

## **Forensische Osteologie**

### **Definitionen**

„Osteologie“ ist die Lehre von den Knochen, unabhängig, ob es sich um menschliche oder tierische handelt. Das Wort „forensisch“ ist abgeleitet vom lateinischen „in foro“, was so viel wie „vor Gericht“ oder „in der Gerichtsverhandlung“ bedeutet. Die Übersetzung von „forensische Osteologie“ würde somit „gerichtliche Knochenkunde“ lauten. Im weitesten Sinne könnte damit jede gutachterliche Beurteilung von knöchernen Strukturen im Zuge eines Ermittlungsverfahrens bzw. einer Gerichtsverhandlung unabhängig von der Rechtsform (Strafrecht, Zivilrecht, Sozialrecht) gemeint sein. So wäre auch die Beurteilung jedweder knöchernen Verletzung, sei es an Röntgenbildern, im Rahmen einer Operation oder Obduktion oder die Lebensaltersbestimmung mittels Röntgendiagnostik zur forensischen Osteologie zu zählen. Üblicherweise wird der Begriff „forensische Osteologie“ jedoch auf die Untersuchung und Beurteilung von aufgefundenen Knochen begrenzt. Hierbei kann es sich um überwiegend bis nahezu gänzlich skelettierte Leichen, vollständige oder unvollständige Skelette bis hin zu einzelnen Knochen oder sogar nur Knochenfragmenten handeln [22].

Die forensisch-osteologischen Untersuchungen werden in Deutschland meist von Rechtsmedizinern oder von Anthropologen durchgeführt. Die Rechtsmedizin beschäftigt sich vor allem mit Leichen kürzerer Liegezeit, während die Anthropologen überwiegend an historischen Skelettfunden ausgebildet sind. Daher ergänzen sich die beiden Fachgebiete in der forensisch-osteologischen Arbeit ideal. In der interdisziplinären forensisch-osteologischen Fallarbeit bzw. Forschung können zusätzlich beispielsweise die Veterinärpathologie bzw. -anatomie, die Geologie oder die Entomologie (In-

sektenkunde) zum Einsatz kommen. Im englischsprachigen Ausland wird die forensische Osteologie häufig von sog. forensischen Anthropologen übernommen. Hierbei handelt es sich um Anthropologen, die diese Qualifikation in definierten Weiterbildungscurricula oder Aufbaustudiengängen erworben haben. Hierzulande hat eine forensische Anthropologin aus Kanada, Kathy Reichs, mit ihren Romanen wie „Knochenarbeit“ und anderen Bekanntheit erlangt. Unter dem Namen „Kathleen J. Reichs“ hat sie zahlreiche wissenschaftliche Publikationen verfasst, wobei die Herausgabe des Buches „Forensic Osteology“ besonders hervorzuheben ist [17].

### **Fragestellungen**

Welche Fragestellungen hat die forensische Osteologie zu bearbeiten? Werden Knochen aufgefunden, muss sich der Finder an Polizei oder Staatsanwaltschaft wenden, um ein Ermittlungsverfahren einzuleiten. Am häufigsten treten Knochen im Rahmen von Bauarbeiten oder durch spielende Kinder zu Tage. Die erste Frage an den Sachverständigen ist, ob der oder die Knochen von einem Menschen stammen oder nicht. Kann eine nicht-humane Herkunft nachgewiesen werden, erübrigen sich üblicherweise aus Sicht der Ermittlungsbehörden weitere Fragen. Ausnahmen können sich ergeben, wenn ein Verstoß gegen das Tierschutzgesetz im Raume steht. Wird die menschliche Herkunft eines Knochenfundes nachgewiesen, gilt es, die Fragen nach Liegezeit, möglichen Verletzungsspuren und der Identität zu beantworten.

### **Humanspezifität**

Werden Skelette oder vollständig erhaltene einzelne Knochen zur Untersuchung vorgelegt, ge-



Abb. 1: Interindividuelle Variabilität: Neben den drei 1. linken menschlichen Rippen liegt ganz rechts das Fragment einer 3. linken Rippe eines Hausschweins, die zunächst für eine menschliche gehalten wurde [19]

lingt dem geübten Untersucher der Ein- oder Ausschluss einer menschlichen Herkunft normalerweise auf den ersten Blick. Problematischer kann es sich gestalten, wenn nur Knochenfragmente vorliegen. Insbesondere aufgrund der hohen interindividuellen Variabilität sowohl der menschlichen als auch der übrigen Säugetierknochen kann die makroskopische Bestimmung erheblich erschwert sein (Abb. 1). Intensive Vergleichsuntersuchungen können notwendig werden, für die neben dem geeigneten Bildmaterial [18] insbesondere umfangreiche veterinär-osteologische Sammlungen unersetzbar sind [19]. Gelingt eine Zuordnung nach Beurteilung der Form und Oberfläche nicht, können die inneren Strukturen makroskopisch untersucht werden. Als grobe Richtlinie der Beurteilung gilt: Nicht menschliche Säugetierknochen weisen im Vergleich zu den humanen Knochen typischerweise eine schmalere dichtere Compacta und einen relativ breiten Markraum, im mittleren Schaftbereich ohne Spongiosa, auf. Zur Absicherung der makroskopischen Befunde oder als Entscheidungshilfe

