Überprüfung mit einer „Receiver-Operating-Characteristic“- (ROC-)Kurve ist da-

mit nicht angezeigt. Eine Praxisrelevanz kann sich allerdings aus der Extremwertbetrachtung ergeben: Bei den in Deutschland geborenen Individuen (■ Tab. 5) beträgt für die Frauen die kleinste Schädel­länge 14 cm und für die Männer 15,5 cm. Auf der anderen Seite erreichen Frauen in dieser Gruppe eine maximale Schädel­länge von 19 cm und Männer von 20,5 cm. Daraus könnte man schließen, dass Schädel­längen kleiner 15,5 cm für weibliche und größer 19 cm für männliche Individuen sprechen. Für die Schädelbreite würden dann Werte kleiner 12,5 cm für eine Frau und größer 15,5 cm für einen Mann sprechen.

Für die außerhalb von Deutschland geborenen Individuen sind derartige Schlussfolgerungen nicht möglich (■ Tab. 5). Die Vermutung liegt nahe, dass einer der Gründe dafür die größere Heterogenität dieser Gruppe ist. Zumindest anhand der Streuwerte lässt sich diese Annahme jedoch nicht ohne Weiteres stützen. Basierend auf den Ergebnissen der Mittelwertvergleichsteste (■ Tab. 4) konnten signifikante Unterschiede in der Verteilung der Messwerte sowohl für die Schädel­länge als auch für den maximalen Querdurchmesser des Schädels nachgewiesen werden. Ein anderes Problem könnte in den stark unterschiedlichen Gruppengrößen liegen: Die Gruppe der weiblichen, nicht in Deutschland Geborenen umfasste nur 53 Individuen und die der männlichen 145. Andererseits weist der Mittelwert auf eine Vergleichbarkeit dieser beiden Gruppen untereinander hin (■ Tab. 5).

Fazit für die Praxis

Nach der vorgestellten Auswertung von 959 Obduktionsfällen ist weder das Maß der maximalen Schädel­länge (größte Hirnschädel­länge) noch der maximalen Schädel­breite (größte Hirnschädel­breite) für eine in der rechtsmedizinischen bzw. forensisch-osteologischen Fallarbeit einsetzbare Körpergrößenschätzung geeignet. Für kaukasoide Individuen können die maximale Schädel­länge und maximale Schädel­breite zur Geschlechtsdifferenzierung hilfreich sein: Schädel­längen kleiner 15,5 cm sprechen für weibliche und größer 19 cm für männliche Indi-

Tab. 5 Zusammenfassung der Streuwerte von Schädel­länge L und -breite B nach Herkunft und Geschlecht getrennt

Geburtsort	Geschlecht		Schädel­länge L	Schädel­breite B
1	Weiblich	Anzahl (n)	274	274
		Mittelwert	17,4927	14,0985
		Minimum	14,00	12,00
		Maximum	19,00	15,50
		Standardabweichung	0,86424	0,65420
	Männlich	Anzahl (n)	487	487
		Mittelwert	18,3179	14,4817
		Minimum	15,50	12,50
		Maximum	20,50	17,00
		Standardabweichung	0,83473	0,66877
	Insgesamt	Anzahl (n)	761	761
		Mittelwert	18,0208	14,3438
		Minimum	14,00	12,00
		Maximum	20,50	17,00
		Standardabweichung	0,93325	0,68820
	2	Weiblich	Anzahl (n)	53
Mittelwert			17,3774	14,4717
Minimum			16,00	12,00
Maximum			19,00	16,50
Standardabweichung			0,79606	0,66806
Männlich		Anzahl (n)	145	145
		Mittelwert	17,8276	14,8000
		Minimum	14,50	12,00
		Maximum	20,50	16,50
		Standardabweichung	0,89826	0,64388
Insgesamt		Anzahl (n)	198	198
		Mittelwert	17,7071	14,7121
		Minimum	14,50	12,00
		Maximum	20,50	16,50
		Standardabweichung	0,89275	0,66490
Insgesamt	Weiblich	Anzahl (n)	327	327
		Mittelwert	17,4740	14,1590
		Minimum	14,00	12,00
		Maximum	19,00	16,50
		Standardabweichung	0,85345	0,66975
	Männlich	Anzahl (n)	632	632
		Mittelwert	18,2054	14,5547
		Minimum	14,50	12,00
		Maximum	20,50	17,00
		Standardabweichung	0,87371	0,67604
	Insgesamt	Anzahl (n)	959	959
		Mittelwert	17,9560	14,4198
		Minimum	14,00	12,00
		Maximum	20,50	17,00
		Standardabweichung	0,93327	0,69921

1 in Deutschland geboren, 2 außerhalb Deutschlands geboren.

duen. Bei der Schädel­breite weisen Werte kleiner 12,5 cm auf eine Frau und größer 15,5 cm auf einen Mann hin.

Korrespondenzadresse**Prof. Dr. M.A. Verhoff**

Institut für Rechtsmedizin, Universitätsklinikum
Gießen und Marburg
Frankfurter Str. 58, 35392 Gießen
Marcel.A.Verhoff@forens.med.uni-giessen.de

Danksagung. Die Autoren danken Herrn Wolfgang Pabst von der Arbeitsgruppe Medizinische Statistik des Instituts für Medizinische Informatik der Universität Gießen für seine Unterstützung bei den statistischen Auswertungen.

