

Kapitel 5 Anthropologische Untersuchungen

5.1 Mumienforschung und das Höhlengrab von Mebrak

Kurt W. Alt

Mit Mumienfunden werden für gewöhnlich artifizielle Mumien aus Ägypten assoziiert, doch wissen wir heute, dass sich die künstliche und natürliche Mumifizierung menschlicher Überreste auf allen Kontinenten beobachten lässt (AUFDERHEIDE 2003; RÁCEK 1985). Von den Altägyptern ist bekannt, dass sie die künstliche Erhaltung toter menschlicher und tierischer Körper systematisch und mit großer Fertigkeit betrieben (IKRAM & DODSON 1998). Der religiös intendierte Brauch der künstlichen Mumifizierung soll sich aus dem Wissen über die Art und Weise der natürlichen Mumifizierung entwickelt haben. Natürliche Mumifizierung entsteht entweder durch extreme Hitze oder Kälte in Verbindung mit Trockenheit oder (seltener) aufgrund von Konservierung durch Eis. Die konservierenden Bestattungsformen scheinen die Vergänglichkeit des Lebens hinaus zu zögern und so wundert es nicht, dass die Beschäftigung mit Mumien und Moorleichen seit mehr als zwei Jahrhunderten Wissenschaft und Laien gleichermaßen fasziniert. Neben verschiedenen archäologischen Disziplinen (z. B. Ägyptologie) haben vor allem (Paläo-)Medizin und Anthropologie die Forschungstradition über Mumien geprägt und eine kaum noch überschaubare Flut an wissenschaftlicher und populärer Literatur hervorgebracht (zuletzt in Deutschland Landesmuseum Württemberg 2007; WIECZOREK et al. 2015). Wissenschaftlich hat sich die Mumienforschung ebenfalls etabliert. Bereits 1992 trafen sich in Puerto de la Cruz (Teneriffa) erstmals Spezialisten zum „First World Congress on Mummy Studies“ (Archaeological and Ethnographical Museum of Tenerife 1995), und Lima (Peru) war 2016 bereits Gastgeber des „9. World Congress on Mummy Studies.“

Ägyptische Mumien, die sich über die ganze Welt verstreut in großen und kleinen Museen befinden, dominierten die wissenschaftliche Forschung bis weit in die zweite Hälfte des 20. Jh. hinein (DAVID 1979; SMITH & DAWSON 1924), allerdings erschienen schon im ausgehenden 19. Jh. auch Mumienbeiträge über die Inka in Südamerika (REISS & STÜBEL 1880-1887). Davon losgelöst ist als spezieller Forschungsbereich die Untersuchung von Moorleichen zu sehen, deren Entdeckung

sich weitgehend auf Nordeuropa beschränkt (BROTHWELL 1968; FISCHER 2012; GEBÜHR 2002; VAN DER SANDEN 1996). In der jüngeren Vergangenheit sind in verschiedensten Kulturkreisen der Welt spektakuläre Funde natürlicher und künstlicher Mumifizierung bekannt geworden. Dazu gehören ohne Zweifel der 1991 entdeckte, zeitlich in das Spätneolithikum zu datierende alpine Gletscherfund („Ötzi“) aus Tirol (SEIDLER et al. 1992; SPINDLER et al. 1995; FLECKINGER 2011; ZINK 2012), das 1995 gefundene Inka Girl „Juanita“ vom Vulkan Ampato in Peru (REINHARD 1996) sowie eine ganze Reihe weiterer Mumienfunde der Inka von verschiedenen Andengipfeln (REINHARD 1998), ferner die berühmten Chincorro Mumien aus Arica, Chile (ALLISON et al. 1984; ARRIAZA 1995) und die aus den 1980er Jahren stammenden Tarim Basin Mumien aus den Sanden der Taklamakan Wüste in China (MALLORY & MAIR 2000). Großes Interesse erregten 2006 die Mumienfunde von Urumqi, die enge Verbindungen zwischen China und Europa in der Bronze- und Eisenzeit belegen¹. Wissenschaftliche und öffentliche Aufmerksamkeit erfuhren aber nicht nur (prä)historische Funde von Mumien. Mindestens ebenso großes Interesse galt auch Feldforschungen aus der jüngeren Vergangenheit – etwa den Berichten über das Schicksal der Franklin-Expedition von 1848 (BEATTIE & GEIGER 1989) oder die Grönland Mumien aus Qilakitsoq, Eskimo Mumien aus dem 15. Jh. (HANSEN & GULLOV 1989; HANSEN et al. 1991). Nicht zuletzt erlangen Mumien als politische „Prominenz“ das Interesse der Öffentlichkeit, wie im Fall des ehemaligen russischen Revolutionsführers Wladimir Iljitsch Lenin (1870-1924), der in einem Moskauer Mausoleum seine letzte Ruhestätte gefunden hat (ZBARSKI 1999). Die wissenschaftliche Literatur über die weltweit publizierten Mumien hat AUFDERHEIDE (2003) ausgewertet, und er berichtet in diesem Zusammenhang auch über deren geographische Verteilung.

Ebenso umfangreich wie die Literatur über Mumienfunde sind auch die Darstellungen über die Methoden ihrer Bearbeitung. Diese umfassen bildgebende Darstellungen mittels Radiologie, CT, MRI und Endoskopie (ALT & RÜHLI 2015; DAVID 1997; NOTMAN & LUPTON 1995; CHHEM & BROTHWELL 2008), anatomische und histologische Verfahren (CROWDER & STOUT 2011), molekulargenetische und bio(geo)chemische Methoden bis zur Genomforschung (DAVID 2008; KHAIRAT et al. 2013;

KNUDSON et al. 2005; MAIXNER et al. 2016; TOUZEAU et al. 2014) sowie Pathologien (DAVID 1997). Im Zusammenhang mit den letzten Ausstellungen von Mumien in Deutschland wurde ein öffentlicher Diskurs über die Ethik im Umgang mit menschlichen Überresten in Gang gesetzt (ALT 2009a; HAIDLE 2008; JONES & HARRIS 1998).

Die sensationelle Entdeckung eines Höhlengrabes mit Mumien gelang deutschen Archäologen 1995 im Schatten der Achttausender Massive des Dhaulagiri und des Annapurna im Hohen Himalaya (SIMONS 1996; 1997a; SIMONS et al. 1998a). In der wüstenartigen Hochgebirgsregion des halbautonomen Königreichs Mustang im Westen Nepals gelang es ihnen, in einem Höhlensystem im oberen Dzong-Tal (Muktinath Valley) bei Mebrak in 3600 m Höhe unter widrigsten Bedingungen eine Bestattungshöhle des 1. Jahrtausends v. Chr. in einer Steilwand zu erschließen, wo mehr als 30 (teil)mumifizierte Tote niedergelegt waren. Für die gute Erhaltung der natürlich mumifizierten Körper und der zahlreichen archäologischen Hinterlassenschaften sind die große Höhe und die Trockenheit des Klimas verantwortlich. Die außergewöhnlich gut erhaltene materielle Kultur gibt uns Einblick in den Alltag der Menschen in dieser Hochgebirgsregion des Muktinath-Tals. Ihre überlieferten Körper sind eine unschätzbare biohistorische Quelle zur Rekonstruktion der Lebensweise und der besonderen Lebensbedingungen am Rande der Ökumene. Da die Mumien weder vor Ort noch in Nepal selbst wissenschaftlich so untersucht werden konnten, wie es bei einem so herausragenden Befund erwartet werden kann, wurde ein Großteil der mumifizierten Überreste nach Deutschland gebracht.

Unter Federführung des Autors wurde ein Team von Spezialisten für die anthropologische, biochemische und molekulargenetische Bearbeitung der Funde zusammengestellt. Die biochemischen Untersuchungen fanden am Institut für Humangenetik und Anthropologie in München (Leitung: Gisela Grupe), die molekulargenetischen Analysen (Susanne Hummel/Joachim Burger) und die histologische Altersdiagnose (Birgit Großkopf) am Institut für Anthropologie der Universität Göttingen statt. Die anthropologische Untersuchung wurde am Institut für Rechtsmedizin der Universität Düsseldorf begonnen, am Institut für Humangenetik und Anthropologie in Freiburg weitergeführt und am Institut für Anthropologie in Mainz beendet (Kurt W. Alt). Das gesamte von

Nepal nach Deutschland verbrachte biologische Untersuchungsmaterial wurde mit konventionellen Verfahren (Morphologie, Metrik, Histologie), mit biochemischen Methoden (Stabile Isotope), mit molekulargenetischen Verfahren (alte DNA) und mit einer Reihe von bildgebenden Verfahren (Röntgen, CT, Endoskopie) wissenschaftlich untersucht. Erste Ergebnisse der Untersuchungen sind in Vorberichten (SIMONS 1996; 1997a; 1997b; 2003; SIMONS & SCHÖN 1998; SIMONS et al. 1997; 1998), in einem Übersichtsbeitrag (ALT et al. 2003) und in einem molekulargenetischen Journal (BURGER et al. 1999) publiziert².

Gegenstand des Kapitels 5 sind alle anthropologischen Untersuchungsergebnisse, die anhand umfangreicher, unterschiedlichster Studien an den menschlichen Überresten aus dem Höhlengrab von Mebrak gewonnen werden konnten, aber weitgehend bereits Ende der 1990er Jahre stattfanden³. Die zunächst wichtigste Fragestellung galt der Abfolge der Belegung des Grabes und der Mindestindividuenzahl. Zur Beantwortung dieser Frage musste eng mit der Archäologie (Grabungsleitung) kooperiert werden. Anschließend wurden auf individueller Ebene detaillierte Informationen über Alter und Geschlecht der Individuen, Körperhöhen, Krankheiten und Verletzungen u. a. m. zusammengetragen. Die Darstellung der paläopathologischen Befunde und – nach Ausfall der molekulargenetischen Analysen – die Ähnlichkeits-Verwandtschaftsanalyse machen einen überproportional umfassenden Anteil der Untersuchungen aus. Auf der übergeordneten Populationsebene lassen sich daraus in erster Linie Angaben zur demographischen Situation in der Lokalbevölkerung, epidemiologische Daten zum Vorkommen und zur Häufigkeit von Erkrankungen, Vorstellungen zu den biologischen (familiären) Verwandtschaftsverhältnissen und, mit Einschränkungen, auch Hinweise zur ethnischen Abgrenzung der Individuen gewinnen. Biochemische Studien anhand der Analyse stabiler Isotope halfen Fragen im Kontext von Ernährung, Subsistenz, Umwelt und klimatischen Bedingungen zu beantworten. Die durchgeführten molekulargenetischen Untersuchungen sollten u. a. Aufschluss über verwandtschaftliche Beziehungen, Geschlechts- und eventuelle Populationszugehörigkeit geben, scheiterten jedoch trotz bester Voraussetzungen (Trockenheit, niedrige Temperatur) an den lokalen Bedingungen (Guano in der Höhle), die dem Erhalt der DNA abträglich waren.

5.2 Taphonomie und Mindestindividuenzahl

Kurt W. Alt

Die Gesamtzahl bestatteter Individuen an einem Fundplatz liefert im Hinblick auf die paläodemographische Rekonstruktion der ehemaligen Bevölkerung wichtige Eckdaten. Bei ähnlich den heutigen Friedhöfen angelegten Bestattungspätzen bereitet die Feststellung der dort beigesetzten Individuen in der Regel keine Schwierigkeiten. Ihre Gesamtzahl erhält man durch einfache Addition der vorgefundenen Bestattungen, wobei es lediglich zu berücksichtigen gilt, ob es sich um Einzel-, Doppel- oder Mehrfachbestattungen handelt. Dies sind jedoch nicht die einzigen Bestattungsarten im archäologischen Kontext. In einigen Perioden der Vorgeschichte dominieren Kollektivgräber als vorherrschende traditionelle Bestattungsform (ALT et al. 2016; MEYER & ALT 2012; GRUPE & HERRMANN 1986). Hierbei werden die Toten einer Solidargemeinschaft sukzessive in das Gemeinschaftsgrab verbracht, dessen Belegung sich hierdurch über Jahre bis Jahrzehnte hinziehen kann. In den meisten Fällen spielt sich die Bestattungspraxis in den Kollektivgräbern so ab, dass ältere Bestattungen, wenn nach einer gewissen Belegungszeit Platzmangel in dem Grab herrscht, beiseite geräumt werden, um Raum für neue Bestattungen zu schaffen. Durch das einmalige oder mehrmalige Umlagern im Grab und ggf. auch durch bewusstes Entnehmen von Teilen der Leiche oder des Skelettes (*pars pro toto*) oder durch zufälliges Verlorengehen von Körperteilen befinden sich dann viele Individuen am Ende der Belegungszeit nicht mehr im intakten anatomischen Verband.

Für die Archäologie wie für die Anthropologie ist in diesen Fällen nicht nur die Identifikation einzelner Individuen schwierig. Auch die Ermittlung der genauen Anzahl von Bestattungen in einem Kollektivgrab ist auf den ersten Blick nicht zu gewährleisten. Eine vergleichbare komplexe Situation bieten Massengräber, die in allen Zeitperioden vorkommen (MEYER et al. 2015). Der Unterschied zu den Kollektivgräbern besteht darin, dass die Toten hier, z. B. als Niederschlag kriegerischer Auseinandersetzungen, zeitgleich oder wenigstens zeitnah in das Massengrab verbracht werden. Im Gegensatz zur Belegung eines Kollektivgrabes handelt es sich dabei aber nicht um ein rituell geprägtes Vorgehen einer Gemeinschaft, sondern mehr um eine „Entsorgung“ von Toten durch ihre Gegner. Daher finden sich die Körper der Toten in einem Massengrab meist in einem planlosen Durcheinander, was ebenfalls eine In-

dividualisierung erschwert. Bei Kollektiv- oder Massengräbern ist deshalb kein einfaches Durchzählen der Bestattungen möglich. Hier muss eine genaue Ermittlung der Mindestindividuenzahl (MIZ) erfolgen. Per definitionem versteht man darunter diejenige Anzahl an Individuen, die mindestens in einem solchen Grab bestattet worden sein müssen (GRUPE et al. 2015). Prinzipiell ist die Durchführung der Bestimmung der MIZ ein simples Aufrechnen, indem lediglich Skeletteile mit gleicher anatomischer Spezifikation (z. B. Unterkiefer, linker Oberarm) zusammengezählt werden. Praktisch treten jedoch eine ganze Reihe von Problemen bei der Untersuchung auf.

Problem 1 betrifft die Identifikation, Erhaltung und Vollständigkeit des Skelettmaterials. Tierische und menschliche Skelettreste müssen auseinandergelassen werden, damit es nicht dadurch zu einer Erhöhung der Individuenzahl kommt. Dies lässt sich dadurch vermeiden, dass allein humanspezifische Skelettelemente in die Bewertung einbezogen werden. Dann kann ein hoher Fragmentierungsgrad die Zusammensetzung (Rekonstruktion) und damit das Erkennen anatomisch vollständiger Skeletteile erschweren (Mehrfachzählungen). In diesen Fällen kann die Individuenzahl auch anhand von Fragmenten bestimmt werden, wenn der Langknochen zuvor in mehrere Abschnitte geteilt wird (z. B. proximales und distales Fragment sowie in ein oberes und unteres Diaphysenfragment). Dann werden die aufgefundenen Fragmente dem Abschnitt zugeteilt, dem sie entsprechen, wobei die Seitenzugehörigkeit größere Schwierigkeiten bereiten kann. Zuletzt führen taphonomische Prozesse in Abhängigkeit von der Liegezeit zu mehr oder weniger deutlichen Verwitterungsspuren, die bis zum vollständigen Verlust von Skeletteilen reichen können.