bei unklarer Makroskopie können histologische Untersuchungen dienen: In nicht menschlichen Säugetierknochen fehlt meist eine geordnete Struktur der Osteonen (Abb. 2a). Beim Röhrenknochen des Menschen ist typischerweise eine konzentrische Anordnung der Osteocyten zu beobachten (Abb. 2b), die auch bei den platten Knochen noch zu erkennen ist. In diesem Zusammenhang ist auch das sog. Brewster-Kreuz zu nennen, ein Interferenzmuster, welches sich bei der menschlichen Compacta-Struktur unter Einsatz eines Hilfsquarzes darstellen lässt: Vom Haversschen Kanal eines Osteons ausgehend finden sich diagonal aufeinanderliegend, ein Kreuz bildend, zwei Linien (Abb. 2c). Zur weiteren technischen Absicherung oder bei morphologisch nicht (eindeutig) bestimmbar Knochenfragmenten wurden früher Präzipitationsverfahren angewandt, wie der artspezifische Proteinnachweis nach Uhlenhuth oder modifiziert nach Ouchterlony. Heutzutage stehen verschiedene Möglichkeiten der DNA-Analyse zur Verfügung. Als relativ einfache Prüfung der Humanspezifität auf der Basis einer Analyse der

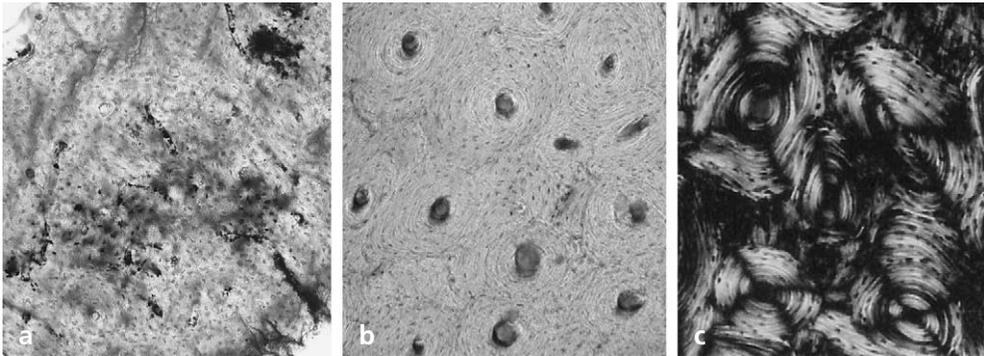


Abb. 2a–c: Histologische Darstellung eines ungefärbten Schnitts aus dem Compactabereich eines Hausschweins **a** und eines menschlichen Röhrenknochen **b, c**, Vergr. jeweils ca. 120fach. **c** zeigt sog. Brewster-Kreuze

mitochondrialen DNA bietet sich die Coamplifikation eines 259bp großen Abschnitts der HV1-Region (humanspezifisch) und eines 309bp großen Abschnitts des Cytochrom-B-Gens (bei allen Säugetieren inkl. Mensch identisch) an [1]. Allerdings kann die Degradierung selbst der mtDNA durch Dekomposition und andere Umstände (z.B. Hitzeeinwirkung) so weit fortgeschritten sein, dass keine Amplifikation mehr möglich ist [19]. Derartige Fälle belegen, dass auch im „DNA-Zeitalter“ der Morphologie weiterhin eine wichtige Rolle zukommt.

## Liegezeit

Die Frage nach der Liegezeit oder dem sog. postmortalen Intervall (PMI) gehört zu den schwierigsten Problemen in der forensischen Osteologie. Der Grund ist, dass bislang keine Untersuchungsmethode existiert, mit der das PMI in den forensisch relevanten Zeiträumen unabhängig von den äußeren Einflüssen auf den Knochen seit Todeseintritt (Liegemilieu) gemessen werden kann. Die einzigen Techniken, die grundsätzlich geeignet wären, sind die Radionuclidmethoden. Die bekannteste und schon lange in der Archäologie etablierte ist die Radiocarbon( $^{14}\text{C}$ )-Bestimmung. Bei einer Halbwertszeit des  $^{14}\text{C}$  von 5730 Jahren lässt sich zwar differenzieren, ob ein Knochenfund z.B. 100 100 oder 100 101 Jahre alt ist, die Unterscheidung eines PMI von 20, 50 oder 100 Jahren ist jedoch unmöglich. Andere Radionuclid-

Methoden nutzen den Umstand aus, dass bestimmte radioaktive Elemente erst im Rahmen von atomaren Versuchen nach dem 2. Weltkrieg freigesetzt und somit in die Knochen eingebaut wurden. Von einer zuverlässigen forensischen Anwendung sind diese Methoden jedoch noch weit entfernt. Alle übrigen Methoden zur Bestimmung des PMI basieren auf der Untersuchung von Veränderungen an den Knochen, die über die Liegezeit durch das Liegemilieu [7] hervorgerufen werden. Diesen Vorgang nennt man auch „Dekomposition“, die Untersuchung der Dekompositionsvorgänge wird als „Taphonomie“ bezeichnet [6]. Das Problem ist, dass das Liegemilieu im Einzelfall schwer abzuschätzen ist. Liegt ein Leichnam beispielsweise im Freien, kann er im Sommer, selbst in Mitteleuropa innerhalb von 6 Wochen vollständig skelettieren. Kann sich in einem heißen trockenen Sommer dagegen eine ausgedehnte natürliche Mumifizierung ausbilden, sind selbst nach Jahrzehnten bei im Freien liegenden Leichen noch Weichteilreste zu beobachten.