Interessenkonflikt. Keine Angaben

Literatur

- Bidmos MA (2008) Estimation of stature using fragmentary femora in indigenous South Africans. *Int J Legal Med* 122:293–299
- Bräuer G (1988) Osteometrie – a. Kraniometrie. In: Knussmann R (Hrsg) *Anthropologie*, Bd 1.1. Fischer, Stuttgart, S 160–192
- Byers S, Akoshima K, Curran B (1989) Determination of adult stature from metatarsal length. *Am J Phys Anthropol* 79:275–279
- Campobasso CP, Di Vella G, Introna F Jr (1998) Using scapular measurements in regression formulae for the estimation of stature. *Boll Soc Ital Biol Sper* 74:75–82
- Chiba M, Terazawa K (1998) Estimation of stature from somatometry of skull. *Forensic Sci Int* 97:87–92
- Gehring K, Graw M (2001) Körperhöhenbestimmung anhand des Femurs und von Femurfragmenten. *Arch Kriminol* 207:170–180
- Holland TD (1995) Estimation of adult stature from the calcaneus and talus. *Am J Phys Anthropol* 96:315–320
- Introna F Jr, Di Vella G, Petrachi S (1993) Determination of height in life using multiple regression of skull parameters. *Boll Soc Ital Biol Sper* 69:153–160
- Jit I, Singh S (1956) Estimation of stature from clavicles. *Indian J Med Res* 44:137–155
- Jopp E, Fuhrmann A, Reese F, Püschel K (2009) In-kakind in Norddeutschland? Dubioser Schädel-fund. *Rechtsmedizin* 19:235–238
- Kimmerle A, Ross A, Slice D (2008) Sexual dimorphism in America: geometric morphometric analysis of the craniofacial region. *J Forensic Sci* 53:54–57
- Krishan K (2008) Determination of stature from foot and its segments in a north Indian population. *Am J Forensic Med Pathol* 29:297–303
- Meadows L, Jantz RL (1992) Estimation of stature from metacarpal lengths. *J Forensic Sci* 37:147–154
- Nagesh KR, Kumar GP (2006) Estimation of stature from vertebral column length in south Indians. *Legal Med (Tokyo)* 8:269–272
- Novotny V, Iscan MY, Loth SR (1993) Morphologic and osteometric assessment of age, sex and race from the skull. In: Iscan MY, Helmer R (Hrsg) *Forensic analysis of the skull*. Wiley-Liss, New York, S 71–88
- Penning R (1996) *Rechtsmedizin systematisch*. Uni-Med, Bremen, Lorch/Württemberg, S 34–39
- Püschel K (2008) Wie starb Adolf Hitler? *Rechtsmedizin* 18:202–203
- 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
- Ramsthaler F, Kreutz K, Verhoff MA (2007) Accuracy of metric sex analysis of skeletal remains using Fordisc® based on a recent skull collection. *Int J Legal Med* 121:477–482
- Rao PP, Sowmya J, Yoganarasimha K et al (2009) Estimation of stature from cranial sutures in a south Indian male population. *Int J Legal Med* 123:271–276
- Rastogia P, Nagesh KR, Yoganarasimha K (2008) Estimation of stature from hand dimensions of north and south Indians. *Legal Med (Tokyo)* 10:185–189
- Rhine S (1990) Non-metric skull racing. In: Gill GW, Rhine S (Hrsg) *Skeletal attribution of race*. Anthropological Papers No. 4, Maxwell Museum of Anthropology, Albuquerque, New Mexico, S 9–20
- Rösing FW (1988) Körperhöhenrekonstruktion aus Skelettmaßen. In: Knussmann R (Hrsg) *Anthropologie*, Bd 1.1. Fischer, Stuttgart, S 586–599
- Ryan I, Bidmos MA (2007) Skeletal height reconstruction from measurements of the skull in indigenous South Africans. *Forensic Sci Int* 167:16–21
- Sarangi AK, Dadhi B, Mishra KK (1981) Estimating of stature from adult skull bone. *J Indian Acad Forensic Med* 182:24–26
- Shintaku K, Furuya Y (1990) Estimation of stature based on the proximal phalangeal length of Japanese women's hands. *J UOEH* 12:215–219
- Trotter M, Gleser GC (1951) Trends in stature of American Whites and Negroes born between 1840 and 1924. *Am J Phys Anthropol* 9:427–440
- Trotter M, Gleser GC (1952) Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes. *Am J Phys Anthropol* 10:463–514
- Trotter M, Gleser GC (1958) A re-evaluation of stature based on measurements of stature taken during life and of long bones after death. *Am J Phys Anthropol* 16:79–123
- Verhoff MA, Kreutz K, Ramsthaler F, Schiwy-Bochat KH (2006) *Forensische Anthropologie und Osteologie – Übersicht und Definitionen*. Dtsch Arztebl 103:A782–A788
- Verhoff MA, Schiwy-Bochat KH, Kreutz K et al (2009) Das forensisch-osteologische Gutachten – Anforderungen aus rechtsmedizinischer Sicht. *Rechtsmedizin* 19:357–361

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität Gießen¹
(Direktor: Prof. Dr. med. Dr. jur. R. B. Dettmeyer),
dem Institut für Rechtsmedizin des Universitätsklinikums des Saarlandes Homburg/Saar²
(Direktor: Prof. Dr. med. P. Schmidt)
und dem Institut für Rechtsmedizin des Universitätsklinikums Frankfurt am Main³
(Direktor: Prof. Dr. med. M. A. Verhoff)

Über die Korrelation von Schädelnahtlängen und Körperhöhe bei Mitteleuropäern

Von

Tesseera V. Kolencherry¹, Dr. med. Christoph G. Birngruber¹, Dr. med. Frank Ramsthaler², Prof. Dr. med. Marcel A. Verhoff³ und Dr. med. Sarah C. Kölzer³

(Mit 1 Abbildung und 1 Tabelle)

1. Einleitung

Wenn anhand von knöchernen Überresten die Körperhöhe geschätzt werden soll, werden – falls verfügbar – Langknochen herangezogen, da diese die stärkste Korrelation mit der Körperhöhe aufweisen [32]. Statistische Grundlage für die Körperhöhenschätzung bilden in der Regel Regressionsformeln, die jedoch einen starken Geschlechts- und Populationsbezug aufweisen [5, 13, 28]. Für den Fall, dass Langknochen nicht verfügbar sind, wurden andere Knochen des Postcraniums zur Körperhöhenschätzung evaluiert, wie beispielsweise Talus und Kalkaneus [8], Phalangen [27], Scapula [2] oder die Clavicula [10]; die praktische Anwendbarkeit bei forensischen Fällen ist aufgrund des hohen Schätzfehlers jedoch sehr eingeschränkt.

Der knöcherne Schädel steht aufgrund seiner Größe und Auffälligkeit für forensisch-osteologische Untersuchungen häufig zur Verfügung [1]. Der Schädel als Ganzes oder einzelne Knochen ermöglichen eine sehr zuverlässige Diskrimination des Geschlechts [12, 19, 20, 31], mäßig gute Hinweise auf das Alter des Individuums [6, 7, 13] und mitunter Anhaltspunkte für die geografische Herkunft [13]. Zur Ergänzung des sog. biologischen Profils [29] ist die Schätzung der Körperhöhe von Bedeutung. Wenn der Schädel als einziges Untersuchungsmaterial für die Identifizierung eines unbekanntes Toten zur Verfügung steht, wäre mangels Alternativen die Möglichkeit einer Schätzung der Körpergröße anhand von messbaren Merkmalen am Schädel wünschenswert.