Problem 2 betrifft die Auswahl der Skelettreste zur Bestimmung der Mindestindividuenzahl. Nicht alle Skeletteile eignen sich gleich gut dazu. Kleinere Knochen wie z.B. Hand- und Fußknochen gehen bei der Umlagerung von Knochen in einem Kollektivgrab beispielsweise schneller verloren. Daher sind solche Skelettelemente auszuwählen, bei denen es aufgrund der Robustizität und der Größe der Knochen nicht so leicht zu einem Verlust kommt. Bei paarig vorkommenden Knochen ist auf die Seitenzugehörigkeit zu achten. Grundsätzlich ist die Beschränkung auf ein einzelnes Skelettelement zu vermeiden, da dies kein repräsentatives Endergebnis gewährleisten würde. Als besonders aussagefähig hat sich die Verwendung charakteristischer Knochen des Schädels (z. B. Innenohr [*Pars petrosa ossis temporalis*]), der Extre-



Abb. 5.1 Vollständig mumifizierter Körper eines Säuglings (Ind. 24).

mitäten (z. B. Schienbein, Oberschenkel) und des Gebisses (z. B. Unterkiefer) erwiesen. In Einzelfällen sind die jeweiligen Bestattungsumstände zu beachten (z. B. Teilbestattungen).

Die Mindestindividuenzahl ist im Gegensatz zu der maximalen Zahl von Individuen ein relativ sicherer Wert, dem jedoch ein gewisser Fehler anhaftet, wenn paarige Skelettelemente gezählt werden. Um die Individuenzahl auch nach oben einzugrenzen ist es hilfreich, die Maximalzahl an Individuen auszurechnen. Dazu müssen die Skelettelemente von links und rechts addiert werden. Dadurch ist eine rechnerische Annäherung an die tatsächliche Gesamtzahl der Bestatteten möglich.

Rein äußerlich ist die Erhaltung der natürlichen Trockenmumien aus Mebrak relativ gut. Die klimatischen Bedingungen in knapp 4000 m Höhe sind nahezu optimal, um menschliche Körper über lange Zeiträume zu konservieren. Auch für den Erhalt von DNA sind die Voraussetzungen eigentlich ideal: trocken und kühl. Eine Reihe äußerer Begleitumstände, die teils vorgefunden, teils durch die abgelegene geographische Lage diktiert sind, war im vorliegenden Fall für die Bestimmung der Mindestindividuenzahl von Nachteil. Zu den wichtigsten Einschränkungen gehören vor allem folgende: die außerordentlich schwierigen Arbeitsbedingungen bei der Aufnahme der *in-situ* Befundlage in der Höhle, die notwendige Beschränkung des von Nepal nach Deutschland zu verfrachtenden Untersuchungsmaterials auf ausgewählte Körperteile (primär Schädel und Langknochen), die aufgrund dieser Situation erheblich erschwerte Möglichkeit der Individualisierung vorhandener Knochenteile (Zuordnung unterschiedlicher Skelettelemente zum selben Individuum) und nachfolgend diverse quantitative und qualitative Einschränkungen

beim Einsatz der üblichen Routinemethoden (siehe dazu auch Kap. 1.2 und 2.1).

Taphonomische Prozesse beeinflussen die Tätigkeit des Anthropologen grundsätzlich auf verschiedenste Art und Weise. Ihr Ausmaß hinterlässt charakteristische Spuren an den menschlichen Überresten, die sich äußerlich überwiegend in Beschädigungen und Substanzverlusten äußern. In der Praxis gilt es zu differenzieren, ob die entstandenen Veränderungen natürliche Dekompositionsprozesse darstellen oder auf anthropogene (intentionelle) Einflüsse zurückgehen (z. B. Entfleischung, Zerschlagung u. a. m.). Es liegt auf der Hand, dass sämtliche Arbeitsgebiete der Anthropologie und damit auch alle wissenschaftlichen Aussagemöglichkeiten über die untersuchten biologischen Quellen von der guten oder schlechten Erhaltung der Knochen und Zähne entscheidend beeinflusst sind.

Bei taphonomischen Einwirkungen auf tote Körper steht die Frage im Mittelpunkt, welchen Prozessen ein Organismus seit dem Tod bis zum Zeitpunkt der Auffindung oder Ausgrabung ausgesetzt war. Durch die Analyse dieser

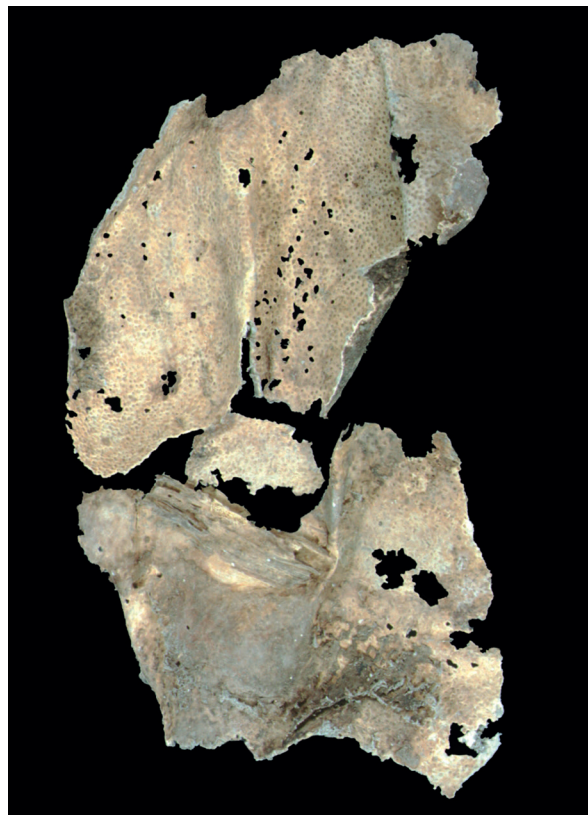


Abb. 5.2 Die erhaltene Haut von Individuum 12 zeigt deutliche Spuren von Insektenbefall.

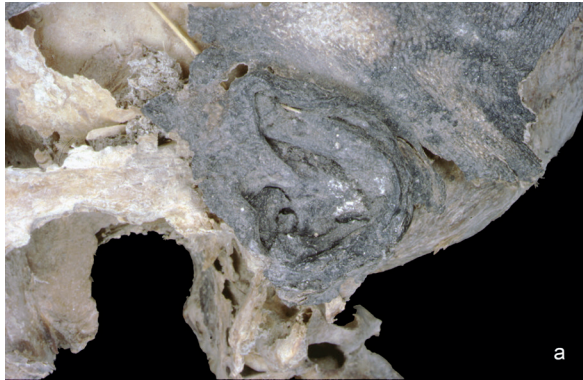


Abb. 5.3 Beispiele für Weichteilerhaltung
 a) im Bereich des Schädels, linkes Ohr (Ind.1),
 b) bei der oberen Extremität, rechte Hand (632-47) und
 c) bei der unteren Extremität, rechtes Bein (636-11).
 d) In einigen Fällen löste sich das Weichgewebe
 vom Knochen (Ind. 13).

Prozesse kann man Rückschlüsse auf das Individuum selbst, seine Lebens- und Todesumstände erzielen. Mit den unmittelbar nach dem Tod eines Individuums einsetzenden primären und sekundären Leichenerscheinungen nehmen die taphonomischen Vorgänge ihren Anfang (HAGLUND & SORG 1997). Der weitere Zerfall der Gewebe erfolgt dann je nach anatomischer Struktur mehr oder weniger schnell. Die gelenkigen Verbindungen mit ihrem starken Sehnen- und Bänderapparat bleiben am längsten im anatomischen Verband. Aus der Zerfallssequenz und der Desartikulation der Gelenke können Rückschlüsse auf

die perimortalen Verhältnisse getroffen werden (ORSCHIEDT 1998). Am komplexen Vorgang der Skelettierung beteiligt sich über die mikrobiologischen und chemischen Faktoren hinaus eine höher organisierte Leichenfauna, die zu massiven Weichteilerstörungen führt. Aus dem Vorkommen von Puppenhüllen von Insekten können im günstigsten Fall (bei *in-situ* Befunden) Hinweise auf die Bestattungsumstände (z. B. längeres Aufbewahren) oder auf die Jahreszeit, in der der Tod eintrat, gewonnen werden.

Im Fall von Mebrak ist relativ eindrücklich dokumentiert, dass die meisten Toten ein- oder



Abb. 5.4 Bei Individuum 4 ist an den mumifizierten Füßen noch Schnürmaterial erhalten.

mehrfach innerhalb der Bestattungshöhle, wo sie ihre letzte Ruhestätte gefunden hatten, umgebettet wurden. Der Hauptanlass hierfür war sicher Platzmangel durch Überbelegung des zur Verfügung stehenden Raumes. Durch die Umbettungen kam es zu kleineren und größeren Zusammenhangstrennungen von anatomischen Strukturen wie Schädel, Torsi und Extremitäten. Teilweise finden sich einzelne Körperteile weit verstreut in der Höhle. Dies hat auch mit dem relativ langen Belegungszeitraum von einigen hundert Jahren zu tun, was mit dazu beigetragen hat, dass viele der vorgefundenen Skelettelemente nicht mehr sicher einem bestimmten Individuum zugeordnet werden konnten.

Insgesamt war der Zustand der menschlichen Überreste, was den Grad der Mumifizierung betrifft, sehr unterschiedlich. Da überwiegend lediglich die Schädel zur Bearbeitung nach Deutschland gelangten, an denen sich Alter und Geschlecht bestimmen lassen, kann primär natürlich nur über den Zustand dieser Skelettelemente gesprochen werden. In einem einzigen Fall (Ind. 24) war der komplett erhaltene Körper eines Säuglings vollständig mumifiziert (**Abb. 5.1**). In den meisten Fällen waren Schädel, Gesicht und Langknochen zwar noch mit Haut bedeckt (teilmumifiziert), die durch Insektenbefall jedoch mehr oder minder stark in Mitleidenschaft gezogen war (**Abb. 5.2**). In einigen Fällen haben sich Weichteile im Nasen- und Ohrenbereich sowie in der Halsgegend erhalten, und häufig sind noch Weichteile auf dem Schädel anzutreffen (**Abb. 5.3a-d**). Isoliert vorliegende Becken oder Extremitäten waren nur ausnahmsweise eindeutig bestimmten Individuen zuzuordnen. Im Hinblick auf die Bestattungssitten in diesem Teil der Welt lässt sich mit aller Vorsicht vermuten, dass die Höhle mit Bedacht für den Verbleib der Toten

ausgewählt wurde. Es könnte bekannt gewesen sein, dass menschliche Körper bei trockener Lagerung und Kälte rasch in einen mumifizierten Zustand übergehen. Bei der Bestattungshöhle handelt es sich nicht um eine natürliche Höhle, sondern um ein künstliches Konstrukt (SIMONS 1996; 1997a). Der Höhleneingang war ursprünglich wohl mit Leitern erreichbar, gegebenenfalls befand sich sogar eine Art von Plattform vor dem Höhleneingang. Trotzdem wird es nicht einfach gewesen sein, die toten Körper in die Höhle zu transportieren. Dies belegen Bambusschnüre und Textilstreifen, mit denen den Toten die Beine zusammengebunden wurden, auch damit man sie besser in geflochtenen Matten und auf Tragebrettern transportieren konnte (siehe Kap. 2 und 3.4.). Matten wurden ebenso in der Höhle gefunden wie Schnürmaterial, das sich noch immer in Originallage an den Füßen der mumifizierten Körper befand (**Abb. 5.4**). In einigen Fällen lassen sich sogar Textil- oder Matten-Abdrücke auf der Haut der Toten nachweisen (**Abb. 5.5**).



Abb. 5.5 An der Haut von Individuum 8 sind Abdrücke der Transportmatten erkennbar.

Lfd.-Nr.	Ind.-Nr.	Position	Kat.-I	Kat.-II	Kat.-III	Zugeordnete Knochen*
1	1	631-10	X			
2	2	632-40	X			
3	3	634-24	X			Femur rechts (634-25)
4	4	634-13		X		kpl. rechtes Bein (634-15)
5	5a	636-5		X		kpl. rechtes Bein (636-11)
6	6	635-9	X			kpl. rechtes Bein (635-9)
7	7	635-4	X			Femur rechts (635-4)
8	9	632-41		X		
9	10	632-92		X		
10	14	632-94		X		
11	15	632-95		X		
12	18	633-44	X			
13	18a	633-68	X			
14	19	633-79		X		
15	20	633-95	X			
16	21	634-58	X			Femur rechts (634-58)
17	22	634-57	X			
18	23	633-104		X		
19	24+	633-107	X			
20	26	634-63				nur Rest Kinderschädel
21	27	634-68	X			
22	28	634-64	X			
23	29	632-113			X	
24	30	631-72			X	Hand rechts, BWS-Reste, Femur/Tibia rechts
25	31	633-114			X	
26	32	633-49			X	
27	33	633-85			X	

Tab. 5.1 Bestimmung der MIZ der nach Deutschland gelangten menschlichen Überreste anhand der Auszählung der Schädel (Kat.-I = kpl. Schädel; Kat.-II = Schädel ohne Unterkiefer; Kat.-III = Unterkiefer); * dem jeweiligen Schädel sicher zugeordnete (Lang-)Knochen, die ebenfalls in Deutschland untersucht wurden; + komplette Säuglingsmumie.

Die unzweifelhaft negativen Grundvoraussetzungen für eine umfangreiche und detaillierte Bearbeitung stellen die medizinische und anthropologische Bearbeitung der Mumienfunde vor einige Schwierigkeiten. Sie schränken den Umfang einiger Untersuchungen ein (z. B. Paläopathologie), und sie verlangen teilweise aufwendige alternative Verfahren (z. B. Altersbestimmung), aber dies schmälert keineswegs die Bedeutung und den Stellenwert der Befunde, die dieser für die Region bisher einmalige Fundplatz offenbart. In den Folgekapiteln sind die hier kurz geschilderten Umstände dort, wo es nötig scheint, jeweils angemessen berücksichtigt resp. diskutiert, weshalb hier auf eine ausführliche Darstellung verzichtet wird (siehe auch Kap. 1.2)

Kollektivgräber, wie das Höhlengrab von Mebrak, sind hinsichtlich der Ermittlung der Anzahl der ehemals dort bestatteten Individuen hoch im Bearbeitungsaufwand. In besonders schwierigen Fällen kann es dabei durchaus vorkommen, dass die Mindestindividuenzahl allein aus der Anzahl von singulären oder bilateral vorhandenen Skelettelementen ermittelt werden muss (GRUPE et al. 2015). Wie die Ausführungen zur Archäologie deutlich gemacht haben, lässt sich die Abfolge der Niederlegung der Bestattungen einigermaßen zuverlässig rekonstruieren (Kap. 4). Vollständige bzw. nahezu komplette Hockerbestattungen haben sich lediglich im östlichen Höhlenbereich erhalten (Ind. 3, Ind. 4, Ind. 6, Ind. 7 und Ind. 21) bzw. unter dem westlichen

Lfd. Nr.	Position	Skelettelement(e)	Knochen in Höhle verblieben
28 HR I.5	633-58	Femur rechts	Becken und untere Extremität
29 HR I.8	633-33	Bein links	Torso, Teile unt./ob. Extremität
30 HR I.11	631-49	Becken/Sacrum/3 Wirbel	Wirbelsäule, Rippen, Becken
31 HR I.12	632-105	(-)	Torso, Oberarm eine Seite
32 HR I.13	631-76	(-)	Torso, einige Langknochen
33 HR I.16	633-35	Becken rechts	Becken links, Sacrum, Wirbel
34 HR I.17	633-19	(-)	Becken
35 HR I.20?	633-79a	Femur rechts	untere Extremität rechts
36	633-51	Femur rechts	Rest des rechten Beines
37	633-52	Femur rechts	Rest des rechten Beines
38	633-53	Femur links	Rest des rechten Beines
39	633-77	Femur rechts	Rest des rechten Beines
40	633-91	Femur rechts	Becken, Wirbelsäulenreste
41 HR I.2/I.9	632-68	(-)	Becken und beide Oberschenkel
42 HR I.26/28	634-77	(-)	Kinderknochen
43	634-80	(-)	menschliche Knochen
44	634-93	Becken links, Kind	Beckenteile, Wirbel
45	631-76	Becken links, Kind (unter Torso/Erwachsener)	(-)
46	631-67	Sacrum (isoliert)	(-)
47	632-47	Hand rechts/Radius	(-)
48 I.5a	636-11	Bein rechts	(-)
49 I.4	634-15	Unterschenkel rechts mit Fuß	Becken (Zuordnung nicht sicher)

Tab. 5.2 Weitere aus der Höhle geborgene und untersuchte Skelettelemente (Position 636-11 gehört zu Ind. 5a; Position 634-15 zu Ind. 4 [vgl. Tab. 5.1]); HR = Human Remains.