Etwas besser abzuschätzen sind die Dekompositionsvorgänge im Erdlager. Dennoch hat sich in Studien gezeigt, dass zwei Skelette mit nahezu gleichzeitigem Beerdigungszeitpunkt auf demselben Friedhof im Rahmen einer Graböffnung nach beispielsweise 40 Jahren quantitativ und qualitativ unterschiedliche Dekompositionerscheinungen aufweisen können [2, 12]. Demnach sind grundsätzlich aus Sicht des forensischen Osteologen nur sehr vorsichtige

Aussagen zur Abschätzung des PMI möglich. Es ist allerdings gelungen, Dekompositionsbefunde an Knochen herauszuarbeiten, die bislang nicht bei Liegezeiten von unter 50 Jahren im Erdlager beobachtet werden (Tab. 1). Weist ein Knochen einen oder mehrere dieser Befunde auf, kann – bei fehlenden Hinweisen von Lagerung im Freien – eine Liegezeit von unter 50 Jahren ausgeschlossen werden [23]. Diese Ausschlussmöglichkeit ist deshalb so wertvoll, weil ein Zeitintervall von 50 Jahren, unabhängig von Rechtssystem und Art des Deliktes, als forensisch relevant anzusehen ist: Selbst bei einem Mord, der nach dem deutschen Strafgesetzbuch nicht verjährt, wird es 50 Jahre nach der Tat kaum mehr gelingen, den Täter seiner Strafe zuzuführen.

Neben morphologischen oder technisch aufwändigeren Untersuchungsverfahren dürfen die Fundsituation und sog. Beifunde nicht vernachlässigt werden [11]: Kleidungsreste, Zeitungspapier, Werkzeuge oder Waffen können den zeitlichen Horizont eingrenzen. Ein sog. Sargschatten oder Gegenstände, die als Grabbeigaben in Frage kommen, können auf eine intentionelle Bestattung hinweisen. Weiterhin sind alte Grundbücher dahingehend durchzusehen, ob sich an der Auffindestelle oder in deren Nähe möglicherweise in der Vergangenheit ein Friedhof oder z. B. ein Krankenhaus

oder ein anatomisches Institut befunden haben könnte. Oftmals sind es auch Erdaushübe von ehemaligen oder noch bestehenden Friedhöfen, die an andere Lokalisationen verbracht, den Herkunftsort verschleiern.

## Verletzungsspuren

Ist von einem Menschen nur noch das Skelett vorhanden, stellt dies das letzte Dokument dar, das Hinweise auf die Todesursache des Individuums ermöglichen kann. Nach einem gewaltsamen Tod könnten Verletzungsspuren an den Knochen zurückgeblieben sein. Grundsätzlich sind alle Defekte an einem Knochen zunächst als Verletzungsfolgen anzusehen. Doch todesursächliche Bedeutung können nur Verletzungen erlangen, die in zeitlichem Zusammenhang mit dem Todeseintritt (perimortal) entstanden sind. Davon abzugrenzen sind zu Lebzeiten erlittene Verletzungen, die aber überlebt wurden (prä mortal). Die größte Gruppe macht die Veränderungen aus, die nach dem Tode (postmortal) entstanden sind [21].

*Postmortale* Veränderungen entstehen infolge intentioneller und nicht intentioneller Verlagerung durch Tiere oder Menschen, beim Bergen von Knochen, z. B. sog. Grabungsartefakte, und durch mannigfaltige Boden- und Oberflächeneinlagerungsbedingungen [17]. Unterschiedliche postmortale Veränderungen können auf denselben Knochen zeitversetzt einwirken. Das wichtigste differentialdiagnostische Kriterium ist, dass bei postmortalen Veränderungen die Färbung der Schnitt- bzw. Bruchflächen deutlich heller ist als die der übrigen Knochenoberfläche (Abb. 3 und 4). Weiterhin sprechen fehlende Zeichen von Dekomposition an Schnitt- bzw. Bruchflächen, bei vorhandenen Dekompositionszeichen am übrigen Knochengewebe, für eine postmortale Entstehung. Postmortale Schnittkanten sind bei fehlender oder geringer weiterer Dekomposition scharf begrenzt. Bruchkanten gestalten sich mit zunehmendem postmortalen Intervall und fortgeschrittener Dekomposition unregelmäßiger, gröber, mit stumpfen Ecken, mit geringer Facettierung (Abb. 3). Es gibt auch Beschädigungen am Knochen, die per se erst postmortal entstanden

Tab. 1. Schema mit makromorphologischen Befunden zum Ausschluss einer forensisch relevanten Liegezeit (PMI bis 50 Jahre) im Erdlager nach kritischer Literaturauswertung und unter Berücksichtigung eigener Erfahrungen der Autoren [23]

---

### Äußerer Aspekt

- Makroskopisch keine Fettwachsspuren mehr
- Tiefe Usuren der äußeren Compactaschichten
- Flächenhafte Defekte der Knochenoberfläche
- Intensiv schwarz-brauner Rasen von Mikroorganismen
- Auffasern der äußeren Lamellensysteme
- Abhebung der Corticalis
- Torsionen des Gewebes
- Aufsitzendes Brushit
- Knochen mit der Hand zu zerbrechen

### An der frischen Sägefläche

- Fehlen von Fettwachsspuren
  - Brushit im Markraum
  - Reduzierte oder aufgehobene UV-Fluoreszenz
-



Abb. 3: Postmortaler Knochenbruch, beim Bergen entstanden (Bergungsartefakte, „Bergungsverletzungen“) [21]

sein können, wie z. B. Tierfraßspuren. Davon abzugrenzen sind perimortale Verletzungen durch Tierbisse.