Diesbezüglich finden sich in der Literatur unterschiedliche Ergebnisse. So haben Sarangi et al. in ihrer Studie keinen hinreichenden Zusammenhang zwischen verschiedenen Schädelmaßen und der Körpergröße festgestellt [24]. Introna et al. konnten hingegen an einem Kollektiv von 358 jungen Männern einen positiven Zusammenhang zwischen Schädelgrößendurchmesser und Körpergröße ermitteln und eine Regressionsformel zur Berechnung der Körpergröße etablieren [9]. Chiba u. Terazawa [3] maßen in ihrer Studie an 77 männlichen und 47 weiblichen Verstorbenen den maximalen Schädelumfang und die maximale Schädelbreite sowie die Körpergröße und leiteten aus den erhobenen Daten ebenfalls eine Regressionsformel ab. Unsere Arbeitsgruppe fand weder einen Zusammenhang zwischen maximaler Schädelgröße noch maximaler Schädelbreite und der Körpergröße [11].

Verschiedene Maße der Foramen-magnum-Region wurden in einer Studie von Cui u. Zhang [4] an einer chinesischen Population erhoben. Hierbei wurde von den Autoren zwar eine Korrelation zwischen den verschiedenen Ausmaßen der Foramen-magnum-Region und der Körperhöhe konstatiert. Die Assoziation sei allerdings schwächer als die zwischen verschiedenen Langknochen und der Körperhöhe, weshalb die Foramen-magnum-Region als eher unzuverlässiger Prädiktor für die Körperhöhe anzusehen sei.

In einer Studie von Schroeder [26] wurden u. a. Länge und Breite des Foramen magnum an insgesamt 225 aus CT-Datensätzen rekonstruierten, virtuellen Schädeln bestimmt und in Beziehung zur Körperhöhe gesetzt. Hierbei erwiesen sich die Breite und Länge des Foramen magnum als aussagekräftige Parameter sowohl für die Geschlechtsbestimmung als auch die Körperhöhenschätzung. Allerdings sind die Schätzfehler hinsichtlich der Körperhöhe so hoch, dass die praktische Anwendbarkeit sehr eingeschränkt ist.

Ein vielversprechender Ansatz hinsichtlich der Verwendung der Schädelnähte zur Körperhöhenschätzung wurde von Rao et al. (2009) publiziert: Sie konnten in ihrer Studie an 87 Schädeln südindischer männlicher Individuen [21] eine Korrelation sowohl zwischen Sagittal- als auch Coronarnaht und Körperhöhe nachweisen und für deren Berechnung eine Regressionsformel ableiten. In der vorliegenden prospektiven Studie sollte überprüft werden, ob sich die Ergebnisse von Rao et al. auf eine mitteleuropäische Population übertragen lassen, und ob sich anhand von Sektionsfällen eine Korrelation zwischen Schädelnahtlängen (Sagittal- und Coronarnaht) einerseits und Körperlänge andererseits nachweisen lässt.

2. Material und Methoden

In den Jahren 2009 und 2010 wurden im Rahmen von 117 im Institut für Rechtsmedizin Gießen durchgeführten Obduktionen die Längen der Sagittal- und Coronarnähte sowie die Körperhöhe mit einem Maßband gemessen. Das Alter der Verstorbenen lag zwischen 15 und 96 Jahren (Mittelwert 52,8 Jahre, Median 51 Jahre); davon waren 82 männlich und 35 weiblich. Von den männlichen Verstorbenen waren 59 und von den weiblichen 25 in Deutschland geboren, jeweils ohne morphologische Hinweise, die gegen eine kaukasoiden Herkunft sprachen. Die erhobenen Daten wurden mit Excel erfasst und mit der Software Statistica® Vers. 9 ausgewertet. Neben der deskriptiven Statistik wurde das Maß des linearen Zusammenhangs mittels Korrelationsanalyse nach Pearson bestimmt. Ferner wurde anhand der Datensätze eine multivariate Regressionsanalyse mit dem Ziel einer Schätzung der Körpergröße durchgeführt.

3. Ergebnisse

Die Verteilung der Schädelnaht-Maße und Körperhöhen bei den untersuchten Individuen ist in Tab. 1 dargestellt. Die zu analysierenden, intervallskalierten Messdaten waren normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov) und somit für eine Pearson-Analyse geeignet.

Tab. 1: Die Längen der Schädelnähte und die Körperhöhen im vermessenen Untersuchungsgut

	n	MW	Min.	Max.	STD / Median
Sagittalnaht [cm]	116	12,5	5,0	17,0	1,33 / 12,5
Coronarnaht [cm]	117	16,6	9,0	20,5	1,60 / 16,5
Körperhöhe [cm]	117	173,6	146	192	9,66 / 175

Die Länge der Sagittalnaht in Bezug auf die Körperhöhe ergab in der Korrelationsanalyse einen Korrelationskoeffizienten von lediglich $r = 0,045$ ($p = 0,617$). Ähnliche Ergebnisse wurden für die Coronarnaht erzielt; hierbei betrug der Korrelationskoeffizient $r = 0,015$.

Folgende Regressionsformeln ließen sich hieraus berechnen: Körperhöhe (cm) = $172,023 + (0,0947 \times \text{Länge der Coronarnaht})$. Der Standardfehler der Schätzung (SEE) betrug 9,70 cm. Abb. 1 zeigt die Verteilung der geschätzten Körperhöhe im Vergleich zur real gemessenen Körperhöhe bei Anwendung dieser Regressionsformel.

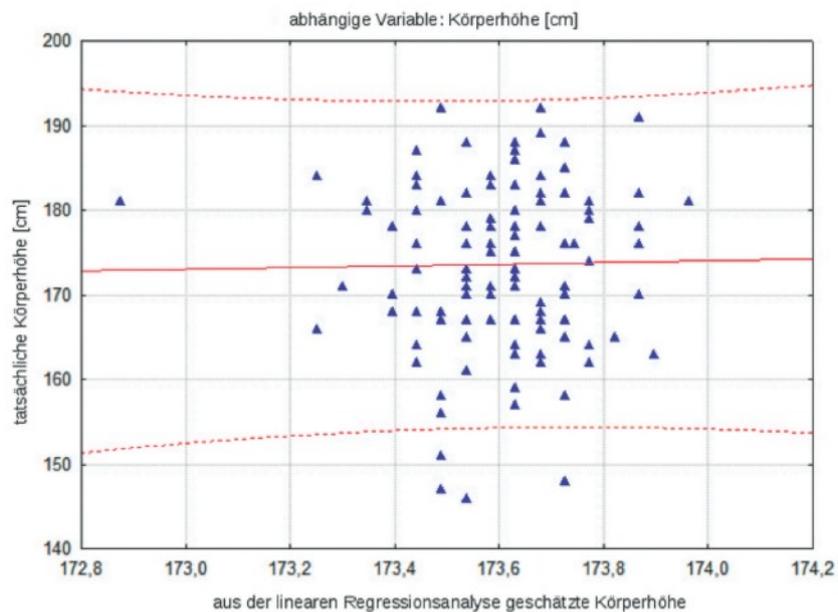


Abb. 1: Geschätzte Körperhöhe (x-Achse), bestimmt aus der Länge der Coronarnaht mit der für beide Geschlechter errechneten Regressionsformel, im Vergleich zur gemessenen Körperhöhe (y-Achse). Zur besseren Übersicht sind nur die Schätzungen zwischen 172,8 und 174,2 cm ($n = 99$) dargestellt.