Bettsarg (Ind. 20 und Ind. 24) (siehe auch Kap. 2 und Tab. 1, im Anhang). Von diesen vollständigen Bestattungen kam nur die Kindermumie (Ind. 24) komplett zur Untersuchung nach Deutschland, während in den übrigen Fällen nur die Schädel und die rechten (Ind. 4, 7, 21) oder linken Femora (Ind. 3) oder sogar allein die Schädel (Ind. 6, 7, 20) zur Bearbeitung zur Verfügung standen. Bei den kompletten Bestattungen hat die größere Entfernung zum Höhleneingang nicht nur besser vor der Witterung geschützt, sondern auch davor, überhaupt umgelagert und dabei aus dem anatomischen Verband gerissen zu werden.

Alle innerhalb der Höhle vorgefundenen kompletten Bestattungen wurden ebenso wie alle einzeln angetroffenen Skelettelemente sorgfältig beschrieben und zeichnerisch und/oder fotografisch dokumentiert (siehe Kap. 2). Auf diese Weise konnte in Zusammenarbeit mit der Ausgräberin das eine oder andere Skelettelement nachträglich bestimmten Individuen zuge-

ordnet werden. Das betrifft allerdings überwiegend größere anatomische Strukturen wie Langknochen, Becken und Wirbelsäule. Übergeben wurden dem anthropologischen Bearbeiter mehr als 20 vollständige oder fragmentiert vorliegende Schädel (mit und ohne Unterkiefer), dazu isolierte Unterkiefer, eine große Anzahl loser Zähne sowie ganze Beine, einzelne Langknochen, vollständig und unvollständig erhaltene Becken und Wirbelsäulen. Bei dem komplett mumifizierten Säugling (Ind. 24) könnten die Körpergröße und das -gewicht, die Todesumstände und der geringe Platzbedarf des Leichnams in der Höhle ausschlaggebend dafür sein, dass sich der Körper dieses Kindes nach seinem Tode so vollständig und hervorragend erhalten hat.

Der Ansatz, bei Mebrak 63 zu einer Mindestindividuenzahl (MIZ) zu gelangen, war durch die Vorauswahl der Archäologen mitbestimmt. In der Mehrzahl waren Schädel zur Bearbeitung nach Europa gelangt. Deren Anzahl gab die Basis für die Bestimmung der MIZ vor. Erschwert

wurde die Bestimmung dadurch, dass bei einigen Schädeln die Unterkiefer fehlten und einige isolierte Unterkiefer existierten. In zwei Verdachtsfällen auf eine Zusammengehörigkeit von Schädel und Unterkiefer (Ind. 2 und Position 633-49 sowie Ind. 14 und Position 631-72) konnte dies zweifelsfrei ausgeschlossen werden. Damit liegt die Mindestindividuenzahl aus dem Höhlengrab von Mebrak bei 27 Individuen (**Tab. 5.1**). Die Mehrzahl dieser Individuen ist ursprünglich durch komplette Schädel (mit Unterkiefer) vertreten, einige durch Schädel mit Maxilla und fehlender Mandibula, andere nur durch Schädelfragmente oder Unterkiefer. In einigen wenigen Fällen konnten in enger Zusammenarbeit zwischen Archäologie und Anthropologie vorhandene Langknochen (meist Femora) bestimmten Individuen zugeordnet werden (**Tab. 5.1**). In anderen Fällen, wo die menschlichen Überreste bis auf die Schädel im Höhlengrab verblieben waren, erlaubte die archäologische Bilddoku-

mentation vereinzelt Körperteile eindeutig einem bestimmten Individuum zuzuordnen (z. B. Ind. 20). Alle Bestattungen, von denen Schädel vorhanden sind, sind durch ihre Kennnummer eindeutig als Individuen gekennzeichnet.

Für weitere zusätzlich nach Deutschland mitgenommene singuläre Knochen und eindeutig zusammengehörige Skelettelemente (z. B. Beine) waren zunächst bei der Grabung und Dokumentation im Höhlengrab oder bei der weiteren Bearbeitung z.T. Individualnummern vergeben worden (**Tab. 5.2**). Jedoch ließen sich diese Überreste keinen bestimmten Schädeln und damit Individuen zuordnen, weshalb sie auch nicht in die Bestimmung der MIZ einbezogen werden können. Skelettelemente, die nicht individualisiert werden konnten, standen aber für verschiedene Teiluntersuchungen zur Verfügung: etwa für die Bestimmung der Körperhöhe, den Geschlechtsdimorphismus und zur Diagnose von Krankheitsbefunden.

5.3 Geschlechts- und Altersbestimmung

Nicole Nicklisch, Birgit Großkopf & Kurt W. Alt

Geschlecht und Alter gehören zu den wichtigsten Basisdaten über ein Individuum. Geschlechtsdiagnosen am Skelett Erwachsener orientieren sich weitgehend an Form- und Größenunterschieden in der Ausprägung charakteristischer Merkmale an Becken und Schädeln bei Frauen und Männern (ACSÁDI & NEMESKÉRI 1970; FEREMBACH et al. 1979; SJØVOLD 1988; BUIKSTRA & UBELAKER 1994; WHITE et al. 2011). Vor allem das Becken, das bei der Frau den Erfordernissen von Schwangerschaft und Geburt angepasst ist, weist mit Skelettmarkern wie u. a. der *Incisura ischiadica major* (Iim), *Arc composé* (Ac), *Angulus subpubicus* (As), *Sulcus praeauricularis* (Sp), *Foramen obturatum* (Fo), *Facies symphysialis* (Fs) zahlreiche morphologische Merkmale auf, die dem geübten Bearbeiter in der Regel keine Schwierigkeiten bereiten, unbekannte Skelettindividuen nach dem Geschlecht zu differenzieren (FEREMBACH et al. 1979). Zur Geschlechtsdiagnose am Schädel von Erwachsenen stehen ebenfalls zahlreiche morphognostische Merkmale zur Verfügung (*Glabella* [Gl], *Margo orbitalis* [Mo], *Arcus superciliaris* [As], *Processus zygomaticus* [Pz], *Margo orbitalis* [Mo], *Processus mastoideus* [Pm], *Tuber frontale* [Tf], *Protuberantia occipitalis externa* [Poe], *Mentum* [M], *Gonium* [Go]). Maßgeblich für die Geschlechtstrennung bei Erwachsenen ist hier die Tatsache, dass Männer am Schädel in der Regel robuster in Erscheinung tretende Merkmale ausbilden als Frauen. Grundsätzlich gilt, dass die Beckenmerkmale Vorrang vor allen anderen Merkmalen besitzen, die zur Geschlechtsdiagnose herangezogen werden. Prinzipiell teilt man die Merkmale zur Geschlechtsdiagnose ihrer Wertigkeit nach in primäre und sekundäre Geschlechtsmerkmale und gewichtet sie. Grundlage der Gewichtung ist eine 5-Stufen Skala, die von ausgeprägt hyperfeminin (-2) über feminin (-1) zu maskulin (+1) und hypermaskulin (+2) verläuft und als indifferente Größe die Kategorie (0) enthält. Eine molekulare Geschlechtsbestimmung war bei den menschlichen Überresten von Mebrak aufgrund der schlechten DNA-Erhaltung (vgl. Kap. 5.7) nicht möglich.

Im vorliegenden Fall gestaltete sich die Geschlechtsbestimmung der erwachsenen Individuen deshalb schwierig, weil auf der Basis der Mindestindividuenzahl (MIZ) nahezu ausschließlich nur die Schädel, z. T. sogar nur isolierte Unterkiefer, für die Feststellung der Geschlechtszugehörigkeit zur Verfügung standen

(siehe Tab. 5.1). Daher war bei dem einen oder anderen erwachsenen Individuum aus Mebrak keine sichere morphologische Geschlechtsdiagnose möglich. Eine molekulargenetische Geschlechtsbestimmung ließ sich aus den oben erwähnten Gründen nicht realisieren. Die Merkmalerfassung erfolgte nach ACSÁDI & NEMESKÉRI (1970) ausschließlich an Geschlechtsmerkmalen höherer Wertigkeit: *Glabella*, *Processus mastoideus*, *Processus zygomaticus* (Wertigkeit 3) sowie an *Arcus superciliaris*, *Tubera frontalia*, *Protuberantia occipitalis externa*, *Os zygomaticum*, *Crista suprastastoidea* (Wertigkeit 2). Von den insgesamt 19 erwachsenen Individuen ließen sich 12 eindeutig nach ihrem Geschlecht bestimmen. In fünf Fällen (Ind. 1, Ind. 15, Ind. 18a, Ind. 20 und Ind. 22) war wegen eingeschränkter Merkmalerfassung keine eindeutige Geschlechtsbestimmung möglich. In diesen Fällen ist die Geschlechtsbestimmung mit einem Fragezeichen versehen. In zwei weiteren Fällen handelte es sich lediglich um Unterkiefer, an denen die Geschlechtszuweisung indifferent blieb. Die Bestimmungssicherheit bei der morphologischen Geschlechtsdiagnose ist relativ hoch, wenn das komplette Skelett zur Beurteilung herangezogen werden kann und liegt dann bei etwa 90-95 % (SJØVOLD 1988).

Im Unterschied zu den Erwachsenen ist die Geschlechtsbestimmung bei den Kindern grundsätzlich problematisch. Ursächlich hierfür ist die Tatsache, dass bei Kindern die maßgeblichen geschlechtsdifferenten Merkmale am Skelett noch nicht prägnant genug ausgebildet sind. Erst durch die Einbeziehung statistischer Verfahren, z.B. Diskriminanzanalysen oder anhand der morphognostischen Beurteilung des Verlaufs des *Meatus acusticus internus* in der Felsenbeinpyramide (*Pars petrosa ossis temporalis*), sind Geschlechtsbestimmungen bei vollständig und gut erhaltenen Skeletten von Neonaten und Kindern anhand metrischer und morphologischer Merkmale möglich geworden (SCHUTKOWSKI 1993; WAHL & GRAW 2001). Im Vergleich mit anderen Schädelmerkmalen sind die wesentlichen Entwicklungsschritte an der *Pars petrosa* bereits im frühen Infans I vollzogen, so dass die Methode prinzipiell auch auf Individuen dieser Altersstufe Anwendung finden kann.

Zur Geschlechtsbestimmung von zwei juvenilen Individuen (Ind. 2, Ind. 14) wurden die üblichen Schädelmerkmale der Erwachsenen herangezogen (Tab. 5.3). In beiden Fällen muss die weiblich lautende Geschlechtsdiagnose jedoch ebenfalls mit einem Fragezeichen versehen werden, weil die morphologischen Merkmale bei

Ind.	Position	Sklettmarker	Geschlecht	Quellenmaterial
1	631-10	Gl, As, Pm, Tf	w?	kpl. Schädel
2	632-40	Gl, As, Pm, Tf	w?	kpl. Schädel
3	634-24	Gl, As, Pm, Mo, Pz, Poe, Cs, Tf, M, Go	m	kpl. Schädel
4	634-13	Gl, As, Pm, Tf, Pz,	w	Schädel/Maxilla
5a	636-5	Gl, As, Pm, Tf, Pz, M, Go	m	Schädel/Maxilla
6	635-9	Gl, As, Pm, Tf, Pz, Poe, M, Go	m	kpl. Schädel
7	635-4	Gl, As, Pm, Tf, Pz, M, Go	m	kpl. Schädel
9	632-41	Gl, As, Pm, Tf, Pz, Poe	w	Schädel/Maxilla
10	632-92	Gl, As, Pm, Mo, Tf, Pz, Poe	w	Schädel/Maxilla
14	632-94	Gl, As, Pm, Tf, Pz	w?	Schädel/Maxilla
15	632.95	Gl, As, Pm, Tf	w?	Schädel/Maxilla
18	633-44	Gl, As, Pm, Mo, Pz, Poe, Cs, Tf, M, Go	m	kpl. Schädel
18 a	633-68	Gl, As, Pm, Tf, Pz, M, Go	w?	kpl. Schädel
19	633.79	Gl, As, Pm, Mo, Tf, Pz, Poe	m	Schädel/Maxilla
20	633-95	Gl, As, Pm, Mo, Pz, Poe, Cs, Tf, M, Go	m?	kpl. Schädel
21	634-58	Gl, As, Pm, Mo, Pz, Poe, Cs, Tf, M, Go	w	kpl. Schädel
22	634-57	Gl, As, Pm, Mo, Pz, Poe, Cs, Tf, M, Go	m?	kpl. Schädel
23	633-104	Gl, As, Pm, Mo, Tf, Pz, Poe	w	Schädel/Maxilla
27	634-68	Gl, As, Pm, Mo, Pz, Poe, Cs, Tf, M, Go	w	kpl. Schädel
29	632-113	M, Go	?	Mandibula
33	633-85	M, Go	?	Mandibula

Tab. 5.3 Geschlechtsbestimmung der erwachsenen und jugendlichen Individuen am Schädel und/oder Unterkiefer [*Glabella* (Gl), *Arcus superciliaris* (As), *Processus mastoideus* (Pm), *Tuber frontalia* (Tf), *Margo orbitalis* (Mo), *Processus zygomaticus* (Pz), *Protuberantia occipitalis externa* (Poe), *Crista supramastioidea* (Cs), *Mentum* (M), *Gonion* (Go)].

Jugendlichen noch nicht vollständig ausgeprägt sind. Bei zwei weiteren juvenilen Individuen sowie den vier Kindern konnten aus unterschiedlichen Gründen weder metrische noch morphognostische Verfahren sinnvoll in die Geschlechtsdiagnose einbezogen werden. In drei Fällen standen nur die Unterkiefer zur Verfügung (Ind. 30, Ind. 31 und Ind. 32), in zwei weiteren Fällen waren lediglich wenig aussagekräftige Fragmente der Schädel vorhanden (Ind. 26 und Ind. 28). Bei Individuum 24 handelt es sich um einen Säugling, der als sehr gut erhalten gebliebene Ganzkörpermumie vorliegt. Trotz optimaler Weichteilerhaltung war bei dem Säugling durch die Körperhaltung bedingt ohne invasives Vorgehen keine morphologische Geschlechtsdiagnose möglich, weshalb aus ethischen Gründen darauf verzichtet wurde (vgl. ALT 2009a). Auch unter Zuhilfenahme von CT-Aufnahmen war in diesem Fall leider keine sichere Diagnose des Geschlechts möglich.

Von den isolierten Skelettelementen, die in Deutschland untersucht werden konnten, waren zwei Becken und fünf Oberschenkel einer Ge-

schlechtsbestimmung zugänglich. An den gut erhaltenen Becken wurden die oben genannten Skelettmarker beurteilt (vgl. SJØVOLD 1988), an den Oberschenkeln kamen metrische Methoden zum Einsatz (größte Länge [F1]; HANIHARA et al. 1964, zitiert n. SJØVOLD 1988). Wegen des wenig ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus bei den metrischen Merkmalen innerhalb der Gemeinschaft, die ausschließlich Hinweise auf ein männliches Geschlecht ergaben, sind die hier erzielten Ergebnisse mit aller Vorsicht zu betrachten. Dagegen war die Geschlechtsbestimmung an den beiden isolierten Becken mit einer weiblichen und einer männlichen Zuweisung eindeutig (Tab. 5.4). Beide Becken ließen sich jedoch keinem Individuum aus der Bestimmung der MIZ sicher zuordnen.

Eine recht ungewöhnliche Möglichkeit einer morphologischen Geschlechtsbestimmung am Becken ergab sich retrospektiv aus *in situ* angefertigten Fotos der Beckenregion einiger Individuen während der Aufnahme der Befunde in der Höhle (Abb. 5.6a,b). Bei den betreffenden Individuen waren die dafür relevanten Skelettmarker

Ind.-Nr.	Position	Skelettelement	Geschlecht /morph.
HRI.11	631-49	Becken	w
HRI.16	633-35	Becken	m
HR	633-51	Femur rechts	m?
HR	633-52	Femur rechts	m?
HR	633-53	Femur links	m?
HR	633-77	Femur rechts	m?
HR	633-91	Femur rechts	m?