Um eine *praemortale* Verletzung am Knochen nachweisen zu können, müssen bereits Verheilungs- und Umbauspuren („bone remodeling“) vorhanden sein. Beispielsweise bei der Kallusbildung nach Frakturen langer Röhrenknochen (Abb. 5) sind die Zeichen des remodeling bereits makroskopisch gut zu erkennen. Um beginnende Heilungsspuren zu verifizieren, ist dagegen oftmals die Lupenvergrößerung oder sogar die Mikroskopie notwendig. Neben den Veränderungen durch zurückliegende direkte Gewalt gegen den Knochen gibt es indirekte Knochenveränderungen nach Weichteilverletzungen. Entstehen kno-



Abb. 4: Postmortale Trepanationen an einem Schädel (M. Kunter, Anthropologie Gießen): Die Schnittflächen sind hell und scharfkantig [21]

chennahe oder auch subperiostale Hämatome – wozu auch das epidurale Hämatom nach Schädelhirntrauma zählt, führt die zur Hämatomabräumung notwendige Gefäßneubildung zu



Abb. 5: Verheilte Fraktur an der rechten Tibia mit Achsabweichung und Rotationsfehler [21]



Abb. 6: Schädel eines im Mittelalter durch das Schwert ums Leben gekommenen Mannes. Die (perimortal entstandene) Schnittverletzung verläuft quer durch das Os frontale, von ihr gehen zusätzlich Bruchspalten aus [21]

Impressionen an der Knochenoberfläche. Auch reaktive Knochenneubildungen können entstehen als Antwort des Organismus auf Entzündung und Zerstörung von Weichteilgewebe. Grundsätzlich müssen alle Verletzungsspuren, die nicht als prae- oder postmortal identifiziert werden können, als *perimortal* eingeordnet werden. Bei perimortalen Verletzungen ist aus forensisch-osteologischer Sicht nicht auszuschließen, dass diese in zeitlichem Zusammen-

hang mit dem Todeseintritt entstanden sind. Eine mögliche Todesursächlichkeit muss aufgrund von Lokalisation und Schwere der Verletzungen diskutiert werden. Auch weder unmittelbar noch mittelbar todesursächliche Verletzungen können in Zusammenhang mit dem Tod bzw. einer Straftat stehen, z. B. Abwehrverletzungen wie die sog. Parietalfaktur [3] oder Veränderungen, die beim Leichentransport oder bei der Leichenzerstückelung gesetzt wurden. Perimortal entstandene Schnitt- und Bruchflächen zeigen meist dieselbe Färbung wie die übrige Knochenoberfläche, die Dekompositionszeichen sind vergleichbar. Schnitt- bzw. Bruchkanten sind weniger scharfkantig, zunehmend abgerundeter durch die fortschreitende Dekomposition und den Abrieb durch umgebendes Bodenmaterial (Abb. 6). Die tieferen Schichten des Knochens absorbieren Bodenminerale und andere Umgebungsbestandteile, z. B. Schwermetalle und vor allem Huminsäuren. Die gesamte Knochenoberfläche wird infiltriert, einschließlich bestehender Bruch- und Schnittkanten.

Schwierigkeiten bei der Beurteilung können beispielsweise auftreten, wenn eine Verletzung, die weder unmittelbar noch mittelbar todesursächlich war, so kurz praemortal entstanden ist, dass noch kein bone remodelling nachweisbar ist. Entsteht eine Verletzungsspur relativ früh postmortal (z. B. durch Grabräuber) und ist sie lange denselben Dekompositionsbedingungen wie der übrige Knochen ausgesetzt, besteht die Gefahr, sie als perimortal einzuordnen. Aber auch spät postmortale Veränderungen können schwierig zu beurteilen sein, wenn zwischen Veränderung und Untersuchung ein

Tab. 2. Arten der Gewalt, Mechanismen, verursachende Waffen bzw. Objekte und deren Effekte am Knochen [21]