Betrachtet man die Ergebnisse getrennt nach dem jeweiligen Geschlecht, verbesserte dies die Ergebnisse nicht signifikant:

Männer ($n = 82$):

$$\text{Körperhöhe (cm)} = 177,42 + (0,0066 \times \text{Länge der Coronarnaht}), \\ \text{SEE} = 7,36, r = 0,0015$$

Frauen ($n = 35$):

$$\text{Körperhöhe (cm)} = 175,21 - (0,65 \times \text{Länge der Coronarnaht}), \\ \text{SEE} = 8,22, r = 0,10$$

Die Werte, die sich für die in Deutschland geborenen Männer ergaben, stellten sich etwas besser dar ($n = 59$):

$$\text{Körperhöhe (cm)} = 183,56 - (0,32 \times \text{Länge der Coronarnaht}), \\ \text{SEE} = 6,33, r = 0,08$$

Bei Annahme einer maximal zulässigen Fehlerwahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ erwies sich keine der genannten Regressionsanalysen als statistisch signifikant.

4. Diskussion

In der vorgestellten Studie sollte an einem Kollektiv von 117 mitteleuropäischen Individuen geprüft werden, ob die Längen von Sagittal- und Coronarnaht eine hinreichend zuverlässige Schätzung der Körperhöhe zulassen. Die vorliegenden Ergebnisse haben gezeigt, dass weder die Länge der Sagittalnaht noch die Länge der Coronarnaht geeignet ist, die Körperhöhe zu bestimmen oder valide genug zu schätzen.

Reed u. Algee-Hewitt [22] führten in ihrer Stellungnahme zur Arbeit von Rao et al. [21] aus, dass sich das Wachstum des knöchernen Schädels von dem der Knochen des Postcraniums unterscheidet, da letztere eine andere ontologische Basis und andere Wachstumstrajektorien aufweisen (embryonale Entwicklung aus verschiedenen Keimblättern). Das Wachstum von knöchernem Schädel und den Knochen des Postcraniums wird sowohl von genetischen als auch epigenetischen Faktoren beeinflusst; Größe und Formänderungen des Schädels werden allerdings von epigenetischen Faktoren dominiert [14–16, 25].

Ein weiterer Punkt ist der Einfluss des Lebensalters auf die Körpergröße. Trotter u. Gleser [28] beschrieben einen osteoporosebedingten Größenverlust von durchschnittlich 0,6 mm/Jahr ab dem 30. Lebensjahr, ohne dies durch Studienergebnisse zu belegen. Lediglich Penning [17] ging auf die säkulare Akzeleration und die Altersinvolution (insbesondere bei Frauen in der Postmenopause) als Einflussfaktoren auf

die Körpergröße ein und etablierte altersbezogene Schätzformeln, um den Standardschätzfehler zu verbessern. Reed u. Algee-Hewitt [22] forderten ebenfalls, dass die berechnete Korrelation eines Parameters mit der Körperhöhe auch das Lebensalter der Individuen berücksichtigt. Folglich müssten altersbezogene und populationsspezifische Schätzformeln entwickelt werden. Die Autoren argumentierten, dass die Körpergröße (im Erwachsenenalter) mit zunehmendem Alter abnehme. Deshalb verringere sich mit steigendem Lebensalter die Wahrscheinlichkeit, bei der Berechnung der Körpergröße mittels craniometrischer Analysen ein korrektes Ergebnis zu erzielen.

Introna et al. [9] untersuchten ausschließlich junge Männer zwischen 17 und 27 Jahren. Auch das Studienkollektiv von Rao et al. [21] bestand nur aus männlichen Individuen, allerdings mit einer größeren Altersspanne (20 bis 60 Jahre), wobei aufgrund der fehlenden Angaben zu Median oder arithmetischem Mittelwert die Altersverteilung des untersuchten Kollektivs unklar bleibt. Chiba u. Terazawa [3] beschrieben lebensaltersbedingte Unterschiede der Schädelform hinsichtlich der Anterior-Posterior-Länge des Schädels. Sie fanden heraus, dass der Korrelationskoeffizient in ihrer Studie von 0,38 auf 0,60 anstieg, wenn man Personen mit einem Sterbealter von ≥ 70 J. nicht einbezog. Sarangi et al. gaben keine Daten bezüglich der Altersverteilung ihres Kollektivs an [24]; es erscheint daher möglich, dass sie überwiegend Maße von älteren Verstorbenen erhoben haben und deshalb keine Korrelation zwischen Schädelmaßen und Körpergröße nachweisen konnten.

Generell sollten zukünftige osteometrische Studien zur Schätzung der Körperhöhe das Lebensalter mit erfassen und Regressionsanalysen nach Geschlecht und Altersgruppen durchgeführt werden. Dabei sind die verwendeten Altersklassen an die Möglichkeiten und die Genauigkeit der Altersschätzung anzupassen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Zahl der definierten Altersklassen die Fallzahlberechnung beeinflusst [18]. Da die Verfügbarkeit der Daten begrenzt ist, wäre eine Einbindung in das Projekt „Digitale Forensische Osteologie“ [30] wünschenswert. Für die Körperhöhenschätzung aus Langknochen wäre so eine Verbesserung zu erwarten. Weniger optimistisch sind die Aussichten auf einen wesentlichen Zuwachs an Schätzgenauigkeit bei Schädelknochen. Da sich die Dimensionen und die Form von Schädelknochen (mit Ausnahme der Kiefer) im Erwachsenenalter nur unwesentlich ändern, dürfte die Einbeziehung des Lebensalters in Modelle zur Körperhöhenschätzung keinen wesentlichen Gewinn an Schätzgenauigkeit bewirken.