Tab. 5.4 Geschlechtsbestimmung an isolierten Skelettelementen von Becken und Oberschenkel bei erwachsenen Individuen (Ind.-Nr. in Anlehnung an Tab. 1 im Anhang).

Ind.-Nr.	Position	Foto-Nr.	Skelettelement	Geschlecht/morph.
HRI. 5	633-58	633-59	Becken	w
HRI. 8	633-33	633-37	Becken	w
HRI. 12	632-105	632-109	Becken	w
HRI. 13	631-76	631-77	Becken	m
Ind. 20*	633-95	633-96	Becken	m

Tab. 5.5 Morphologische Geschlechtsdiagnose nach *in-situ* Fotoaufnahmen der Ausgräberin in der Höhle (Becken befanden sich im anatomischen Verband; Skelettelemente verblieben in der Höhle. *Individuum eindeutig verifiziert vgl. Tab. 5.4 und Tab. 5.1).

am Beckengürtel sehr gut zu erkennen, da sich die Becken überwiegend noch im anatomischen Verband erhalten hatten. Nach Auswertung der vorliegenden Fotos konnten insgesamt fünf Individuen als männlich oder weiblich bestimmt werden (Tab. 5.5). Für die Verlässlichkeit der Ergebnisse dieser „Fernbestimmung“ sprechen zum einen die gute Erhaltung der Beckenregionen und zum anderen die markanten und eindeutigen Merkmalsausprägungen in den untersuchten Fällen. Nicht zuletzt kam es darauf an, dass für die Aufnahmen ein günstiger Blickwinkel gefunden worden war und die Fotoserien eine gute Bildqualität aufwiesen.

Die morphognostische Altersdiagnose am Skelett Erwachsener gestaltet sich ungleich schwieriger als die Geschlechtsdiagnose (KEMKES-GROTTENTHALER 2002). In Mitteleuropa hat sich als weit verbreitetes Verfahren die sogenannte kombinierte Methode durchgesetzt, bei der vier knöcherne Strukturen (das Relief der Schambeinsymphyse, der Obliterationsgrad der Schädelnähte und der Abbau der Spongiosa [Knochenbälkchen] im proximalen Gelenkbereich von Oberarm und Oberschenkel) einzeln untersucht und dann hinsichtlich ihrer Ergebnisaussage kombiniert werden (FEREMBACH et al. 1979). Darüber hinaus existieren eine Reihe weiterer Verfahren, bei de-



Abb. 5.6a *In situ*-Aufnahme von Becken HR I.5 im Höhleneingang. Die morphologischen Merkmale weisen auf ein weibliches Individuum hin.



Abb. 5.6b
In situ-Aufnahme von Individuum 20 im Höhleneingang. Die Merkmale am Becken sprechen für ein männliches Individuum.

nen degenerative Vorgänge resp. Verschleißerscheinungen zur Altersschätzung herangezogen werden, wie z. B. der okklusale Abkautungsgrad der Zähne, der regelmäßig auftritt (u. a. MILES 1963; LOVEJOY 1985). Alle genannten Marker sind für sich allein genommen wenig zuverlässig, liefern in der Kombination mit anderen Merkmalen jedoch ausreichend valide Ergebnisse, so dass Bestimmungssicherheiten von etwa 80 Prozent erreicht werden können. Über die morphognostischen Verfahren hinaus sind verschiedene histologische Methoden (z. B. Veränderungen der Binnenstruktur der Knochenkompakta, Zahnzementannulation) zur Altersdiagnose etabliert (ALQUIST & DAMSTEN 1969; UYTTERSCHAUT 1985; GROSSKOPF 1990; WITTEWER-BACKOFEN et al. 2004; DOPPLER 2008).

Die Erfassung der Marker, die für die kombinierte Methode der Altersdiagnose üblicherweise Verwendung finden, war bei den Individuen aus Mebrak nicht möglich, da ausschließlich Schädel für die Auswertung zur Verfügung standen. Daher konnten allein die Schädelnähte, soweit diese aufgrund von fehlender Weichteilbedeckung zugänglich waren, als Merkmal für die Altersdiagnose herangezogen werden. Für einige Individuen standen sogar nur die Unterkiefer zur Altersdiagnose zur Verfügung. In diesen Fällen konnten als alleinige morphologische Altersindikatoren die Abkautung der Zähne beurteilt werden (MILES 1963). Da das Ergebnis der morphologischen Altersdiagnose unbefriedigend verlief (vgl. Kap. 5.4, Tab. 5.9), wurden bei Individuen, von denen Zähne verfügbar waren, histologische Bestimmungen des Individualalters anhand der Zuwachsringe

im Zahnzement (Zementochronologie) durchgeführt (GROSSKOPF 1990). Auf diese Weise konnte von neun erwachsenen Individuen durch Auszählen der Zuwachsringe im Zahnzement das Sterbealter näher bestimmt werden (Tab. 5.6).

Im Bereich der Zahnwurzel liegen dem Dentin je nach Wurzelregion unterschiedliche Zementschichten auf (zelluläres und azelluläres Zement). Dort formieren sich jährlich hellere und dunklere Zonen, die im Wurzelquerschnitt ähnlich wie Baumringe unter dem Mikroskop ausgezählt werden können. Da die Zuwachsringe einem circannualen Rhythmus folgen, korreliert die Anzahl der Zuwachsringe mit dem Individualalter. Zur Berechnung des Sterbealters wird das Zahndurchbruchsalter zur Anzahl der Zuwachsringe addiert. Obwohl die Genese der Zuwachsringe noch nicht endgültig geklärt ist, belegen Untersuchungen an rezentem Zahnmaterial die grundsätzliche Eignung der Methode für die Altersdiagnose (CONDON et al. 1986; GROSSKOPF 1990; KAGERER & GRUPE 2001; WITTEWER-BACKOFEN et al. 2004). Einschränkend ist für alle Methoden der Altersbestimmung am Skelett anzumerken, dass damit das biologische Alter eines Individuums ermittelt wird, welches z. B. durch Erkrankungen oder Mangelernährung erheblich vom realen kalendarischen Alter eines Individuums abweichen kann. Aufgrund der Vorteile gegenüber anderen Merkmalen ist die Zahnzementannulation-Methode für die Altersdiagnose an archäologischen Skelettmaterialien anerkannt (GROSSKOPF & HUMMEL 1992; CIPRIANO-BECHTLE et al. 1996; STROTT 2002).

Ind. Nr.	Position	Zahn*	Zuwachsringe	($\chi\sigma n-1$)	Zahndurchbruch**	Individualalter (korrigiert)
3	634-24	14	51,1	$\pm 2,9$	10,3	61
6	635-9	44	24,0	$\pm 2,3$	10,6	35
7	635-4	25	36,7	$\pm 3,1$	10,1	47
9	632-41	23	45,6	$\pm 2,7$	11,5	57
18	633-44	34	34,2	$\pm 2,5$	10,6	45
18 a	633-68	35	49,6	$\pm 2,6$	11,3	61*** (36 \pm 2,6)
21	634-58	14	30,1	$\pm 1,7$	10,3	40
27	634-68	34	25,3	$\pm 2,1$	10,6	36
29	632-113	44	57,1	$\pm 2,4$	10,6	68*** (39 \pm 2,4)

Tab. 5.6 Ergebnis der histologischen Altersdiagnose an Wurzelquerschnitten der Zähne. *Benennung der Zähne nach FDI-Nomenklatur; ** durchschnittliches Durchbruchsalter von Mädchen und Jungen nach ADLER (1967) gemittelt. *** Diskrepanzen in der Altersdiagnose bei Ind. 18a und Ind. 29 beruhen möglicherweise auf Doubling.

Von den zu untersuchenden Individuen lag jeweils ein Zahn (überwiegend Prämolaren) für die histologische Bestimmung des Sterbealters vor. Aufgrund ihres sehr guten Erhaltungszustandes konnten die Zähne der Individuen Ind. 3, Ind. 18, Ind. 18a und Ind. 29 ohne Vorbehandlung gesägt werden, die Zähne der Individuen Ind. 6, Ind. 7, Ind. 9, Ind. 21 und Ind. 27 wurden vor dem Sägen in Kunststoff (Biodur) eingebettet. Mit einer Innenlochsäge wurden ca. 100 Mikrometer dicke Querschnitte aus dem mittleren und koronalen Drittel der Zahnwurzel hergestellt. Das apikale Drittel wird verworfen, da in diesem Bereich der Wurzel zelluläres Zahnzement vorliegt, bei dem sich die Ringzahl nicht zuverlässig ermitteln lässt. Für jeden Zahn wird jeweils die maximal mögliche Anzahl von Wurzelquerschnitten hergestellt, denn je mehr Schnitte vorliegen, desto größer ist die Chance, gut geeignete Areale zum Auszählen der Zuwachsringe zu finden (GROSSKOPF & MCGLYNN 2011). Jeder Querschnitt wird auf geeignete Areale zum Zählen der Zuwachsringe überprüft und mit einem Phasenkontrastmikroskop bei ca. 200facher Vergrößerung ausgezählt. An jeder Zahnwurzel werden zirka 20 Zählungen durchgeführt. Davon wird der Mittelwert gebildet und das zahnspezifische Durchbruchsalter des jeweiligen Zahnes zur Ermittlung des Individualalters hinzuaddiert. Die Angabe des Geschlechts lag zum Bearbeitungszeitpunkt der Zahnproben noch nicht vor. Daher wurde das geschlechtsspezifische Zahndurchbruchsalter gemittelt und addiert (Tab. 5.6).

Von den vorhandenen Zahnwurzeln wurden durchschnittlich 16 Schnitte hergestellt. Die Zuwachsringe ließen sich an allen Zahnwurzeln zählen. Für die Berechnung des Individualalters wurden die durchschnittlichen Altersangaben zum Zahndurchbruch von ADLER (1967) benutzt, da sie auf Metadaten von Populationen verschiedener Kontinente basieren. Dennoch liegt hier eine grundsätzliche Fehlermöglichkeit, da nicht beurteilt werden kann, inwieweit die Daten für das Zahndurchbruchsalter auf diese prähistorische asiatische Population anwendbar sind. Sieben der neun untersuchten Individuen wiesen eine gute bis sehr gute Übereinstimmung zwischen der morphologischen und der histologischen Altersbestimmung auf (Tab. 5.7). Die Werte für das Individualalter der Individuen 18a und 29 differieren allerdings erheblich von der morphologischen Altersbestimmung. In beiden Fällen liegt das histologisch bestimmte Sterbealter deutlich über der morphologischen Bestimmung. Hier liegt möglicherweise das Phänomen eines sog. Doublings vor, bei dem etwa doppelt so viele Ringe gebildet werden, wie vom Alter des Individuums her zu erwarten wären (CONDON et al. 1986; GROSSKOPF & HUMMEL 1992; KAGERER 2000; STROTT 2002). Bislang lässt sich dieses Phänomen jedoch nicht histologisch, sondern nur im Vergleich mit anderen Methoden erfassen. Unter Berücksichtigung eines möglicherweise vorliegenden Doublings liegt das Alter von Individuum 18a bei 36 \pm 2,6 Jahren und von Individuum 29 bei 39 \pm 2,4 Jahren.

Die Schätzung des biologischen Alters von

Ind. Nr.	Histologische Altersdiagnose	Morphologische Altersdiagnose
3	61 ± 2,87 Jahre	40 – 60 Jahre
6	35 ± 2,26 Jahre	30 – 40 Jahre
7	47 ± 3,10 Jahre	40 – 60 Jahre
9	57 ± 2,67 Jahre	40 – 60 Jahre
18	45 ± 2,51 Jahre	30 – 50 Jahre
18a	61 ± 2,56 Jahre korr. 36 ± 2,56 Jahre*	20 – 40 Jahre
21	40 ± 1,69 Jahre	30 – 50 Jahre
27	36 ± 2,05 Jahre	30 – 50 Jahre
29	67 ± 2,41 Jahre korr. 39 ± 2,41 Jahre*	30 – 50 Jahre

Tab. 5.7 Ergebnisse der histologischen und morphologischen Altersdiagnose im Vergleich.
* Individualalter nach Berücksichtigung eines möglicherweise vorliegenden *Doublings*

Ind. Nr.	Fundnummer	Altersklasse*	Dentalalter
2	632-40	juvenil	14 – 18 Jahre
14	632-94	juvenil/frühadult	18 – 22 Jahre
24	633-107	Infans I	0 – 6 Monate
26	634-63	Infans I	< 12 Monate
28	634-64	Infans I	3 – 4 Jahre
30	631-72	juvenil	13 – 15 Jahre
31	633-114	Infans I	3 – 4 Jahre
32	633-49	juvenil	14 – 16 Jahre

Tab. 5.8 Ergebnis der dentalen Altersdiagnose bei den Kindern und Jugendlichen
[* Infans I (0-6 Lj), Infans II (7-12 Lj), juvenil (13-20 Lj), frühadult (21-30 Lj)].

Kindern und Jugendlichen ist wesentlich einfacher als für Erwachsene. Bei den Kindern erfolgt die Altersbestimmung in erster Linie nach dem Dentalalter (LIVERSIDGE et al. 1998), d. h. nach dem Stand der Zahnentwicklung (wichtigstes Kriterium) und nach dem zeitlichen Durchbruch der Zähne in die Mundhöhle (nachgeordnetes Kriterium). Das Dentalalter korreliert üblicherweise besser mit dem chronologischen Alter als das Skelettalter (Bestimmung nach Ossifikationskriterien). Sind diese Untersuchungen nicht möglich, weil beispielsweise keine Zähne erhalten sind, werden sonstige Reifemerkmale an Schädel und postkranialem Skelett zur Altersschätzung herangezogen (z. B. Längenmaße der Langknochen, Ossifikationskriterien) (FAZEKAS & KÖSA 1978; STILOUKAL & HANÁKOVÁ 1978; SCHEUER & BLACK 2000). Dabei ist – wo immer es möglich ist – zwischen Jungen und Mädchen zu unterscheiden. Das weibliche Geschlecht hat in der frühen Kindheit in der Regel einen Entwick-

lungsvorsprung gegenüber dem männlichen Geschlecht, der bis zu 1–2 Jahren betragen kann. Andererseits ist das Wachstum der Mädchen früher abgeschlossen als bei Jungen, weshalb das männliche Geschlecht fast bei allen metrischen Merkmalen im Mittel größere Durchschnittswerte aufweist. Bei jugendlichen Individuen ist nach abgeschlossener Zahnentwicklung die Synostose von Epiphysen und Apophysen wichtigstes Kriterium für die Altersbestimmung. Auf Skelettelemente des postkranialen Skeletts kann im vorliegenden Fall aber nicht zurückgegriffen werden, weil primär nur Schädel und/oder Kiefer vorhanden sind.

Die Altersbestimmung der acht Kinder und Jugendlichen aus Mebrak erfolgte entweder nach Merkmalen der Schädelentwicklung oder (häufiger) nach dentalen Kriterien (**Tab. 5.8**). Relativ valide sind die Altersbestimmungen bei den vier Infans I. Aufgrund der normalen Variabilität und der in dieser Altersgruppe noch

schwach ausgeprägten Geschlechterunterschiede bewegen sich mögliche Abweichungen hier in einem Rahmen von wenigen Monaten. Zwei Infans I ließen sich ausschließlich nach dem ossären Stand der Schädelentwicklung bestimmen (Ind. 24 und Ind. 26). Für zwei weitere Kinder der Altersstufe Infans I lagen Übersichtsaufnahmen (Orthopantomogramme) der Kiefer vor, die eine gute Beurteilung der Zahnentwicklung erlaubten (Ind. 28 und Ind. 31). Bei älteren Kindern und Jugendlichen können interindividuell größere Abweichungen in der Zahnentwicklung auftreten, die 12 bis 24 Monate betragen können. Ursachen

hierfür ist das Vorkommen von Frühzahner und Spätzahner sowie Geschlechtsunterschiede. Zwei der vier beurteilten Kinder/Jugendliche, von denen die Unterkiefer vorlagen, fallen hinsichtlich ihrer Zahnentwicklung in den Übergangsbereich Infans II nach juvenil (Ind. 30 und Ind. 32). Unzweifelhaft juvenil ist nach der Zahnentwicklung in Ober- und Unterkiefer Individuum 2. Noch ein wenig älter scheint Individuum 14, wo der Entwicklungsstand der Zähne im Oberkiefer (Unterkiefer fehlt) ein juveniles bis frühadultes Alter anzeigt. Wegen einer offenen Sphenobasilarfuge ist Individuum 14 auf keinen Fall älter als 25 Jahre.