Gewalt	Mechanismus	Waffe/Objekt (Bsp.)	Effekte am Knochen
<i>scharfe</i>	Schnitt	Klingen: Schwert, Messer; Pfeil, Bajonett, Schere, Glassplitter	Schnittspuren
	Stich	wie bei Schnittverletzung	Stichkanal, Impression
<i>halbscharfe</i>	Hieb	Axt, Beil, Sichel, Sense, Hacke, Speer, Schraubenzieher	Schnittspuren, Scharten, Abschläge, Brüche
	Sägen	Bandsägen, Kreissägen, Handsägen	Sägespuren
	Biss	Hunde, Raubkatzen	Bissspuren
<i>stumpfe</i>	Stoß, Schlag, Sturz, Quetschung	Flächen, Stein, Keule, Werkzeug u. ä.	Brüche, Impressionen (geformt, nicht geformt) Schädel: Bruchsysteme, Lochbruch, Terrassenbruch, hämatominduzierte Formierung
<i>punktueller</i>	Spießung oder Schuss	Lanze, Pfeil, Kugel, Vogelschnabel	Trichterspuren, alle Formen der stumpfen Gewalt

extremes Milieu eingewirkt hat [20]. Ein für den Untersucher kaum lösbares Problem kann sich ergeben, wenn eine perimortal entstandene Verletzung postmortal erweitert und somit überdeckt wurde. Ist die perimortale Entstehung einer knöchernen Verletzung nicht auszuschließen, ist zur weiteren Einordnung und Frage der möglichen todesursächlichen Bedeutung der zu Grunde liegende Verletzungsmechanismus zu analysieren. Zunächst muss die Art der Gewalt, die auf den Knochen eingewirkt hat, bestimmt werden. Grundsätzlich kann scharfe, halbscharfe oder stumpfe Gewalt unterschieden werden. Punktueller Gewalteinwirkungen wie Spieß- oder Schussverletzungen sind gesondert zu betrachten. Dabei können Übergänge der ausgeübten Gewalt und der daraus resultierenden Effekte sowie Mehrfachverletzungen vorkommen. Zur Einordnung der gefundenen Verletzungen in die Kaskade Art der Gewalt, Mechanismus, Waffe/Objekt und resultierende Effekte am Knochen kann Tabelle 2 hilfreich sein.

## Identifizierung

Auch für die Identifizierung von Skeletten oder einzelnen Knochen spielen Beifunde und Fund-

situation eine wichtige Rolle. So können beispielsweise Kleidungsreste, Taschen oder Gegenstände Hinweise auf den Träger bzw. Käufer geben. Nummerierte Sicherheitsschlüssel, Ausweispapiere oder andere persönliche Unterlagen lassen die Zuordnung zu einer bestimmten Person zu. Doch Vorsicht: Skelett und ein daneben aufgefundener Personalausweis müssen nicht zwangsläufig von derselben Person stammen. Grundsätzlich können zum Zeitpunkt der forensisch-osteologischen Untersuchung bereits Hinweise auf die Identität durch Beifunde bzw. Ermittlungsergebnisse vorliegen oder noch nicht. In jedem Fall wird man morphologische bzw. osteometrische Untersuchungen zur Bestimmung von Geschlecht, Lebensalter und Körpergröße durchführen [4, 13, 14]. Je mehr Knochen zur Verfügung stehen, desto genauere Aussagen sind möglich. Weiterhin sind auch Hinweise auf die ethnische Herkunft zu erlangen, wobei die Einordnung durch die pluralistischen Gesellschaftsformen immer schwieriger wird.

Zur Geschlechtsdifferenzierung können beispielsweise Formenunterschiede am Schädel herangezogen werden (Tab. 3). Insgesamt sind weibliche Knochen graciler und die Muskelansätze weniger stark ausgeprägt als bei männ-

Tab. 3. Zusammenstellung geschlechtsspezifischer morphognostischer Merkmale am Erwachsenenschädel [15]

Merkmal	Männliche Eigenschaften	Weibliche Eigenschaften
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 frontalia	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
Gaumen	Größer, breiter, eher U-förmig	Kleiner, eher parabolisch
Unterkiefer	Größer, höhere Symphyse, breiterer Ramus ascendens	Kleiner, geringere Ausmaße
Hinterhauptscondylen	Größer	Kleiner

lichen. Die Beckenformen unterscheiden sich deutlich, und zahlreiche andere Knochen weisen Unterschiede in Form oder Metrik auf. Anhand der Länge der Röhrenknochen kann mit Hilfe von verschiedenen Berechnungsformeln, die an unterschiedlichen Bevölkerungsgruppen erhoben wurden, in Abhängigkeit vom Geschlecht die Körpergröße berechnet werden. Bezüglich der Lebensaltersschätzung bietet der Schädel durch die Beurteilung der Verknöcherung der Schädelnähte und des Zahnstatus die besten Möglichkeiten. Am übrigen Skelett können bis zum jungen Erwachsenenalter die Schlüsse der Epiphysenfugen Aufschluss geben. Später finden sich dann charakteristische Veränderungen im Bereich der Symphyse. Auch pathologische Veränderungen können für eine Identifizierung wichtig sein. So sind z. B. Rückschlüsse darauf möglich, ob der Mensch zu Lebzeiten hinkte oder Schmerzen in der Schulter hatte etc. Auch Zeichen medizinischer Versorgung können die Suche erleichtern. Manche Implantate, wie z. B. Hüftendoprothesen, weisen Seriennummern auf, die dem entsprechenden Patienten zuzuordnen sind. Spezialisierte Behandlungsmaßnahmen können die behandelnde Klinik eingrenzen (Abb. 7). Ein wichtiger