Zusammenfassung

Knöcherne Schädel sind häufig die einzigen verfügbaren Skelett-Überreste, die für forensisch-osteologische Untersuchungen zur Verfügung stehen. Am Schädel lassen sich gute Hinweise für Geschlechtsdiskriminierung, Lebensalter und Herkunft erlangen. Bislang konnte keine ausreichend gute Korrelation zwischen Schädelmaßen und der Körperhöhe nachgewiesen werden. Dagegen waren die Ergebnisse von Rao et al. (2009) sehr vielversprechend, weil sie eine gute Korrelation der Längen von Coronar- und Sagittalnaht mit der Körperhöhe bei einer indischen männlichen Population zeigten. Primäres Ziel der vorliegenden Studie war zu überprüfen, ob sich die Ergebnisse von Rao et al. auf eine mitteleuropäische Population übertragen lassen.

Am Gießener Institut für Rechtsmedizin wurden in den Jahren 2009 und 2010 bei 117 Verstorbenen prospektiv die Längen der Sagittal- und Coronarnaht sowie die Körperhöhen

gemessen. Das Alter der Verstorbenen lag zwischen 15 und 96 Jahren (Mittelwert 52,8 Jahre, Median 51 Jahre); 82 Personen waren männlich und 35 weiblich.

Die Länge der Sagittalnaht in Bezug auf die Körperhöhe ergab in der Regressionsanalyse einen Korrelationskoeffizienten von lediglich $r = 0,045$ ($p = 0,617$). Ähnliche Ergebnisse wurden für die Coronarnaht ermittelt; hierbei betrug der Korrelationskoeffizient $r = 0,015$. Bei Annahme einer maximal zulässigen Fehlerwahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ erwies sich keine der durchgeführten Regressionsanalysen als statistisch signifikant. Nach den erhobenen Befunden ist weder die Länge der Sagittal- noch die Länge der Coronarnaht geeignet, bei Mitteleuropäern die Körperhöhe zu schätzen.

Schlüsselwörter: Körperhöhenschätzung – Coronarnaht – Sagittalnaht

**Stature estimation from sagittal and coronal suture lengths
for Central European individuals**

Summary

Human skulls frequently represent the only skeletal remains of an unidentified corpse available for forensic osteological examination. Skulls are very useful in reliably determining sex and also yield fairly good clues to an individual's age and ancestry. To date, however, a sufficiently accurate correlation between skull measurements and stature could not be found. In contrast, the results of a study by Rao et al. (2009) seemed to be promising, by finding a good correlation between the length of the coronal and sagittal sutures and stature in a male Indian population.

In an attempt to verify the transferability of their results to a Central European population, the authors measured the length of the sagittal and coronal sutures with a tape measure along with body height in the course of 117 autopsies performed at the Institute of Forensic Medicine at the University of Giessen during 2009 and 2010. The age of the individuals measured ranged from 15 to 96 years (mean value 52.8, median 51 years). Of these individuals, 82 were male and 35 were female.

The length of the sagittal suture with respect to body length yielded a correlation coefficient of only $r = 0.045$ ($p = 0.617$) in the regression analysis. Similar results were found for the coronal suture: In this case the correlation coefficient was $r = 0.015$. With an assumed maximum permissible probability of error of $\alpha = 0.05$, none of the performed regression analyses were found to be statistically significant. As expected, our results suggest that neither the length of the sagittal nor the length of the coronal suture is suitable for a forensic estimation of stature for Central European individuals.

Keywords: Body height estimation – Coronal suture – Sagittal suture

Literatur

1. Birngruber, C., Kreutz, K., Ramsthaler F., Krähahn, J., Verhoff, M. A.: Superimposition technique for skull identification with Afloat® software. *Int. J. Legal Med.* **124**: 471-475 (2010)
2. Campobasso, C. P., Di Vella, G., Introna, F. Jr.: Using scapular measurements in regression formulae for the estimation of stature. *Boll. Soc. Ital. Biol. Sper.* **74**: 75-82 (1998)
3. Chiba, M., Terazawa, K.: Estimation of stature from somatometry of skull. *Forensic Sci. Int.* **97**: 87-92 (1998)
4. Cui, Y., Zhang, J.: Stature estimation from foramen magnum region in Chinese population. *J. Forensic Sci.* **58**: 1127-1133 (2013)
5. Gehring, K., Graw, M.: Körperhöhenbestimmung anhand des Femurs und von Femurfragmenten. *Arch. Kriminol.* **207**: 170-180 (2001)
6. Gustafson, G.: Age determination on teeth. *J. Am. Dent. Assoc.* **41**: 45-54 (1950)

7. Harth, S., Obert, M., Ramsthaler, F., Reuß, C., Traupe, H., Verhoff, M. A.: Ossification degrees of cranial sutures determined with flat panel CT: Narrowing the age estimate with extrema. *J. Forensic Sci.* **55**: 690-694 (2010)
8. Holland, T. D.: Estimation of adult stature from the calcaneus and talus. *Am. J. Phys. Anthropol.* **96**: 315-320 (1995)
9. Introna, F. Jr, Di Vella, G., Petrachi, S.: Determination of height in life using multiple regression of skull parameters. *Boll. Soc. Ital. Biol. Sper.* **69**: 153-160 (1993)
10. Jit, I., Singh, S.: Estimation of stature from clavicles. *Indian J. Med. Res.* **44**: 137-155 (1956)
11. Kolencherry, T. V., Ramsthaler, F., Obert, M., Birngruber, C. G., Kreutz, K., Verhoff, M. A.: Körpergrößenschätzung und Geschlechtsdiskrimination – Messung des maximalen Längs- und Querdurchmessers des Schädels. *Rechtsmedizin* **20**: 496-503 (2010)
12. Kölzer, S. C., Kümmel, I. V., Kölzer, J. T., Ramsthaler, F., Plenzig, S., Gehl, A., Verhoff, M. A.: Die Stirnneigung am knöchernen Schädel als Geschlechtsdiskriminierungsmerkmal – Begriffsdefinition und Quantifizierung. *Arch. Kriminol.* **235**: 11-21 (2015)
13. Martin, R., Knussmann, R. (Hrsg.): *Anthropologie – Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen*, Bd. I. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (1988)
14. Moss, M. L.: The functional matrix hypothesis revisited. 1. The role of mechanotransduction. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* **112**: 8-11 (1997)
15. Moss, M. L.: The functional matrix hypothesis revisited. 4. The epigenetic antithesis and the resolving synthesis. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* **112**: 410-417 (1997)
16. Moss, M. L. (Ed.): *A functional cranial analysis of primate craniofacial growth*. Fourth International Congress of Primatologists, Karger, Basel (1973)
17. Penning, R.: *Rechtsmedizin systematisch*. Uni-Med, Bremen, Lorch/Württemberg, S. 34-39 (1996)
18. Ramsthaler, F., Burkholder, I., Kettner, M., Verhoff, M. A.: Fallzahlberechnung in forensisch-anthropologischen Studien. *Rechtsmedizin* **23**: 100-107 (2013)
19. Ramsthaler, F., Kettner, M., Gehl, A., Verhoff, M. A.: Digital forensic osteology: Morphological sexing of skeletal remains using volume-rendered cranial CT scans. *Forensic Sci. Int.* **195**: 148-152 (2010)
20. Ramsthaler, F., Kreutz, K., Verhoff, M. A.: Accuracy of metric sex analysis of skeletal remains using Fordisc® based on a recent skull collection. *Int. J. Legal Med.* **121**: 477-482 (2007)
21. Rao, P. P. J., Sowmya, J., Yoganasimha, K., Menezes, R. G., Kanchan, T., Aswinidutt, R.: Estimation of stature from cranial sutures in a South Indian male population. *Int. J. Legal Med.* **123**: 271-276 (2009)
22. Reed, J. C., Algee-Hewitt, B. F. B.: Comments on “Estimation of stature from cranial sutures in a South Indian male population” by P. P. J. Rao et al. *Int. J. Legal Med.* **125**: 469-471 (2011)
23. Ryan, I., Bidmos, M. A.: Skeletal height reconstruction from measurements of the skull in indigenous South Africans. *Forensic Sci. Int.* **167**: 16-21 (2007)
24. Sarangi, A. K., Dadhi, B., Mishra, K. K.: Estimating of stature from adult skull bone. *J. Indian Acad. Forensic Med.* **182**: 24-26 (1981)
25. Sardi, M. L., Ramirez Rozzi, F. V.: A cross sectional study of human craniofacial growth. *Ann. Hum. Biol.* **32**: 390-396 (2005)
26. Schroeder, L.: *Geschlechtsdiskriminierung und Körperhöhenbestimmung anhand intrakranieller Parameter am menschlichen Schädel – Untersuchungen im Rahmen des Projektes „Digitale Forensische Osteologie“*. Diss. Univ. Gießen (2010)