5.4 Paläodemographie

Nicole Nicklisch, Birgit Großkopf & Kurt W. Alt

Im Rahmen der Individualdatenaufnahme wurden für die Alters- und Geschlechtsbestimmung der einzelnen Mumien die wichtigsten Daten über das Individuum erfasst (vgl. Kap. 5.3).

Zusammengefasst können diese Informationen dazu benutzt werden, die (paläo)demographische Struktur früherer Bevölkerungen bzw. die Zusammensetzung von Gruppen zu rekonstruieren (DRENHAUS 1988; LEWIS 2007; WHITE et al. 2011). Eine Bewertung gestaltete sich schwierig, da von den meisten Individuen nur die mumifizierten Schädel, einige Langknochen und Becken und nur in einem Einzelfall die kompletten Überreste zur Verfügung standen. Die Geschlechtsbestimmung bei den Erwachsenen erfolgte durch eine rein morphognostische Erhebung, da molekulargenetische Analysen nicht zum Erfolg führten, bei den Kleinkindern (Infans I) war ebenfalls keine Diagnose des Geschlechts möglich. Die Altersbestimmung bei den Kindern erfolgte am Gebiss, das im Wachstumsalter die aussagekräftigsten Ergebnisse über das Individualalter liefert. Bei den Erwachsenen gestaltete sich die Feststellung des Alters schwieriger, weil wiederum primär Schädel beurteilt werden konnten. Neben morphognostischen Markern am Schädel wurden daher histologische Schnitte von den Zahnwurzeln zur Altersdiagnose herangezogen, was bei ca. der Hälfte der Erwachsenen möglich war. Die Ergebnisse zur Geschlechts- und Altersdiagnose für die Einzelindividuen sind in Tab. 5.9 erfasst; darüber hinaus werden Informationen zur Skeletterhaltung gegeben. Diese Daten bilden die Grundlage für paläodemographische Betrachtungen an den Bestattungen aus dem Höhlengrab von Mebrak.

Die Paläodemographie beschreibt die Ursachen und Wirkungen von Bevölkerungsvorgängen in der Geschichte (BOQUET-APPEL 2008; CHAMBERLAIN 2006, HERRMANN et al. 1990; HOPPA & VAUPEL 2002) und trägt nach GRUPE et al. (2005, 102) „zum Verständnis der Lebensbedingungen prähistorischer Bevölkerungen bei.“ Im demographischen Sinn wird unter einer Bevölkerung (Population) eine größere oder kleinere Gruppe von Individuen verstanden, die als lokale Gemeinschaft betrachtet werden kann. Neben Informationen über die Struktur und Dynamik früherer Bevölkerungen geht es um Fragen der Kindersterblichkeit, um eventuelle Unterschiede in der Sterblichkeit zwischen Männern und Frauen, um sozial oder ökologisch bedingte Ursachen für eine höhere Sterblichkeit bestimmter Gruppen, Hinweise

auf Männer- und Frauenüberschuss, Größe von Populationen, Größe und Zusammensetzung von Familien u. a. m. (JÜRGENS 1988; HÄUSLER 1991). Als Ausgangsebene für paläodemographische Untersuchungen dienen zunächst die erhobenen Individualdaten zum Alter und Geschlecht. Diese können gegebenenfalls um die so genannten Risikofaktoren wie z. B. Krankheiten ergänzt werden.

Ein wesentliches Problem paläodemographischer Forschung besteht zum einen in der Validität der Altersbestimmungen als Grundlage jeglicher Kalkulation und zum anderen darin, dass alle gängigen Modelle von stationären Bevölkerungen ausgehen (BOCQUET-APPEL & MASSET 1982; DRENHAUS 1988). Hierbei sind die Geburten- und Sterberaten konstant und identisch. Archäologische Skelettserien liefern in der Regel jedoch einen räumlich und zeitlich begrenzten Ausschnitt aus der ehemaligen Bevölkerung. Jedes paläodemographisch zu untersuchende Skelettensemble muss zunächst unter dem Gesichtspunkt fehlender Daten dahingehend geprüft werden, ob die Altersverteilung repräsentativ bzw. plausibel erscheint. Hierzu wurden Testformeln entwickelt (GRUPE et al. 2005, 111ff.).

Für Mebrak wurde aus verschiedenen Gründen auf eine detaillierte paläodemographische Untersuchung verzichtet. Als erstes sprach die Unvollständigkeit der Ausgrabung respektive der *in situ*-Untersuchung im Höhlengrab gegen eine fein aufgelöste demographische Betrachtung. Wichtige grabungsrelevante Ursachen (Zeitbudget, Manpower, Zugänglichkeit) verhinderten eine komplette Untersuchung des Kollektivgrabs in seiner ganzen Ausdehnung. Dadurch sind der Gesamtumfang bzw. die Geschlechts- und Alterszusammensetzung der Stichprobe verzerrt (Repräsentanzproblem). Ein zweiter entscheidender Faktor ist die Tatsache, dass mit einer Ausnahme keine vollständigen Bestattungen geborgen und damit beurteilt werden konnten (vgl. Tab. 5.9). In der Mehrzahl handelt es sich bei den Individuen aus dem Kollektivgrab um durch mehrmaliges Umlagern in der Höhle gestörte Bestattungen, die nicht mehr im exakten anatomischen Verband angetroffen wurden. Weil durch die begrenzte Mitnahmekapazität vielfach nur Schädel und Extremitäten von Nepal nach Deutschland gelangten, war die Feststellung der wichtigsten Individualdaten nicht in derjenigen Qualität möglich, wie das bei kompletten Bestattungen der Fall gewesen wäre. Ein weiterer wichtiger Grund ist die lange Belegungsdauer des Höhlengrabes über ca. 500 Jahre, die es nach den vorliegenden ¹⁴C-Daten nicht erwarten lässt, dass

Lauf.-Nr.	Ind.-Nr.	Position	Alter/morph.	Alter/hist.	Sex/morph.
1	1	631-10	30-50		w?
2	2	632-40	juvenil		w?
3	3	634-24	40-60	61 ± 2,9	m
4	4	634-13	50-70		w
5	5a	636-5	30-50		m
6	6	635-9	30-40	35 ± 2,3	m
7	7	635-4	40-60	47 ± 3,1	m
8	9	632-41	40-60	57 ± 2,7	w
9	10	632-92	20-30		w
10	14	632-94	juvenil/frühadult		w?
11	15	632-95	40-60		w?
12	18	633-44	30-50	45 ± 2,5	m
13	18a	633-68	20-40	(61 ± 2,5*) 36 ± 2,6	w?
14	19	633-79	40-60		m
15	20	633-95	30-50		m?
16	21	634-58	30-50	40 ± 1,7	w
17	22	634-57	30-50		m?
18	23	633-104	20-30		w
19	24	633-107	Infans I (0-6 Mon)		?
20	26	634-63	Infans I (< 12 Mon)		?
21	27	634-68	30-50	36 ± 2,1	w
22	28	634-64	Infans I (3-4 Jahre)		?
23	29	632-113	30-50	(68 ± 2,4*) 39 ± 2,4	?
24	30	631-72	juvenil (13-15 Jahre)		?
25	31	633-114	Infans I (3-4 Jahre)		?
26	32	633-49	juvenil (14-16 Jahre)		?
27	33	633-85	30-50		?

Tab. 5.9 Zusammenstellung der Geschlechts- und Altersangaben nach morphologischen und histologischen Bestimmungen an Schädel und Gebiss (vgl. Tab. 5.4-8).

* Diskrepanzen in der Altersdiagnose bei Ind. 18a und Ind. 29 beruhen möglicherweise auf Doubling, daher wurden hier auch die korrigierten histologischen Werte eingetragen (vgl. Tab. 5.7).

	Männlich	Männlich?	Weiblich	Weiblich?	indifferent	Gesamt
Infans I (0-6 Jahre)	(-)	(-)	(-)	(-)	4	4
Infans II (7-12 Jahre)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
juvenil (13-20 Jahre)	(-)	(-)	(-)	2	2	4
adult (21-40 Jahre)	1	(-)	2	1	(-)	4
matur (41-60 Jahre)	3	(-)	1	1	(-)	5
adult/matur (30-50 Jahre)	2	2	2	1	2	9
senil (> 60 J.)	(-)	(-)	1	(-)	(-)	1
gesamt	6	2	6	5	8	27

Tab. 5.10 Alters- und Geschlechtsverteilung der Individuen aus Mebrak.

es sich hier um eine geschlossene Gemeinschaft handelt, welche die Binnenstruktur einer in der Nähe gelegenen Siedlung widerspiegelt. Um die untersuchten Individuen dennoch als eine in sich geschlossene Gruppe zu betrachten, wäre es notwendig, mehr über die Bestattungssitten und die Belegung dieser Höhlengräber in Erfahrung zu bringen. Auf die Gesamtlaufzeit hochgerechnet dürften es pro hundert Jahre Belegung des Grabes kaum zehn Individuen gewesen sein, die dort ihre letzte Ruhe fanden. Es handelt sich mit Sicherheit aber auch nicht um einen herausgehobenen Bestattungsort, der bestimmten Individuen vorbehalten war. Dagegen spricht die altersmäßige Zusammensetzung der Stichprobe. Viel eher scheint es der Fall zu sein, dass möglicherweise eine erweiterte Verwandtschaftsgruppe mit Clanstrukturen dort ihre Toten bestattete und der außergewöhnliche Bestattungsort zwischenzeitlich in Vergessenheit geriet oder bestimmten Zeiten vorbehalten war und daher nur gelegentlich aufgesucht wurde. Aus den genannten Gründen erübrigten sich die üblichen demographischen Berechnungen wie Maskulinitätsindex, Sterbealterprofil, Kleinkinderdefizit u. a. m.

Um für die Forschung verwertbare, wenn auch einschränkende Aussagen über die demographische Struktur in der Bestattungsgemeinschaft von Mebrak treffen zu können, wird die Alters- und Geschlechtsverteilung in der Form bewertet, wie sie sich aus der Bestimmung von Alter und Geschlecht der vorhandenen Individuen ergibt. Die Angaben zum Individualalter beziehen sich dabei auf das biologische Alter einer untersuchten Person zum Zeitpunkt ihres Todes (**Tab. 5.10**). Da das biologische, an Skelettmaterial ermittelte Alter eines Menschen vom realen (kalendarischen) Alter in gewissen Grenzen abweichen kann, werden in der Anthropologie immer Altersspannen angegeben. Diese Spannen (Altersklassen) umfassen bei subadulten Individuen (Kindern und Jugendlichen) deutlich weniger Jahre als bei den Erwachsenen und sind in ihrer Aussagekraft außerdem viel präziser. Da wegen der Variabilität der Angaben nicht alle Individuen exakt einer Altersklasse zugeordnet werden konnten, ergeben sich hier Zwischenklassen (z. B. juvenil/

frühadult). Bei weiter reichenden Betrachtungen werden diese Individuen entweder der jüngeren oder der älteren der beiden Altersklassen zugeschlagen, da jüngere Individuen in der Regel zu alt und ältere Individuen eher zu jung geschätzt werden. Die Grenze für diese Verfahrensweise wird hier bei 30 Jahren festgelegt.

Von 27 Individuen konnten mit $n = 19$ knapp über zwei Drittel (70,4 %) geschlechtsbestimmt werden, davon 11 Individuen (40,7 %) als weiblich (w, $n = 6$) bzw. wahrscheinlich weiblich (w?, $n = 5$) und 8 Individuen (29,6 %) als männlich (m, $n = 6$) bzw. wahrscheinlich männlich (m?, $n = 2$). Die Hälfte der nicht geschlechtsbestimmbaren Individuen (? , $n = 8$) gehören zur Altersgruppe Infans I ($n = 4$), bei denen eine morphologische Geschlechtsdiagnose generell sehr schwierig ist. Im vorliegenden Fall war die Bestimmung noch durch die Tatsache erschwert, dass primär Schädel beurteilt werden konnten. Die Sexualproportion in Mebrak ist aufgrund der genannten Einschränkungen nicht aussagekräftig, ebenso der Maskulinitätsindex. Die geringe Anzahl an indifferent bestimmten Erwachsenen lässt allerdings auch keine erhebliche Abweichungen in beide Richtungen zu. Die alters- und geschlechtsspezifische Zusammensetzung der Bestattungen aus dem Höhlengrab von Mebrak erscheint wegen der zeitlichen Unschärfe auf den ersten Blick wenig repräsentativ. Im Vergleich mit anderen prähistorischen Bevölkerungen erscheint der Anteil der subadulten Individuen ($n = 8$) etwas zu niedrig. Die komplette Auswertung des Höhlengrabes hätte hier wahrscheinlich verlässlichere Zahlen geliefert. Nicht ungewöhnlich ist die Tatsache, dass etwa die Hälfte der Erwachsenen zum Zeitpunkt des Todes bereits ein Alter von mehr als 40 Jahren erreicht hatte. Die mehr oder minder vollständige Berücksichtigung aller Altersgruppen lässt auch unter Beachtung der hohen Dunkelziffer an nicht ausgegrabenen Individuen oder in der Höhle verbliebener und damit nicht in Deutschland untersuchten Individuen den Schluss zu, dass wir es hier – zumindest teilweise – mit einer „normalen“ Dorfbevölkerung zu tun haben. Auch die Verteilung der Geschlechter lässt keine anderen Rückschlüsse zu.

5.5 Form- und Größenmerkmale am Skelett (Osteometrie)

Nicole Nicklisch & Kurt W. Alt

Osteometrische Befunde am Schädel und an den Langknochen gestatten eine quantitative Erfassung und Beschreibung von Form- und Größenmerkmalen am Skelett. Sie stützen sich auf fest definierte Messstrecken, die unabhängig vom Beobachter reproduzierbar sind (BRÄUER 1988). Metrische Merkmale liefern wichtige Aussagen im Hinblick auf Entwicklungsvorgänge und Wachstumsverhältnisse, zur Rekonstruktion der individuellen Körperhöhe und in seltenen Fällen, wenn Hinweise auf die Herkunft anderweitig (molekular) nicht gewonnen werden können (z. B. Forensik), auch grobe Anhaltspunkte auf eine geographische Herkunft. Die individuelle Entwicklung und das Wachstum des Menschen werden über die Genetik hinaus von einer Vielzahl von Umweltfaktoren beeinflusst. Wachstumsstörungen bei Kindern lassen sich unter Berücksichtigung des Individualalters durch eine deutliche Verringerung der durchschnittlichen Knochenmaße ermitteln. Die rekonstruierte Körperhöhe von Erwachsenen liefert Hinweise zur Identifikation einer Person, auf Entwicklungsprozesse, eingeschränkt auch auf das Geschlecht und im Kontext weiterer Informationen (z. B. Ernährung) auf die sozioökonomischen Verhältnisse. Osteometrische Merkmale ergänzen oder ersetzen in der Prähistorischen Anthropologie andere methodische Individualbefunde, wenn die Grenzen morphognostischer Möglichkeiten erreicht sind, wie häufig bei der Geschlechtsdiagnose oder bei der Bearbeitung von Leichenbrand (HERRMANN et al. 1990; GRUPE et al. 2015).