Schritt besteht – falls möglich – in der Erhebung des Zahnstatus. Diesbezüglich hat sich ein eigenes Fachgebiet aus der Zahnmedizin herausgebildet, die sog. forensische Odontostomatologie. Der Zahnstatus kann mit Vermissten-Karteien verglichen werden. Umgekehrt werden Zahnschemata von unbekanntem Leichen in den zahnärztlichen Fachzeitschriften publiziert. Je nach Anzahl und Spezifität der zahnärztlichen Behandlungen sowie Individualität der Zahnstellungen kann durch die forensisch-odontostomatologische Untersuchung eine für die Identifizierung ausreichende Identitätswahrscheinlichkeit erlangt werden. In einigen Fällen liegen auch Gipsabdrücke von den Gebissen vor, wodurch im direkten Vergleich die Aussagekraft extrem erhöht werden kann. Die wohl populärste und im Erfolgsfall extrem aussagekräftige Methode zur endgültigen Identifizierung ist die DNA-Analyse. Kann aus dem Knochenfund Kern-DNA (STR-Systeme) gewonnen werden, ist ein Blindvergleich mit einer Vermissten-datei möglich. Meistens gelingt bei den osteologischen Fällen allenfalls die Amplifikation von mitochondrialer DNA. Das Problem bei jeder DNA-Analyse ist jedoch: Es muss Vergleichsmaterial oder ein bereits erhobenes

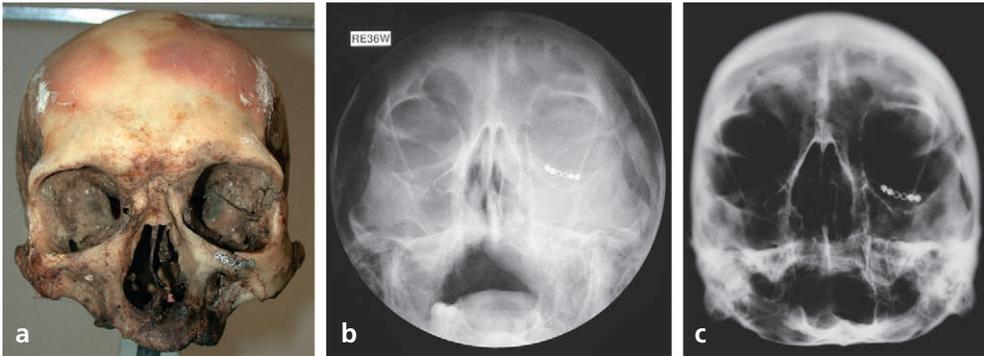


Abb. 7a–c: **a** Schädel eines überwiegend skelettierten Leichnams. An dem linken Oberkiefer/Jochbein stellt sich ein mit 6-Loch-Platte versorgter alter Bruch dar. Untersuchungsergebnis: Die Person muss im Zeitraum von ca. 1/2 bis 2 Jahren in einer Abteilung für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie behandelt worden sein. In der nächstgelegenen Klinik mit einer derartigen Abteilung wurde ein Patient ermittelt, der 1 Jahr zuvor behandelt worden war. Es lag eine postmortale Röntgenaufnahme vor. **b** Von dem Schädel wurde eine Vergleichsaufnahme angefertigt. **c** diese zeigt wesentliche Übereinstimmung. Ergänzt wurde die Untersuchung durch eine digitale Superprojektion des prä- und des postmortalen Röntgenbildes

DNA-Profil von der vermissten Person zur Verfügung stehen, was allzu oft nicht der Fall ist. Häufig liegen von vermissten Personen zu Lebzeiten angefertigte Röntgenbilder vor. Sind die auf den Bildern dargestellten Knochen bei dem unbekanntem Individuum vorhanden, müssen letztere nach den vorhandenen Aufnahmen ausgerichtet und geröntgt werden. Beim Vergleich der prä- mit der postmortalen Aufnahme müssen die feinen Strukturen der Knochen übereinstimmen. Bei dieser Röntgenvergleichsanalyse besitzen die Nasennebenhöhlen eine besondere Aussagekraft, aber auch Zeichen von zurückliegenden Verletzungen oder deren Behandlung sind hilfreich (Abb. 7).

Porträtfotos von vermissten Personen können mit Hilfe der *Superprojektion* mit einem aufgefundenen Schädel verglichen werden. Hierzu wird der Schädel in der dem Porträtfoto entsprechenden Position fotografiert. Wichtige Grundlagen dieser Technik wurden Ende der 60er Jahren am Gießener Institut für Rechtsmedizin durch Grüner und Schulz erarbeitet [5], die durch Helmer und Grüner in Form eines Video-Mischbildverfahrens weiterentwickelt worden sind [8, 9]. Heutzutage werden die Bilder digitalisiert und in diesem Zustand mit Hilfe eines geeigneten Bildbearbeitungsprogramms superprojiziert.

Als ultima ratio bei einem nicht identifizierten Schädel existiert die Möglichkeit einer *Gesichtsweichteilrekonstruktion*. Die plastische Gesichtsweichteilrekonstruktion auf der Grundlage eines menschlichen Schädels ist methodisch hoch differenziert [10]. Aus ethischen Gründen empfiehlt es sich, den Originalschädel zu replizieren und auf dem 1:1 gefertigten Replikat die Weichteilrekonstruktion vorzunehmen. Zuerst werden alle relevanten Gesichtspunkte mit ihren empirisch für die jeweilige Altersklasse und das Geschlecht ermittelten Weichteildicken markiert (Abb. 8a). Es gibt verschiedene Methoden, um diese Markierung vorzunehmen, die Anzahl der Gesichtspunkte und die zur Markierung verwendeten Materialien (z. B. Holzsticks und Gummistränge) variieren von Spezialist zu Spezialist (Karen Taylor, Richard Neave, Richard Helmer etc.). Jeder hat seine favorisierte Vorgehensweise und setzt sie auf seine Weise um. Bei dieser Tätigkeit zeigt sich deutlich, dass sich (Natur-)Wissenschaft und Kunst annähern und sich verbinden. Das eine ohne das andere ist bei dieser Arbeit undenkbar und bedarf einer geradezu pedantischen Detailtreue, um nicht aus der Weichteilrekonstruktion eine Skulptur entstehen zu lassen. Daher soll an dieser Stelle nur auf den wissenschaftlichen Zusammenhang eingegangen werden.