27. Shintaku, K., Furuya, Y.: Estimation of stature based on the proximal phalangeal length of Japanese womens' hands. *J. UOEH* **12**: 215-219 (1990)
28. Trotter, M., Gleser, G. C.: A re-evaluation of stature based on measurements of stature taken during life and of long bones after death. *Am. J. Phys. Anthropol.* **16**: 79-123 (1958)
29. Verhoff, M. A., Kreutz, K., Jopp, E., Kettner, M.: Forensische Anthropologie im 21. Jahrhundert. *Rechtsmedizin* **23**: 79-84 (2013)
30. Verhoff, M. A., Ramsthaler, F., Krähahn, J., Deml, U., Gille, R., Grabherr, S., Thali, M., Kreutz, K.: Digital Forensic Osteology – Possibilities in cooperation with the Virtopsy® Project. *Forensic Sci. Int.* **174**: 152-156 (2008)
31. Walter, A., Ramsthaler, F., Gehl, A., Birngruber, C. G., Krähahn, J., Bächle, N., Obert, M., Verhoff, M. A.: Geschlechtsdiskriminierung und Körperhöhenschätzung anhand des Jochbeins. *Rechtsmedizin* **24**: 159-164 (2014)
32. Wilson, R. J., Herrman, N. P., Meadows Jantz, L.: Evaluation of stature estimation from the database for forensic anthropology. *J. Forensic Sci.* **55**: 684-689 (2010)

Anschrift für die Verfasser:

Dr. med. Sarah C. Kölzer
c/o Institut für Rechtsmedizin
Kennedyallee 104
D-60596 Frankfurt am Main

6 Darstellung des eigenen Anteils an den Publikationen

Veröffentlichte Publikationen:

1. Kolencherry TV, Ramsthaler F, Obert M, Birngruber CG, Kreutz K, Verhoff MA. Körpergrößenschätzung und Geschlechtsdiskrimination; Messung des maximalen Längs- und Querdurchmessers des Schädels. Rechtsmedizin 2010;20(6): 496-503

2. Kolencherry TV, Birngruber CG, Ramsthaler F, Verhoff MA, Kölzer SC. Über die Korrelation von Schädelnahtlängen und Körperhöhe bei Mitteleuropäern. Arch Kriminol 2016;237(5/6): 204-211

- Herausfinden von geeigneten Themen in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Verhoff
- Studiendesign und Methodologie
- Festlegung von Parametern, die in der retrospektiven Studie aus den Autopsieberichten übernommen werden sollen
- Festlegung der Ein- und Ausschlusskriterien
- Retrospektive Datenerhebung aus den Autopsieberichten am Institut für Rechtsmedizin der Universität Gießen
- Literaturrecherche
- Statistische Auswertung der erhobenen Daten mit der Unterstützung von Herrn Wolfgang Pabst von der Arbeitsgruppe Medizinische Statistik des Instituts für medizinische Informatik der Universität Gießen
- Darstellung, Interpretation und Diskussion der Ergebnisse
- Erstellung des Artikels für die Zeitschrift „Rechtsmedizin“ mit Unterstützung durch Prof. Dr. Verhoff

7 Literaturverzeichnis

Literatur

- Agarwal S, Agarwal SK, Jain SK. Correlation Between the Stature and Cranial Measurements in Population of North India. *Acta Med Int* 2014;1(2): 99-102
- Agnihotri AK, Kachhwaha S, Googoolye K, Allock A. Estimation of stature from cephalo-facial dimensions by regression analysis in Indo-Mauritian population. *J Forensic Legal Med* 2011;18(4): 167–172
- Akhter Z, Banu LA, Alam MM, Rahman MF. Stature estimation from craniofacial anthropometry in Bangladeshi Garo adult females. *Mymensingh Med J* 2012;21(3): 479-484
- Bapat R, Umarji B, Nakhate MS. Maximum cranial circumference: important parameter in sexing of crania. *Int J Biol Med Res* 2018;9(4): 6479-6480
- Bidmos MA. Estimation of stature using fragmentary femora in indigenous South Africans. *Int J Legal Med* 2008;122(4): 293-299. <https://doi.org/10.1007/s00414-007-0206-2>. (letzter Zugriff am 30.04.2021)
- Byers S, Akoshima K, Curran B. Determination of adult stature from metatarsal length. *Am J Phys Anthropol* 1989;79(3): 275–279
- Campobasso CP, Di Vella G, Introna F. Using scapular measurements in regression formulae for the estimation of stature. *Boll Soc Ital Biol Sper* 1998;74(7-8): 75–82
- Catalina- Herrera CJ. Study of the anatomic metric values of the foramen magnum and its relation to sex. *Acta anat* 1987;130(4): 344- 347
- Dettmeyer RB, Schütz HF, Verhoff MA. *Rechtsmedizin*. 2. aktualisierte Auflage. Springer, Berlin Heidelberg 2014: 239-256
- El-Atta HA, Abdel-Rahman RH, El-Hawary G, El-Al-Atta HMA. Sexual dimorphism of foramen magnum: An Egyptian study. *Egypt J Forensic Sci*