Prinzipiell existiert eine große Anzahl metrisch erfassbarer Merkmale der Langknochen, des Schädels und der Zähne, die Informationen über Form- und Größenmerkmale eines Individuums liefern. Kranio-metrische Studien spielen seit jeher bei der Analyse fossiler Hominiden eine wichtige Rolle in der Anthropologie. Bei prähistorischen Bevölkerungen wurde ihre Bedeutung jedoch völlig überschätzt. Sie wurden vielfach zur Charakterisierung des Aussehens von Individuen oder sogar für den Vergleich zwischen Bevölkerungen genutzt, um zeitgleiche und diachrone Affinitäten und Differenzen zwischen Populationen nachzuweisen, Einwanderungen von Gruppen und Differenzierungsprozesse innerhalb von Bevölkerungen zu erklären oder Wanderungen von Populationen aufzuzeigen

(BERNHARD & KANDLER 1986). Heutzutage wird die Osteometrie aufgrund der geringen Aussagekraft gegenüber anderen Merkmalssystemen nur noch selten angewandt. Sie beschränkt sich auf Anwendungen in der Paläoanthropologie und Industrieanthropologie sowie auf spezielle Fragestellungen in der Forensik und der Wiederherstellungsmedizin. Einen essentiellen Stellenwert hat sie dagegen nach wie vor für die Rekonstruktion der Körperhöhe und für diskriminanzanalytische Verfahren der metrischen Geschlechtsbestimmung. Die Gründe für die nachlassende Bedeutung der Osteometrie in der Prähistorischen Anthropologie basieren wesentlich darauf, dass morphologische Unterschiede zwischen Populationen, die durch statistische Abstandsmaße quantifiziert werden, von zahlreichen Parametern (Klima, Ernährung, Lebensraum, Aktivitätsmuster) beeinflusst werden und daher keine sicheren Aussagen zulassen (GRUPE et al. 2005). Modernere, effektivere Methoden der Bioarchäologie wie insbesondere die Molekulargenetik und Biogeochemie haben die vielfach rein deskriptiven Befunde der Osteologie auf eindrucksvolle Weise ersetzen können (BUKSTRA & BECK 2006; HERRMANN 1994). Zur Untersuchung von postkranialen Robustizitäts- und Asymmetriemustern haben sich aber auch Knochenquerschnittsanalysen bewährt, die Aussagen über biomechanische Eigenschaften erlauben (RUFF et al. 2006; STOCK & SHAW 2007).

Um die quantitative Erfassung und Beschreibung von Form- und Größenverhältnissen am Skelett allgemeinverbindlich definieren zu können, wurde eine Vielzahl von Messpunkten festgelegt. Für vergleichende Untersuchungen, z. B. am Schädel, müssen diese eine gleichmäßige Orientierung im Raum erfahren. Als Hilfsmittel dienen dabei normierte Ebenen, auf die man sich international verständigt hat. Alle Messungen erfolgen anhand standardisierter Maße und mit geeichten Messinstrumenten. Somit können Maße und Winkel unabhängig vom jeweiligen Bearbeiter reproduzierbar aufgenommen und dokumentiert werden (BRÄUER 1988). Winkelmaße und Indizes sind relative Maße, d. h. sie beschreiben nicht nach der Größe, sondern nach der Form, wozu das Zueinander der Teile eines Körpers beurteilt wird. Indizes kennzeichnen demnach Proportionen, etwa das Verhältnis von Breite zu Länge. Am Beispiel des Längen-Breiten-Index (LBI) des Schädels, der einen Evolutionstrend kennzeichnet, zeigen niedrige Werte, dass die Kopfform langgestreckt ist, während höhere Werte eine kürzere und breitere Kopfform kenn-

zeichnen (BRÄUER & KNUSSMANN 1988). Zur näheren Beschreibung der in einem Index ausgedrückten Proportion ist das Variationsspektrum der Indizes in Klassen (Indexbereiche) unterteilt.

Die Mumien aus Mebrak betreffend waren außer den meist teilmumifizierten Schädeln nur wenige Skelettelemente des postkranialen Skelettes zur Bearbeitung nach Deutschland überführt worden. Darunter befanden sich vor allem Knochen der unteren Extremität, an denen Körperhöhenschätzungen durchgeführt wurden. **Tab. 5.11** liefert eine Übersicht über diejenigen Langknochen, die für die Rekonstruktion der Körperhöhe nützlich waren. Es handelt sich dabei fast ausschließlich um Oberschenkel. Wie bereits oben erwähnt, konnte jedoch nur ein geringer Anteil dieser Extremitäten zweifelsfrei bestimmten Individuen (repräsentiert durch Schädel/Unterkiefer) zugeordnet werden. Grundsätzlich lassen sich Einzelknochen auch über aDNA-Analysen individualisieren, auch wenn der finanzielle und zeitliche Aufwand dafür sehr hoch ist. Für Mebrak war dies jedoch durch die schlechte Erhaltung der DNA ausgeschlossen. Ein mumifiziertes rechtes Bein mit sehr guter Weichteilerhaltung (Ind. 5a, Position 636-11) hätte nicht ohne Zerstörung der Weichteile in seinen Längendimensionen erfasst werden können. Deshalb wurde auf die Erfassung der Messwerte verzichtet.

Die Körperhöhe lässt sich näherungsweise am besten aus den Maßen von Langknochen der oberen und unteren Extremitäten rekonstruieren, wobei Femur und Tibia im Verhältnis zu den Oberarmknochen verlässlichere Daten

liefern. Das Prinzip beruht darauf, dass die Länge der zur Körperhöhenschätzung herangezogenen Langknochen in einem regelhaften Verhältnis zur Körperhöhe steht. Die Beziehung zwischen dem jeweiligen Skelettelement und der Körperhöhe lässt sich in einer Regressionsgleichung ausdrücken, welche Grundlage der Körperhöhenberechnung ist (RÖSING 1988; SIEGMUND 2010). Falls keine vollständigen Langknochen zur Verfügung stehen, können jedoch auch Teilmaße von Langknochen Verwendung finden (z. B. Durchmesser und Umfänge von Knochen). Für die Berechnung der Körperhöhen sind hinsichtlich der zugrunde gelegten Regressionsformeln gewisse Kriterien zu beachten (RÖSING 1988). Die im vorliegenden Fall erfassten Maße von Langknochen der unteren Extremität sind in **Tab. 5.12** zusammengestellt. Grundlage für die Berechnung der Körperhöhen der Männer und Frauen aus Mebrak waren zunächst Formeln für wenig akzelerierte Gruppen nach PEARSON (1899), die gegenüber der Originalarbeit in einigen Positionen (z. B. Mittelwerte der Langknochen, Standardfehler) korrigiert sind (RÖSING 1988).

Da die Formeln von PEARSON (1899) aber auf europide/eurasische Gruppen ausgerichtet sind (**Tab. 5.12**), wurden zusätzlich die für Nepal eher zutreffenden Formeln für mongolide Bevölkerungen nach TROTTER & GLESER (1958) herangezogen (**Tab. 5.13**), die allerdings den Nachteil haben, dass sie nur für amerikanische Rekruten asiatischer Abstammung vorliegen und somit eine moderne akzelerierte Bevölkerungsgruppe vertreten. Aufgrund der

Lfd. Nr.	Ind. Nr.	Position	Geschlecht*	Fem-01	Tib-01b	Fib-01
1	3	634-24	m	410	(-)	(-)
2	4	634-13	w	364	(-)	(-)
3	HR I.5**	633-58	w	410	(-)	(-)
4	7	635-4	m	476	(-)	(-)
5	HR I.8	633-33	w	385 (li)	312	312
6	19	633-79	m	409	(-)	(-)
7	21	634-58	w	386	306	(-)
8	HR	633-51	m?	436	(-)	(-)
9	HR	633-52	m?	444	(-)	(-)
10	HR	633-77	m?	443	(-)	(-)
11	HR	633-91	m?	412	(-)	(-)

Tab. 5.11 Maße für verschiedene Langknochen der unteren rechten Extremität (Ausnahme HR I.8) zur Körperhöhenrekonstruktion (Maße nach MARTIN [1914] in mm); * Geschlechtsbestimmung nach morphometrischen Kriterien am Becken und am Femur; ** HR I.5 wurde bei der Körperhöhenrekonstruktion nicht einbezogen.

Geschlecht/ Ind.	Position	Femur (F1)	Tibia (T1)	Femur (F1) + Tibia (T1)
Männer		$K = 1,88(F1)+80,0 \pm 3,3$	$K = 2,38(T1)+76,5 \pm 3,5$	$K = 1,22(F1)+1,08(T1)+70,2 \pm 3,0$
Frauen*		$K = 1,95(F1)+71,6 \pm 3,3$	$K = 2,35(T1)+73,6 \pm 3,3$	$K = 1,12(F1)+1,13(T1)+68,4 \pm 3,1$
Ind. 3	634-24	157,08 ± 3,3	(-)	(-)
Ind. 4*	634-13	142,58 ± 3,3	(-)	(-)
Ind. 7	635-4	169,49 ± 3,3	(-)	(-)
HR I.8*	633-33	146,68 ± 3,3	146,92 ± 3,3	146,78 ± 3,1
Ind. 19	633-79	156,89 ± 3,3	(-)	(-)
Ind. 21*	634-58	146,87 ± 3,3	145,51 ± 3,3	146,21 ± 3,1
HR	633-51	161,97 ± 3,3	(-)	(-)
HR	633-52	163,47 ± 3,3	(-)	(-)
HR	633-77	163,28 ± 3,3	(-)	(-)
HR	633-91	157,46 ± 3,3	(-)	(-)

Tab. 5.12 Rekonstruktion der Körperhöhe an Langknochen der rechten unteren Extremität (Ausnahme HR I.8) nach durch RÖSING (1988) modifizierten Formeln von PEARSON (1899); Mittelwerte für Männer (F1 = 45,1; T1 = 36,9); Mittelwerte für Frauen (F1 = 41,2; T1 = 33,6); * Formeln und Ergebnisse für die Frauen.

Männer	Position	$K = 2,15(F1)+72,6 \pm 3,9$
Ind. 3	634-24	160,75 ± 3,9
Ind. 7	635-4	174,94 ± 3,9
Ind. 19	633-79	160,54 ± 3,9
HR	633-51	166,34 ± 3,9
HR	633-52	168,06 ± 3,9
HR	633-77	167,85 ± 3,9
HR	633-91	161,40 ± 3,9

Tab. 5.13 Rekonstruktion der Körperhöhe an rechten Femora nach TROTTER & GLEESER (1958); Langknochen-Mittelwerte für Männer durch RÖSING (1988) rückgerechnet (F1 = 44,7; T1 = 36,5).

geringen Stichprobengröße von elf Erwachsenen kann die ermittelte durchschnittliche Körperhöhe für die Individuen aus Mebrak nur hinweisenden Charakter besitzen. Von den sieben Messdaten für Männer liegen zwar auch nur für drei Individuen sichere Geschlechtsdiagnosen vor, jedoch lässt die absolute Länge der übrigen untersuchten Femora darauf schließen, dass sie mit hoher Wahrscheinlichkeit zu männlichen Individuen gehörten. In der Regel entsprechen die nach Langknochen der unteren Extremität rekonstruierten Körperhöhen am ehesten den realen Gegebenheiten in einer Bevölkerung. Im Mittel beträgt die Körperhöhe der Männer von Mebrak etwa 161,4 cm (nach PEARSON 1899; **Tab. 5.12**) bzw. 165,1 cm (nach TROTTER & GLEESER 1958; **Tab. 5.13**) für die sieben gemessenen Individuen.

Ungewöhnlich ist die hohe Variation zwischen 156,9 cm und 169,5 cm (PEARSON 1899) resp. 160,5 cm und 174,9 cm (TROTTER & GLEESER 1958), wenn man die absoluten Zahlen zugrunde legt. Die Variation ist jedoch deutlich geringer und regelt sich auf den üblichen Wert von ca. 7-9 cm Unterschied innerhalb von Bevölkerungen und Geschlecht ein (ALT et al. 2014), wenn man das Individuum (Ind. 7, Position 635-4) mit dem höchsten Messwert aus der Betrachtung herausnimmt. Interessanterweise handelt es sich bei diesem Mann, der deutlich größer als der sonstige Durchschnitt der männlichen Bevölkerung ist, nicht nur um das älteste ¹⁴C-datierte Individuum in der Höhle, sondern auch um den einzigen unter sieben Männern mit einem langgestreckten schmalen Schädel, gegebenenfalls also um einen

Gruppe	Herkunft	Untersucher	Stichprobe	Mittlere Körperhöhe
Ciangapa	Ladakh	Dainelli 1913/14+	47	162,1
Ladakhi	Ladakh	Dainelli 1913/14+	47	164,1
Purighi	Baltistan	Dainelli 1913/14+	47	159,7
Baltis	Baltistan	Dainelli 1913/14+	147	162,2
Ladakhi	Ladakh	Dainelli 1930++	50	165,3
Ladakhi	Ladakh	Troll 1890	22	163,5
Purighi	Baltistan	Troll 1890	11	158,5
Baltis	Chorbad/B.	Cunningham 1854	(-)	154,7
Baltis	Parkuta/B.	Cunningham 1854	(-)	161,3
Baltis	Skardu/B.	Cunningham 1854	(-)	158,2
Ladakhi*	Ladakh	Cunningham 1854	(-)	165,6
Ladakhi**	Ladakh	Cunningham 1854	(-)	156,2

Tab. 5.14 Mittlere Körperhöhen von Männern tibetischer Gruppen aus Ladakh und Baltistan (alle Daten nach BERNHARD 1991,171); + Expedition 1913/14, Publikation DAINELLI & BIASUTTI 1925; ++ Expedition, Publikation 1932; * Landbesitzer, ** soziale Unterschicht.

„Fremden“. Für drei Frauen (Ind. 4, HR I.8 und Ind. 21) konnten ebenfalls die rekonstruierten Körperhöhen ausgewiesen werden, wobei die Einzelwerte sehr dicht beieinanderliegen. Im Mittel beträgt die Körperhöhe (n. PEARSON 1899) der Frauen etwa 146,0 cm. Ein Individuum (HR I.5) mit einem vergleichsweise langen Femurmaß (410 mm) weicht deutlich von den anderen weiblichen Werten ab. Die morphologischen Merkmale am Becken weisen zwar auf ein weibliches Individuum hin, jedoch basiert diese Bestimmung lediglich auf *in situ* Fotos (vgl. Abb. 5.6a). Aus diesen Gründen wurde das Individuum aus der Betrachtung der Körperhöhenrekonstruktion der Frauen herausgenommen.

Direkte metrische Vergleichsdaten zur Körperhöhe sind aus dem Himalaya selten (BERNHARD 1991; 1993; BOWLES 1977; FIELD 1970). Durch Expeditionen im westlichen Himalaya und Karakorum konnte G. Dainelli (1913/14) mittlere Körperhöhen von Männern verschiedener tibetischer Gruppen aus Baltistan und Ladakh (Kashmir) zusammenstellen (DAINELLI & BIASUTTI 1925; DAINELLI 1932; **Tab. 5.14**). Es wird deutlich, dass sich die Daten aus der Hochgebirgsregion von Mustang (Mebrak) gut in das Spektrum dieser Variabilität einpassen. Deutliche Unterschiede bestanden und bestehen zwischen sozialen Schichten, außerdem muss bei jüngeren bzw. rezenten Daten (DAINELLI 1932) ein säkularer Trend konstatiert werden, wie er generell auch bei europäischen und anderen außereuropäischen Bevölkerungsgruppen der jüngeren Vergangenheit und Gegenwart beobachtet wird.

Deutlich aktueller ist das zum Vergleich herangezogene Datenmaterial aus den Anden (BOGIN 2001; DITTMAR 1994; HAAS et al. 1980; ROCHE & SUN 2003; WANNER 2003), worüber auch bessere Hintergrundinformationen vorliegen. BOGIN et al. (1992) beobachteten durchschnittliche Körperhöhen bei rezenten männlichen Maya aus Guatemala von 158,7 cm, MUELLER et al. (1980) von 162,0 cm bei Aymara in Bolivien. Dies bestätigen DITTMAR (1994) für rezente Aymara aus Bergregionen Perus, Boliviens und Chiles (mittlere Körperhöhe für Männer 161,4 cm) in Höhen zwischen 3850-4100 m Höhe bzw. WANNER (2003) für historische Maya (Xcambó) aus Yukatan (Mexiko) (mittlere Körperhöhe für Männer 162,2 cm, für Frauen 149,6 cm). Nach WANNER (2003) zählen die Maya zu den kleinsten Populationen der Welt mit einer durchschnittlichen Körperhöhe von 155 cm für die Männer und 143 cm für die Frauen (DANFORTH 1999). Die höhere mittlere Körperhöhe der Männer aus Xcambó (162,2 cm) lässt sich am oberen Ende der Streuungsspanne klassischer Mayapopulationen einordnen, was über den Zugang zu marinen Nahrungsquellen erklärt wird.