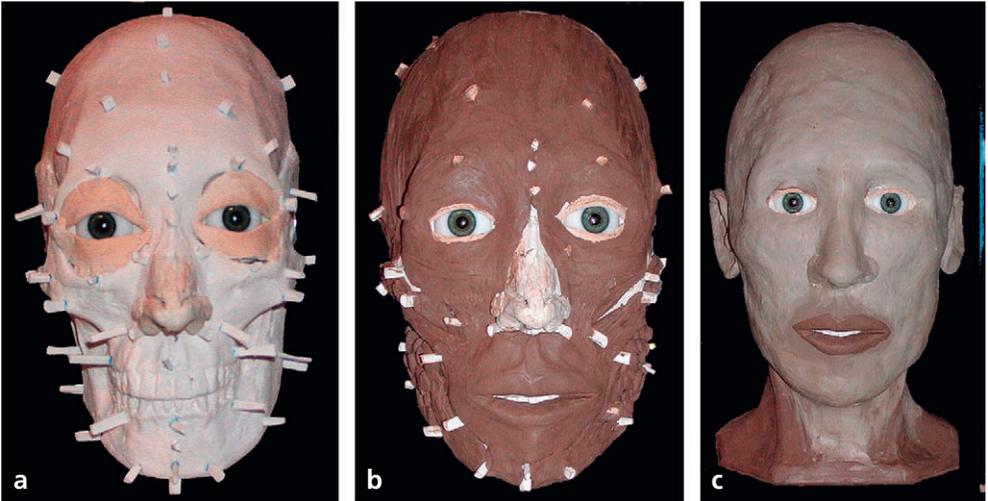


Abb. 8a–c: Plastische Gesichtswerteilrekonstruktion (K. Kreuzt). **a** Replizierter Schädel mit Weichteilmarkern und bereits rekonstruierter Augenhöhle und Nasengerüst. **b** Fortgeschrittene Rekonstruktion der Gesichtswerteile. **c** Rohmodell des Gesichts

Je nach Konzeption des Wissenschaftlers werden entweder zuerst die Augen eingesetzt und die Nase angefertigt bzw. angepasst und anmodelliert oder die Muskulatur auf der gesamten Gesichtsfrent oder erst einmal halbseitig zum ständigen Vergleich des Status quo der Weichteildicke aufgetragen. Nach der Erstellung des Grundgerüsts mit all seinen Markern beginnt die Applikation der Weichteilstrukturen in Ton, Plastilin, Wachs u. ä. (Abb. 8b). Nach der „Manchester-Methode“ von Richard Neave [16] werden alle relevanten Gesichts- und Kopfmuskeln dargestellt. Die Ansatz- und Ursprungsstellen der Muskeln hinterlassen Spuren am Schädel(-knochen), und diesen wird im Einzelnen gefolgt. Wenn die Muskulatur bei neutraler Gesichtsmimik des zu rekonstruierenden Kopfes aufgebracht ist, beginnt die wesentliche Aufgabe der Erstellung des Gesichtsreliefs. Die Gesichtshaut wird aufgelegt, das Rohmodell des Gesichts oder der Büste der Person ist fertig (Abb. 8c). Nun beginnt die Feinarbeit mit Fingerspitzengefühl. Je nach Alter und Geschlecht hat das Leben Spuren auf dem Gesicht des Menschen hinterlassen. Das Gebiss und der Gesamtzustand des Schädels lassen z.T. in weitreichendem Maße die Lebensgeschichte der verstorbenen Person erkennen

und weisen eindeutig auf die Notwendigkeit hin, Spuren des Erlebten in dem Gesicht deutlich zu machen, mit Falten und Furchen, Eindellungen und Erhebungen an den relevanten Stellen. Wird dies alles beachtet, kann die Weichteilrekonstruktion zu einem lebendigen Abbild einer bereits verstorbenen gesichtslosen Person werden. Der fertiggestellte Kopf kann geschminkt und mit einer Haartracht, möglicherweise auch mit Kleidung versehen werden. Im Anschluss werden Fahndungsfotos gefertigt und können in der Presse oder im Fernsehen veröffentlicht werden.