2020;10(1):1-12.

https://www.researchgate.net/publication/338556570_Sexual_dimorphism_of_foramen_magnum_An_Egyptian_study/link/5e1ca944299bf10bc3abd7bb/download. (letzter Zugriff am 02.05.2021)

- Faerman M, Bar-Gal GK, Filon D, et al. Determining the sex of infanticide Victims from the late Roman era through ancient DNA analysis. *J Archaeological Sci* 1998;25(9): 861–865
- Friedmann G. Die Schädelnähte und ihre Pathologie. In: Diethelm L., Strnad F. (eds) *Röntgendiagnostik des Schädels I/Roentgen Diagnosis of the Skull I. Handbuch der Medizinischen Radiologie/Encyclopedia of Medical Radiology*. Springer, Berlin Heidelberg 1963. https://doi.org/10.1007/978-3-662-36276-1_5. (letzter Zugriff am 22.04.2021)
- Gapert R, Black S, Last J. Sex determination from the foramen magnum: discriminant function analysis in an eighteenth and nineteenth century British sample. *Int J Legal Med* 2009;123(1): 25–33
- Giles E. Sex determination by discriminant function analysis of the mandible. *Am J Phys Anthropol* 1964;22(2): 129-135. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ajpa.1330220212>. (letzter Zugriff am 22.04.2021)
- Giles E, Elliot O. Sex determination by discriminant function analysis of crania. *Am J Phys Anthropol* 1963;21(1): 53-68. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330210108>. (letzter Zugriff am 22.04.2021)
- González-Colmenares G, Sanabria C, Rojas-Sánchez MP, León K, Malpud A. Sex estimation from skull base radiographs in a contemporary Colombian population. *J Forensic Legal Med* 2019;62(7): 77-81
- Gunay Y, Altinkok M. The value of the size of foramen magnum in sex determination. *J Clin forensic Med* 2000;7(3): 147-149

- Herrmann B, Grosskopf B, Fehren-Schmitz L, Schoon R. Knochen als Spurenlräger. In:Herrmann B, Saturnus KS (eds) Biologische Spurenlkunde. Springer, Berlin Heidelberg 2007
- Holland TD. Estimation of adult stature from the calcaneus and talus. Am J Phys Anthropol 1995;96(3): 315-320
- Hunger H, Leopold D. Geschlechtsbestimmung durch Untersuchung der einzelnen Knochen des Skeletts. In: Hunger H, Leopold D (Hrsg) Identifikation. Springer, Berlin Heidelberg 1978
- Ilayperuma I. On the prediction of personal stature from cranial dimensions. Int J Morphol 2010;28(4): 1135-1140
- Jain D, Jasuja OP, Nath S. Evaluation of foramen magnum in sex determination from human cranial by using discriminate function analysis. El Mednifico Journal 2014;2(2): 89-92
- Jervas E, Anibeze CIP, Uloneme GC, Anyanwu GE. Stature estimation of the Igbos using cephalo-facial anthropometry. J Forensic Res 2015;6(4): 295
- Jit I, Singh S. Estimation of stature from clavicles. Indian J Med Res 1956;44(1): 137-155
- Khan MA, Chaudhry MN, Altaf FMN. Cranial measurements; estimation of stature from cranial measurements. Professional Med J 2015;22(8): 1034-1038
- Krishan K. Determination of stature from foot and its segments in a north Indian population. Am J Forensic Med Pathol 2008;29(4): 297-303
- Krogman WM, Iscan MY. The human skeleton in forensic medicine. Springfield: Charles C.Thomas 1986
- Kumar S, Garg R, Mogra K, Choudhary R. Prediction of Stature by the measurement of Head length in Population of Rajasthan. J Evol Med Dent Sci 2013;2(14): 2334-2340

- Martin R, Saller K. Lehrbuch der Anthropologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1957
- Meadows L, Jantz RL. Estimation of stature from metacarpal lengths. *J Forensic Sci* 1992;37(1): 147-154
- Meindl RS, Lovejoy CO. Ectocranial suture closure: a revised method for the determination of skeletal age at death based on the lateral-anterior sutures. *Am J Phys Anthropol* 1985;68(1): 57-66
- Murshed KA, Çiçekçibasi AE, Tuncer I. Morphometric evaluation of the foramen magnum and variations in its Shape: A study on computerized tomographic images of normal adults. *Turk J Med Sci* 2003;33(1): 301-306
- Nagesh KR, Kumar GP. Estimation of stature from vertebral column length in south Indians. *Legal Medicine* 2006;8(5): 269-272
- Nemade P, AMBIYE M, Nemade A. Regression analysis on stature estimation from cephalic dimensions. *Int J Appl Basic Med Res* 2015;4(3): 298–312
- Nemeskéri J, Harsányi L, Acsadi G. Methode zur Diagnose des Lebensalters von Skelettfunden. *Anthropol Anz* 1960;24(1): 70-95
- Nemeskéri J, Harsányi L. Das Lebensalter des Skelettes aus dem Neandertal (1856). *Anthropol Anz* 1962;25(4): 292–297
- Ovchinnikov IV, Ovtchinnikova OI, Druzina EB, Buzhilova AP, Makarov NA. Molecular genetic sex determination of Medieval human remains from North Russia: comparison with archaeological and anthropological criteria. *Anthropol Anz* 1998;56(1): 7–15
- Penning R. Rechtsmedizin systematisch UNI-MED, Bremen, Lorch/Württemberg, 1996: 34-39
- Petkar MR, Datir SB, Makhani CS, Farooqui J, Bangal RS, Chavan KD. Maximum Cranial Circumference: A Predictor of Sexual Dimorphism of Human Skull. *J Indian Acad Forensic Med* 2018;40(1): 65-68