Es ist gut bekannt, dass die menschliche Körperhöhe ab einer bestimmten geographischen Höhe über dem Meeresspiegel sinkt: „*Infants and children who live at high altitudes in developed countries tend to be small*“ (ROCHE & SUN 2003, 165). Diese Einschätzung teilen auch HAAS et al. (1980), die enge Zusammenhänge zwischen der geographischen Höhe über Normal Null (üNN), der Populationszugehörigkeit und dem Geschlecht

fanden. LINDSAY et al. (1994) berichten von amerikanischen Schulkindern, die bis zu einer Höhe von 1200 m üNN normal wachsen, in Höhen über 1500 m üNN aber ein Minderwachstum bis zu etwa 5 % zur Normalgröße aufweisen (YIP et al. 1988). Gesunde Kinder zwischen 10 und 18 Jahren, die in Bolivien in einer Höhe von ca. 3600 m üNN leben, sind ungefähr 2,5 cm kleiner als ihre Altersgenossen, die auf 1500 m Höhe wohnen (GREKSA et al. 1985). Die rekonstruierten Körperhöhen für die prähistorische Bevölkerung von Mebrak, die in einer Höhe von etwa 3600 m üNN lebte, fügen sich gut in die o. g. Werte für Ethnien aus anderen Teilen der Welt ein, die ebenfalls in Bergregionen über 3000 m Höhe leben. Vergleicht man die rekonstruierten Körperhöhen der Männer aus Mebrak mit Daten aus den Anden und geht von einer ähnlichen Körperhöhe aus, scheinen die nach PEARSON (1899) ermittelten niedrigeren Körperhöhen eher die Realität widerzuspiegeln als die für rezente Mongolide geltenden Ergebnisse, die nach TROTTER & GLEESER (1958) ermittelt worden sind.

Die Körpergröße eines Individuums wird wie viele andere Merkmale im Wesentlichen durch die Genetik und durch Umwelteinflüsse bestimmt. Während die Genetik die maximal erreichbare Körpergröße steuert, stellt der Einfluss der Ernährung nach Meinung vieler Experten den wichtigsten Umweltfaktor dar (BOGIN 2001; MAYS 1999; ROCHE & SUN 2003). Nach HAIDLE (1997) ist die Körpergröße eines Menschen ein kumulatives Merkmal, das nicht nur singuläre und kurzfristige Unterbrechungen des Wachstums anzeigt, sondern den individuellen Ernährungs- und Gesundheitszustand über die Kindheit und Jugend hinweg dokumentiert. Bei chronischer Unterernährung sollen Ossifikationsstörungen manifest werden, die zeitlich bis zu 20 % hinter den normalen Ossifikationsvorgängen hinterherhinken. Ernährungsbedingte Störungen im Sinne von Mangelernährung ließen sich für Mebrak nicht feststellen. Daher ist nach weiteren Stressoren zu suchen, die für die Ausbildung einer geringen durchschnittlichen Körpergröße infrage kommen. Im vorliegenden Fall spricht vieles dafür, dass das Leben am Rande der Zivilisation, speziell das Aufsiedeln in Höhen weit über 3000 m, die Hauptursache für eine Reduktion der Körperhöhe darstellt. Durch eine Reihe von Untersuchungen ist bekannt, dass neben der Ernährung auch Kälte und respiratorische Hypoxie (eine verminderte bis unzureichende Sauerstoffversorgung) zu den Stressoren gehören, die in Höhen über 2500 m Veränderungen in Wachstum und Entwicklung

(z. B. niedriges Geburtsgewicht, reduzierte Körperhöhe) hervorrufen.

Populationsgenetische Untersuchungen zur Klärung der Frage nach der geographischen Herkunft der Bestattungen aus der Höhle in Mebrak waren in den 1990er Jahren durch die schlechte Erhaltung der DNA nicht zu realisieren (BURGER et al. 1999). Als mögliche Alternative, um herauszufinden, wer diese Menschen waren, die im ersten Jahrhundert vor der Zeitenwende ihr Leben am Rande der Zivilisation in den Bergen in Nepal fristeten, bot sich die Osteometrie an. Wie bereits oben ausgeführt, ist die Validität solcher Untersuchungen heute umstritten, aber in Ausnahmefällen bei entsprechender Fragestellung und vorsichtiger Interpretation gerechtfertigt. Doch welche Informationen kann die osteologische Methodik bei der Charakterisierung von Bevölkerungen und beim Populationsvergleich überhaupt liefern? Um die Dynamik bevölkerungsbiologischer Prozesse zu erfassen, sind metrische Merkmale mit Sicherheit keine Option. Wo sie jedoch helfen können, ist bei der Einschätzung wichtiger Entwicklungstrends (Grazilisierung, Akzeleration), beim Aufzeigen adaptiver Vorgänge (Klima) sowie bei der Feststellung struktureller Unterschiede innerhalb und zwischen geographisch weit auseinanderliegenden Gruppen.

Menschliche Bevölkerungen zeichnen sich durch eine hohe individuelle Variabilität ihres Phänotyps aus, wobei die Ursachen für das Auftreten von Unterschieden im Erscheinungsbild zum größten Teil in der genetischen Variabilität liegen (CAVALLI-SFORZA & CAVALLI-SFORZA 1996). Aufgrund von Selektionsprozessen während der Menschheitsgeschichte lassen sich Populationen durch einige Ähnlichkeiten und Differenzen in ihrem äußeren Erscheinungsbild kennzeichnen und von anderen Populationen abgrenzen (z. B. Nord-/Südeuropäer; Asiaten/Europäer). Die verschiedenen Ausprägungsgrade der Variabilität innerhalb von Gruppen, durch die sich Mongolide, Europide und Negride unterscheiden, kommt durch das Zusammenwirken bestimmter populationsgenetischer Mechanismen zustande (z. B. Selektion, genetische Drift, Migration). Die Durchführung metrischer Studien zum Aufzeigen von Ähnlichkeitsbeziehungen bzw. von Gruppenunterschieden hat daher eine gewisse Berechtigung. Der Umgang mit den metrischen Daten verlangt allerdings eine sorgfältige Abwägung der gewonnenen Aussagen unter Berücksichtigung mikroevolutiver bzw. bevölkerungsdynamischer Prozesse.

Ind.	1	3	4	5a	6	7	9	10	15	18	18a	19	20	21	22	23	27
Maß	w?	m	w	m	m	m	w	w	w?	m	w?	m	m?	w	m?	w	w
01	181	186	175	184	176	186	181	182	189	182	178	186	178	186	184	181	(175)
05	wt	wt	97	104	99	wt	(95)	92	(98)	wt	wt	104	wt	wt	wt	92	wt
06	wt	wt	(-)	(-)	25	wt	25	24	22	wt	wt	25	wt	wt	wt	18	wt
08	(138)	148	131	138	144	137	137	142	139	140	142	145	146	(140)	138	138	139
09	101	100	95	93	101	92	(92)	91	100	(95)	107	94	96	(96)	83	98	(91)
10	(131)	(131)	113	114	120	wt	wt	117	118	(116)	130	112	122	wt	wt	119	wt
11	wt	(126)	116	121	125	126	123	128	121	(125)	130	128	129	wt	129	124	121
12	(-)	wt	106	110	113	wt	(110)	107	102	(112)	114	106	(117)	wt	wt	117	104
13	106	(108)	103	103	102	109	102	103	101	(107)	wt	103	(101)	wt	(106)	98	97
17	wt	wt	129	130	124	wt	127	130	122	wt	wt	137	wt	wt	wt	126	wt
20	wt	(109)	96	105	97	111	110	110	105	(120)	wt	114	wt	wt	117	96	111
26	wt	wt	120	124	120	wt	wt	125	122	(122)	127	(127)	121	wt	wt	123	wt
27	wt	wt	133	132	126	wt	wt	142	130	(134)	130	(134)	(127)	wt	wt	(-)	wt
28	wt	wt	118	118	90	wt	wt	68	62	94	78	(80)	(78)	wt	wt	(-)	wt
40	wt	wt	(89)	99	97	wt	99	90	102	wt	wt	101	wt	wt	wt	91	wt
43	110	111	105	111	112	107	(103)	99	111	107	114	110	108	(99)	106	113	(109)
44	98	99	94	100	102	100	97	91	101	(102)	100	103	100	97	97	91	102
45	133	145	127	139	139	(136)	(133)	133	133	(142)	(139)	138	139	(128)	134	129	(137)
46	101	109	100	109	103	(108)	102	98	107	(108)	102	102	110	(102)	106	97	106
47	120	(118)	(-)	(-)	117	113	(-)	(-)	(-)	115	(-)	(-)	111	111	124	(-)	(108)
48	(78)	(76)	(66)	72	71	73	(70)	67	72	68	69	76	67	69	81	68	(67)
50	27	(28)	25	28	26	25	(25)	19	(28)	21	28	28	(20)	25	25	24	(-)
51	38	(42)	39	40	41	41	39	38	(38)	41	39	39	42	38	41	38	39
52	33	(34)	36	33	36	36	33	34	34	35	34	34	(31)	34	34	33	(34)
54	35	27	26	29	27	26	24	25	28	25	28	30	26	28	28	24	wt
55	(54)	(56)	47	54	52	54	(48)	50	50	48	51	54	47	41	55	50	wt
60	(55)	(52)	(-)	57	55	wt	56	(52)	56	wt	wt	56	wt	wt	55	52	wt
61	64	66	(-)	65	67	66	62	62	61	wt	wt	67	wt	wt	65	63	wt
65	(122)	(132)	(-)	(-)	119	wt	(-)	(-)	(-)	wt	wt	(-)	wt	wt	(122)	(-)	(116)
66	94	(107)	(-)	(-)	(99)	104	(-)	(-)	(-)	(97)	100	(-)	98	wt	100	(-)	96
68	82	78	(-)	(-)	83	wt	(-)	(-)	(-)	wt	wt	(-)	wt	wt	82	(-)	wt
69	(32)	(25)	(-)	(-)	32	30	(-)	(-)	(-)	31	32	(-)	31	34	34	(-)	(31)
70	(65)	(70)	(-)	(-)	65	wt	(-)	(-)	(-)	wt	wt	(-)	wt	wt	61	(-)	wt
71	37	37	(-)	(-)	34	34	(-)	(-)	(-)	33	34	(-)	wt	35	33	(-)	31
79	118G	114G	(-)	(-)	112G	wt	(-)	(-)	(-)	wt	(-)	(-)	wt	wt	119G	(-)	wt

Tab. 5.15 Osteologische Messwerte an Schädel und Kiefer der Erwachsenen mit Ausnahme der Individuen 29 und 33, die nur jeweils durch einen Unterkiefer repräsentiert werden (n. MARTIN 1914); wt = wegen Weichteilbedeckung nicht zu erheben; (-) Maß nicht zu erheben, z. B. fehlender Unterkiefer; Maße in Klammern rekonstruiert.

Ausgangspunkt der folgenden Betrachtungen sind metrische Merkmale am Schädel der Erwachsenen aus Mebrak (**Tab. 5.15**). Die weltweit hohe Variationsbreite des Längen-Breiten-Index des Schädels schließt dessen Eignung zur Einschätzung von Herkunft und Populationszugehörigkeit aus. Allenfalls zur Frage der Homo- bzw. Heterogenität innerhalb einer Bevölkerung lässt sich das Merkmal nutzen. Alle Maße müssen grundsätzlich für Männer und Frauen getrennt erfasst und bewertet werden. Aufgrund der guten Erhaltungsbedingungen konnten an den Mumien aus Mebrak relativ viele metrische Merkmale am Schädel erhoben werden. Wir möchten aus den oben geschilderten Gründen jedoch nur diejenigen Auswertungshinweise aufgreifen, die Auffälligkeiten bzw. Tendenzen auf eine kaukasische bzw. asiatische Herkunft aufzeigen und dabei helfen könnten, die Bevölkerung von Mebrak geographisch zu charakterisieren.

Die Form des Schädels ließ sich für 17 Erwachsene (neun Frauen, acht Männer) erheben. Die Datenbasis ist aus statistischer Sicht dürftig und entbehrt jeglicher Absicherung, weshalb vorgefundene Auffälligkeiten allenfalls als Tendenzen verstanden werden dürfen. Bei beiden Geschlechtern ist die Variationsbreite der Schädel ausgesprochen niedrig, so dass sie den Eindruck einer homogenen Gruppe vermitteln. Allerdings befindet sich unter den Männern das einzige Individuum mit einer abweichenden Schädelform (Ind. 7, Position 635-4). Wegen weiterer Auffälligkeiten bei diesem Individuum wurde bereits über dessen eventuell „fremde“ Herkunft gemutmaßt. Von den darüber hinaus untersuchten Gesichtsmarkern lässt sich festhalten, dass sie hinsichtlich Form und Größe beträchtlichen Schwankungen unterliegen. Lediglich ein spezifisches Merkmal, die Jochbogenbreite, weist als

Breitendimension des Gesichts mehr als deutliche Unterschiede zu europäischen Populationen auf. Hinsichtlich der Breite der Jochbögen werden die Männer wie die Frauen aus Mebrak nur von Inuitgruppen und nordamerikanischen Indianern übertroffen (HRDLICKA 1902). Mit der Jochbogenbreite scheint damit ein Indiz dafür gefunden, die Bestattungen aus dem Höhlengrab von Mebrak bevölkerungsbiologisch eher in einen mongoliden statt einen europiden Formenkreis einzuordnen. Angehörige der Gurung, einer großen indigenen ethnischen Gruppe, die noch heute im Mustang Gebiet des Annapurna, Nepal, siedeln und seit 1816 u. a. das Gurkha Regiment der britischen Armee in Indien stellten, sollen morphologisch gewisse Ähnlichkeiten mit der Bevölkerung aus Mebrak aufweisen (PARKER 2005).

Zuletzt fanden durch eine amerikanische Arbeitsgruppe um Mark S. Aldenderfer, Kalifornien, USA, genetische Populationsstudien an verschiedenen Gruppen aus dem Himalaya statt, darunter auch die Individuen aus Mebrak (JEONG et al. 2016; ALDENDERFER & ENG 2016). Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden insgesamt acht Individuen aus der Region positiv typisiert, wovon drei Individuen aus dem Höhlengrab von Mebrak stammen. Das Ergebnis wird wie folgt zusammengefasst: „Using high-coverage, consensus full mtDNA genome sequences, we next inferred haplogroup assignment for each Annapurna Conservation Area (ACA) individual. All eight individuals are assigned to haplogroups reported to be present in contemporary Nepalis and/or Tibetans and rare or absent in present-day Indian and Pakistani populations“ (JEONG et al. 2016, 7487). Damit bestätigen die vorgelegten Genomdaten die morphologischen Bestimmungen, wonach die Individuen aus Mebrak einen asiatischen Ursprung haben.

5.6 Paläopathologie und Paläoepidemiologie

Kurt W. Alt & Nicole Nicklisch

Aufgabe der Paläopathologie ist die Erforschung der Krankheiten und der Todesursachen von Menschen aus ur- und frühgeschichtlichen sowie historischen Perioden (AUFDERHEIDE & RODRIQUEZ-MARTIN 1998; COX & MAYS 2000; ORTNER 2003; ORTNER & PUTSCHAR 1981; SCHULTZ 1982). Gegenstand der Untersuchung sind primär Skelettreste aus archäologischen Ausgrabungen, gelegentlich auch Mumien oder Moorleichen.