Neben der beschriebenen klassischen Methode existieren auch modellierende und zeichnerische, die erheblich künstlerischer geprägt sind. Mit fortschreitender Computertechnik sind in jüngster Zeit auf verschiedenen Ansätzen basierende Methoden der digitalen Gesichtswerteilrekonstruktion entwickelt worden. Diese Methoden haben den Vorteil, schnell und kostengünstig zu sein. Der Nachteil ist jedoch, dass die daraus resultierenden Gesichter durch die zwangsläufige Verwendung der Mittelwerte eher synthetisch wirken, wie man es z.B. von Computerspielen kennt. Da von den Entwicklern einiger dieser Methoden eine sehr zielgerichtete Werbung betrie-

ben wird, besteht die Gefahr, dass den Verantwortlichen der Ermittlungsbehörden glaubhaft gemacht wird, auf diese Weise in der Ermittlungsarbeit die ultima ratio „kostengünstig“ ausschöpfen zu können.

*Danksagung.* Folgenden Wissenschaftlern (alphabetische Nennung) von der Justus-Liebig-Universität Gießen sei ein herzlicher Dank für die jahrelange angenehme und erfolgreiche Zusammenarbeit bei forensisch-osteologischen Fragestellungen ausgesprochen: Achim Battmann (Pathologie), Nils Hackstein (diagnostische Radiologie), Martin Hardt (Zentrale Biotechnische Betriebseinheit), Frank Heidorn (DNA-Labor, Rechtsmedizin), Kernt Köhler (Veterinärpathologie), Harald Thomé (Veterinär-Anatomie), Carsten Witzel (Anthropologie).

### Literatur

- Bataille M., Crainic K., Leterreux M., Durigon M., de Mazancourt P. (1999): Multiplex amplification of mitochondrial DNA for human and species identification in forensic evaluation. *Forensic Sci. Int.* 99:165–170
- Berg S. (1962): Zur Todeszeitbestimmung bei Skelettfunden. *Beitr. Ger. Med.* 22: 18–30
- Berg S., Rolle R., Seemann H. (1981): Der Archäologe und der Tod – Archäologie und Gerichtsmedizin. C.J. Bucher, München, Luzern
- Ferembach D., Schwidetzky I., Stloukal M. (1979): Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett. *Homo* 30: 1–32
- Grüner O., Schulz G. (1969): Über eine Vereinfachung der photographischen Schädelidentifizierung. *Beitr. Gerichtl. Med.* 26: 132–137
- Haglund W.D. (2003): Forensic taphonomy. In: James S.H., Nordby J.J. (Hrsg.): *Forensic Science*. CRC Press, Boca Raton, Florida, S. 99–112
- Haglund W.D., Sorg M. (1997): Method and theory of forensic taphonomy research. In: Haglund W.D., Sorg M. (Hrsg.): *Forensic taphonomy*. CRC Press, Boca Raton, Florida, S. 13–26
- Helmer R. (1984): Schädelidentifizierung durch elektro-nische Bildmischung. Kriminalistik Verlag, Heidelberg
- Helmer R., Grüner O. (1977): Vereinfachte Schädelidentifizierung nach dem Superprojektionsverfahren mit Hilfe einer Video-Anlage. *Z. Rechtsmed.* 80: 183–187
- Helmer R.P., Röhrich S., Petersen D., Möhr F. (1993): Assessment of the reliability of facial reconstruction. In: Helmer R.P., Iscan M.Y. (Hrsg.): *Forensic analysis of the skull*. Wiley-Liss, New York, pp. 229–246
- Henke W., Rothe H. (1994): *Paläoanthropologie*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York
- Hunger H. (1967): Untersuchungen zum Problem der Liegezeitbestimmung an menschlichen Skeletten. *Med. Habil. Schr. Karl-Marx-Universität Leipzig*
- Knußmann R. (Hrsg.) (1988): *Anthropologie Band I, 2. Teil. Wesen und Methoden der Anthropologie*. Gustav Fischer, Stuttgart
- Kreutz K., Verhoff M.A. (2002): *Forensische Anthropologie*. Lehmanns Media – LOB.de
- Penning R., Riepert T. (2003): *Identifikation und forensische Osteologie*. In: Madea B., Brinkmann B. (Hrsg.): *Handbuch gerichtliche Medizin*. Springer, Berlin, Heidelberg, Bd II, S. 1117–1270
- Prag J., Neave R. (1997): *Making faces*. British Museum Press, London
- Reichs K. (1997): *Forensic osteology: advances in the identification of human remains*. Charles C. Thomas, Springfield
- Schmid E. (1972): *Atlas of animal bones*. Elsevier, Amsterdam
- Verhoff M.A., Heidorn F., Kreutz K. (2002): Die interindividuelle morphologische Variabilität als Ursache von Fehldeutungen in der forensischen Osteologie am Beispiel einer Rippe. *Arch. Kriminol.* 210: 112–120
- Verhoff M.A., Kreutz K. (2002): Ein Beitrag zur Problematik von Knochenfunden mit Spuren von Gewalteinwirkung. *Rechtsmedizin* 12: 284
- Verhoff M.A., Kreutz K. (2003): Verletzungsspuren an Knochenfunden – Analyse und Beurteilung. *Arch. Kriminol.* 212: 41–52
- Verhoff M.A., Kreutz K. (2004): Forensische Osteologie – Humanspezifität, Liegezeit und Verletzungsspuren. *Rechtsmedizin* 14: 417–430
- Verhoff M.A., Wiesbrock U.O., Kreutz K. (2004): Makroskopische Befunde zum Ausschluss einer forensisch relevanten Liegezeit bei Knochenfunden – eine Literaturauswertung. *Arch. Kriminol.* 213: 1–14