- Purohit N, Khatri JK. Derivation of Regression Equation for the Estimation of Stature from Cranial Dimensions in Western Rajasthan Populations. *Sch J App Med Sci* 2015;3(5B): 1903-1905
- Ramsthaler F, Burkholder I, Kettner M, Verhoff MA. Fallzahlberechnung in forensisch-anthropologischen Studien. *Rechtsmedizin* 2013;23(2): 100-107
- Rao PPJ, Sowmya J, Yoganarasimha K, Menezes RG, Kanchan T, Aswinidutt R. Estimation of stature from cranial sutures in a South Indian male population. *Int J Legal Med* 2009;123(3): 271–276
- Rastogi P, Nagesh KR, Yoganarasimha K. Estimation of stature from hand dimensions of north and south Indians. *Legal Med* 2008;10(4): 185-189
- Reed JC, Algee-Hewitt BFB. Comments on “Estimation of stature from cranial sutures in a South Indian male population” by P. P. J. Rao et al. *Int J Legal Med* 2011;125(3): 469–471
- Renz H, Radlanski RJ. Incremental lines in root cementum of human teeth - a reliable age marker? *Homo* 2006;57(1): 29-50
- Rösing FW, Graw M, Marré B, et al. Arbeitsgemeinschaft für forensische Altersdiagnostik der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin, Empfehlungen für die forensische Geschlechts- und Altersdiagnose am Skelett. *Rechtsmedizin* 2005;15: 32–38
- Sahni D, Sanjeev, Sharma P, Harjeet, Kaur G, Aggarwal A. Estimation of stature from facial measurements in northwest Indians. *Leg Med* 2010;12(1): 23–27
- Santhosh CS, Vishwanathan KG, Gupta A, Siddesh RC, Tejas J. Morphometry of the Foramen Magnum: An Important Tool in Sex Determination. *Journal of Medical and Health Sciences* 2013;4(2): 88-91
- Schiebler TH, Schmidt W. *Anatomie*, 8 Auflage, limitierte Sonderausgabe, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 2002; 388-441
- Schmitt HP, Tamáska L. Beiträge zur forensischen Osteologie: IV. Untersuchungen über die Verknöcherung der Schädelnähte unter

besonderer Berücksichtigung der Frage der Altersbestimmung.
Z Rechtsmed 1970;67(4): 230–248

- Schmitt HP, Saternus KS. Beiträge zur forensischen Osteologie. III. Zur Frage der Bestimmung des Individualalters an Hand der Dicke der Schädelkalotte. Z Rechtsmed 1973;72(1): 40-49
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Prometheus Lernatlas der Anatomie: Kopf und Neuroanatomie, Thieme Verlag, Stuttgart New York 2006: 2-156
- Shintaku K, Furuya Y. Estimation of stature based on the proximal phalangeal length of Japanese womens hands. J UOEH 1990;12(2): 215-219
- Stewart TD. Sex determination of the skeleton by guess and by measurement. American Journal of Physical Anthropology 1954;12(3): 385-392
- Teixeira WR. Sex identification utilizing the size of the foramen magnum. Am J Forensic Med Pathol 1982;3(3): 203-206
- Trotter M, Gleser G. Estimation of stature from long limb bones of American whites and Negroes. Am J Phys Anthropol 1952;10(4): 463–514
- Trotter M, Gleser G. Trends in stature of American Whites and Negroes born between 1840 and 1924. Am J Phys Anthropol 1951;9(4): 427-440
- Ukoha UU, Umeasalugo KE, Udemezue OO, Asomugha LA. Estimation of stature from cephalic dimensions in a Nigerian population. Rev Arg de Anat Clin 2015;7(1): 17-25
- Uthman AT, Al-Rawi NH, Al-Timimi JF. Evaluation of foramen magnum in gender determination using helical CT scanning. Dentomaxillofac Radiol 2012;41(3): 197–202
- Uysal S, Gokharman D, Kacar M, Tuncbilek I, Kosa U. Estimation of sex by 3D CT measurements of the foramen magnum. J Forensic Sci 2005;50(6): 1310-1314

- Verhoff MA. Forensische-Osteologie, problematische Fragestellungen, Rechtsmedizin, Lehmanns Media, Berlin 2008
- Verhoff MA, Kreutz K. Forensische Osteologie: Humanspezifität, Liegezeit und Verletzungsspuren. Rechtsmedizin 2004;14(5): 417-430
- Verhoff MA, Kreutz K. Forensische Osteologie. Gießener Universitätsblätter 2005;38: 43-53.
http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2005/2279/pdf/VerhoffKreutz__GU_38_05-3.pdf. (letzter Zugriff am 26.04.2021)
- Verhoff MA, Kreutz K, Ramsthaler F, Schiwy-Bochat KH. Forensische Anthropologie und Osteologie Übersicht und Definitionen. Dtsch Ärztebl 2006;103(12): A782-788
- Verhoff MA, Ramsthaler F, Krähhahn J, et al. Digital forensic osteology-possibilities in cooperation with the Virtopsy@project. Forensic Sci Int 2008;174(2-3): 152–156
- Walter A, Ramsthaler F, Gehl A, et al. Geschlechtsdiskriminierung und Körperhöhenschätzung anhand des Jochbeins, Rechtsmedizin 2014;24(3): 159–164
- Wankhede KP, Parchand MP. Stature estimation from skull and facial anthropometry in central Indian population. Indian J Med Forensic Med Toxicol 2012;6(2): 57-60
- Yonguc GN, Kurtulus A, Bayazit O, et al. Estimation of stature and sex from sternal lengths: an autopsy study. Anat Sci Int 2015;90(2): 89–96.
<https://doi.org/10.1007/s12565-014-0235-0>. (letzter Zugriff am 27.04.2021)

Internetquellen

- https://www.uniklinik-freiburg.de/fileadmin/mediapool/08_institute/rechtsmedizin/pdf/DNA_Faltblatt__Identitätsklärung.pdf
(letzter Zugriff am 26.04.2021)
- http://rechtsmedizin.uni-leipzig.de/rechtsmed.site.posttext.forensische-medicin-d.a_id,893.html
(letzter Zugriff am 27.04.2021)
- <https://d-nb.info/995617791/34>
(letzter Zugriff am 27.04.2021)
- https://www.uniklinik-duesseldorf.de/fileadmin/Fuer-Patienten-und-Besucher/Kliniken-Zentren-Institute/Institute/Institut_fuer_Rechtsmedizin/Dienstleistungen/Merkblatt_Asx_T_01.pdf
(letzter Zugriff am 27.04.2021)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Körpergröße> (letzter Zugriff am 27.04.2021)
- <http://www.zahn-lexikon.com/index.php/r/45-z/wlexikon/1726rechtsmedizin>
(letzter Zugriff am 27.04.2021)
- http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2010/7646/pdf/SchroederLars_2010_06_08.pdf
(letzter Zugriff am 27.04.2021)
- <https://docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DocumentServlet?id=46010>
(letzter Zugriff am 27.04.2021)
- <http://doi.org/10.5169/seals-166810> (letzter Zugriff am 01.05.2021)