Der Paläopathologe erfasst die krankhaften Veränderungen am Skelett einzelner Individuen und gewinnt daraus Informationen über die untersuchte Bevölkerung. Krankheiten hinterlassen überwiegend charakteristische Spuren am Skelett. Sie machen nur einen geringen Anteil der möglichen Erkrankungen aus, dennoch erlauben sie tiefgreifende Einblicke in das Erkrankungsspektrum ehemaliger Bevölkerungen. Darüber hinaus liefern sie Kenntnisse über die Lebens- und Arbeitsbedingungen (z. B. degenerative Veränderungen) sowie die Konflikthäufigkeit (z. B. Traumata) in der Vergangenheit. Krankheiten und Verletzungen differieren in ihrem Vorkommen bei Männern und Frauen sowie subadulten Individuen und sind zudem stark kulturell geprägt (ROBERTS & MANCHESTER 2005). Wirtschaftliche und soziale Umstände etwa sind dafür verantwortlich, dass sich bei Jägern und Sammlern andere Verletzungen als in bäuerlichen Kulturen finden. Auch aus der Art der Behandlung sind Rückschlüsse auf frühere Zeiten zu gewinnen (ALT 2005).

Wissenschaftlich geprägte Paläopathologie ist nicht ohne weitreichende Kenntnisse der Medizin zu betreiben. Absolut notwendig für die Diagnostik ist der Zugang zu klinischen bildgebenden Verfahren (ALT & RÜHLI 2010; CHHEM & BROTHWELL 2008). Viele Krankheiten sind ohne weitere Hilfsmittel bereits makroskopisch sichtbar. Andere Erkrankungen sind weniger eindeutig und verlangen zu ihrer differentialdiagnostischen Eingrenzung die Einbeziehung röntgenologischer, computertomographischer, histologischer und histochemischer Verfahren. Durch den Einsatz modernster bildgebender Verfahren gestatten paläopathologische Befunde heute weit mehr als nur Verdachtsdiagnosen. Durch die Einbeziehung archäologischer Befunde, sozial- und umweltrelevanter Daten und Fakten tragen paläopathologische Befunde wesentlich dazu bei, aussagefähige Informationen über die Lebensweise und die Lebensbedingungen unserer Vorfahren zu

gewinnen (ALT 2009a). Darüber hinaus helfen sie, Fragen nach alters- und geschlechtstypischen Krankheiten zu beantworten und lassen bei entsprechenden Stichprobengrößen auch epidemiologische Aussagen zu.

Die weit überwiegende Mehrzahl der an (prä)-historischen Skelettresten diagnostizierbaren Krankheiten existiert auch heutzutage. Unterschiede bestehen vielfach in der Häufigkeit des Auftretens und gegebenenfalls auch in der Pathogenität. Manche, in der Vergangenheit unbehandelt gebliebene Erkrankung zeigt stärkere Ausprägungen der sie charakterisierenden Befunde, als wir sie heute klinisch zu Gesicht bekommen, das eine oder andere Krankheitsbild hat sich gewandelt. Eine historisch sehr schwierig zu diagnostizierende Erkrankung ist beispielsweise der Skorbut, der Spuren am Knochen hinterlässt, die sehr leicht mit anderen Krankheiten verwechselt werden können (ORTNER et al. 2001).

Gebiss und Zähne überdauern nach dem Tode eines Individuums im Boden länger als die übrigen Teile des Skelettes, weshalb in der Regel eine Fülle an paläopathologischen Zahnbefunden (z. B. Karies, Parodontopathien, Entzündungen) diagnostiziert werden kann (LUKACS 1989; HILLSON 1996; LARSEN et al. 1991; ALT 1997a; ALT et al. 2008a). Auch der Schädel und die Langknochen erlauben je nach Erhaltungszustand die Feststellung umfangreicher pathologischer Befunde. Zu den Krankheiten, die fast regelmäßig diagnostiziert werden können, gehören vor allem Frakturen, Entzündungen, Knochentumore, degenerative Erkrankungen an den Gelenken und der Wirbelsäule, Entwicklungsstörungen des Skelettsystems, Mangel- und Infektionskrankheiten sowie ernährungs- und umweltbedingte Erkrankungen (BROTHWELL & SANDISON 1967; ORTNER 2003). Zusammengenommen erlauben diese Befunde tiefe Einblicke in das Krankheitspektrum einer Bevölkerung. Einige von anderen Organsystemen ausgehende Krankheiten (z. B. Tuberkulose, Metastasen) lassen sich sekundär am Knochen beobachten (RÜHLI et al. 2005; CZARNETZKI 1996).

Skelettmaterial ist eine unverzichtbare biohistorische Quelle ersten Ranges und erlaubt, einerseits individuelle Schicksale nachzuzeichnen, andererseits aber auch Rückschlüsse auf kollektiver Ebene zu ziehen. Während sich die Paläopathologie der Diagnostik und Beschreibung krankhafter Veränderungen an menschlichen Überresten widmet, zielt die Paläoepidemiologie konkret auf Fragen nach den Ursachen, dem Verlauf und der Verteilung von Krankheiten

und Verletzungen in historischen Bevölkerungen (ALT 2002a,b; HERRMANN et al. 1990; GRUPE et al. 2015). Für die Wissenschaft (Anthropologie, Archäologie, Medizin, Medizingeschichte) sind weniger die auf Individual- als vielmehr die auf Bevölkerungsebene gewonnenen Ergebnisse (Kollektivdaten) von Interesse. Allerdings ist die Frage der Repräsentativität das Kernproblem paläoepidemiologischer Studien schlechthin. Eine wichtige Voraussetzung dafür, dass paläoepidemiologische Studien ein entscheidendes Instrument zur Rekonstruktion der Lebensbedingungen früherer Bevölkerungen werden können, ist die Verknüpfung biologischer, demographischer und sozialgeschichtlicher Daten. Im Verlauf der Menschheitsgeschichte wie im individuellen menschlichen Leben wechseln sich relativ stabile Phasen und Phasen besonderer Belastung und Anforderungen auf physischer und psychosozialer Ebene ab. Gesundheit und Krankheit früherer Bevölkerungen sind stets im Kontext mit den zeitgenössischen sozialen, wirtschaftlichen, ökologischen und kulturellen Lebensbedingungen zu interpretieren. Diese geben die Rahmenbedingungen für das objektive und subjektive Befinden einer Person ab. Gesundheit und Krankheit repräsentieren den erfolgreichen oder vergeblichen Versuch der Anpassung eines Organismus an eine sich stetig ändernde Umgebung.

Die Vorbemerkungen gelten im Besonderen für die hier untersuchte Bevölkerungsgruppe aus Nepal. Die Menschen lebten am Ende des Jahrtausends vor der Zeitenwende im Schatten der Achttausender des Himalaya – auch nach heutigen Maßstäben – am Rande der Zivilisation. Das Leben in Höhen über eintausendfünfhundert Meter stellt ganz bestimmte Voraussetzungen an den Organismus, und es verwundert nicht, dass das Geburtsgewicht der Neugeborenen in Bergregionen niedrig ist und das Wachstum langsamer als im Flachland erfolgt (BEALL 2013; MOORE et al. 1998; BIGHAM et al. 2013). Die durchschnittliche Körperhöhe bleibt daher unter derjenigen in niedrigeren Breiten. Es ist schwierig zu beurteilen – und die menschlichen Überreste liefern keine direkten Hinweise darauf – so viel sei vorweggenommen, dass die Bevölkerung Mebraks in höherem Maß Stresssituationen ausgesetzt war. Stress bedeutet das Unvermögen eines Menschen, eine adäquate Antwort und/oder eine wirksame Reaktion auf bestimmte Anforderungen aus der Umgebung/Umfeld zu finden. Stress charakterisiert demnach das komplexe Verhältnis zwischen Menschen und ihrer Umgebung. Die Reaktionsweise eines Menschen, d. h. sein Umgang mit Stresssituationen,

ist letztlich immer das Ergebnis einer erfolgreichen oder gescheiterten Interaktion zwischen den Belastungen und Anforderungen der Umwelt und den individuellen Gegebenheiten eines Menschen. Letztere setzen sich zusammen aus Genetik, Konstitution, wirtschaftlicher Lage und sozialer Kompetenz. Im Falle der Menschen von Mebrak ist davon auszugehen, dass diese Bevölkerungsgruppe eine adäquate Antwort für die Bewältigung ihrer Lebensumstände gefunden hatte. Das Vorkommen und die Häufigkeit von Erkrankungen, Verletzungen, Entzündungen, angeborenen Veränderungen u. a. m. eröffnet daher die Möglichkeit, etwas über den Gesundheitszustand der Bevölkerung Mebraks während des letzten Jahrtausends vor der Zeitenwende in Erfahrung zu bringen.

Allerdings sind einige Einschränkungen zu machen. Mumifizierte bzw. teilummufizierte Gewebe sind in paläopathologischer Hinsicht anders als normale Skelettreste zu behandeln (AUFDERHEIDE 2003). Einerseits erlauben die den Knochen anhaftenden, trockenen Weichteile Veränderungen festzustellen, die üblicherweise dem Paläopathologen verborgen bleiben, andererseits verdecken Weichteile die Knochen und verhindern damit den Blick auf diejenigen Veränderungen, die sich für gewöhnlich auf deren Oberflächen zeigen (z. B. Auflagerungen, Osteolysen usw.). In jedem Falle ist es sinnvoll, Mumien oder Teile von ihnen grundsätzlich bildgebenden Verfahren zuzuführen (Röntgen, CT), um gegebenenfalls auf diese Weise Einblick in mögliche Krankheitsgeschehen (z. B. Entzündungen, Frakturen) zu erlangen (ALT & RÜHLI 2015). Im Falle von Mebrak gelangten allerdings nur wenige Teile des postkranialen Skelettes (überwiegend isolierte Beine sowie Becken) zur Untersuchung nach Deutschland.

Die nach Deutschland überführten Schädel aus Mebrak wurden systematisch geröntgt und zum Teil auch computertomographisch untersucht, wenn das Auftreten bestimmter Befunde dies zwingend verlangte. Hierzu wurden anterior-posterior (ap) Schädelaufnahmen angefertigt, um die Stirnhöhlen abzubilden, zum anderen dentale Übersichten (Orthopantomogramme) erstellt, die der übersichtlichen Darstellung der Kiefer dienen. Kiefer und Zähne geben aber nicht nur Auskunft über die Erkrankungen in diesem Bereich, sondern sie erlauben auch die Beurteilung anatomischer (epigenetischer) Varianten dentaler Genese (vgl. Kap. 5.7).

Aufgrund der besonderen Ausgangssituation, dass fast nur Schädel von den Individuen vorliegen und diese – wegen der teils anhaftenden

Ind.-Nr.	Sex	Alter	Parodontopathien	Karies	Osteolysen	Hartgewebsdefekte	Sonstige Befunde	vZ / am / pm
1	w?	30-50	pms, Zst	14,15	(-)	Abr (1-2), Eros 36	UK-Frontzähne "dritte Hand"	30 / 1 / 1
2	w?	juvenil	(-)	(-)	(-)	Abr (1)	Nichtanlage 18,48	20 / 0 / 8
3	m	40-60	pmp, Zst, Vert 46,47,27	36, 46, 47, 16, 18	radZy 16 u. Absz	Abr (1-2)	Furkation freiliegend 36, 46; Elongation 18; Engstand OK Nichtanlage 18, 48	22 / 4 / 4
4	w	50-70	(-)	(-)	(-)	(-)	nur OK vorhanden	0 / 0 / 16
5a	m	30-50	(n.b.)	(-)	radZy 16	(n.b.)	nur Oberkiefer	0 / 0 / 16
6	m	30-40	pms, Zst	(-)	(-)	Abr (1-2), Eros 16,26,46	Furkation Molaren freiliegend	13 / 0 / 19
7	m	40-60	pms, Zst Vert 27,28	(-)	(-)	Abr (1-3), Eros 16,26,36,46	Frontzähne „dritte Hand“; Furkation 16,26,36,46 freiliegend	32 / 0 / 0
9	w	40-60	pms, Zst; 26 pal, 17	(-)	(-)	Abr (1-2), Eros 16, 26	nur OK vorhanden; Fraktur 16	12 / 0 / 4
10	w	20-30	pms, 28 Impac	(-)	(-)	Abr (1-2)	nur Oberkiefer; Retention 18,28; Entzündung links	16 / 0 / 0
14	w?	juvenil/ frühadult	(-)	(-)	(-)	Abr (1)	nur Oberkiefer	10 / 0 / 6
15	w?	40-60	pms, Furk 16,17,26,27	25	(-)	Abr (2), Eros 26	nur Oberkiefer; Elongation 16	13 / 0 / 3
18	m	30-50	pmp, Zst; Fenes 23; Dehis 22	(-)	Absz 16; KH re	Abr (1-2); Eros 26,46	Furkation 36,37,46,47 frei- liegend; Fraktur 26,46 und Unterkiefer	11 / 2 / 19
18a	w?	20-40	pmp, Zst; Vert	(-)	Absz 36,47	Abr	(-)	7 / 20 / 5
19	m	40-60	pms, Zst	(-)	(-)	Abr (1-2); Eros 16,26	nur Oberkiefer; Exostosen Kiefergelenk beidseitig	16 / 0 / 0
20	m?	30-50	pms, Zst	(-)	(-)	Abr (1-2); Eros 36,46	Furkation 36,37,46,48; Zähne als "dritte Hand" 11,15,24; Impaktation 48	32 / 0 / 0
21	w	30-50	pms, Zst	(-)	(-)	Abr (1-2), Eros 16, 26, 36, 46	48 Kippung	28 / 1 / 3
22	m?	30-50	pmp, Zst; Vert 43, 44, 47, 48, 25, 26	15, 25, 16, 26	Gran 16	Abr (1-4)	Elongation 42,37; Entzündung Oberkiefer rechts; "dritte Hand" Frontzähne; Nichtanlage 38	29 / 2 / 1
23	w	20-30	(n.b.)	(-)	radZy 12	(n.b.)	Fraktur 11; Fraktur Oberkiefer	1 / 1 / 14
27	w	30-50	pms, Vert 47, 17, 18, 27, 28	(-)	(-)	Abr (1-2), Eros 16, 26, 36, 46	Nichtanlage 38	24 / 1 / 6
29	?	30-50	pmp, Zst;	(-)	(-)	Abr (1-2)	Furkation 36,46	13 / 0 / 3
30	?	juvenil	pms, Zst;	(-)	(-)	Abr (1-2)	Furkation 75; Nichtanlage 35,45	8 / 0 / 8
32	?	juvenil	(-)	(-)	(-)	Abr (1-2)	Persistenz 75	8 / 0 / 8
33	?	30-50	pmp, Zst;	47,48	(-)	Abr (1-2)	Furkation 36, 46; nur Unterkiefer	3 / 1 / 12

Tab. 5.16 Pathologische Befunde an Kiefer und Zähnen der Erwachsenen und Jugendlichen (vgl. Tab. 5.9); Parodontopathien; pms = *parodontitis marginalis superficialis*; pmp = *parodontitis marginalis profunda*; Fenes = Fenestration; vert = vertikal; pal = palatinal; Zst = Zahnstein; Furk = Furkation; Dehis = Dehiszenz; Karies: Zähne n. internat. Nomenklatur; Osteolysen = periapikale Entzündungen u. Abszesse: Absz = Abszess; radZy = radikuläre Zyste; Gran = Granulom; Hartgewebsdefekte = Abrasion, Attrition, Erosion; Sonstige Befunde: vZ = vorhandene Zähne, am = Zahnverlust *ante mortem*, pm = Zahnverlust *post mortem*; weitere Erklärungen im Text.

Haut - nur unvollständig oder röntgenologisch zu begutachten waren, ist der Gesamtumfang an paläopathologischen Befunden im vorliegenden Fall relativ begrenzt. Normalerweise häufig auftretende Pathologika, wie unspezifische Entzündungen oder Mangelerscheinungen, die primär makroskopisch an den Knochenoberflächen befundet werden, waren hier nicht zu erheben. Erfasst werden konnten dagegen vor allem die für die bildgebenden Verfahren gut zugänglichen traumatischen und sonstigen Veränderungen am Schädel, die Erkrankungen der Zähne und der sie umgebenden Gewebe sowie einige wenige Befunde an den Langknochen. Das ist insgesamt gesehen wenig im Vergleich zum Spektrum an Krankheiten, das üblicherweise am (prä)historischen Skelett diagnostiziert werden kann.

Zahn- und Kiefererkrankungen

Aufgrund ihrer Gewebestruktur erhalten sich Zähne bei Bodenlagerung in der Regel besser als alle anderen knöchernen Überreste. Zahn- und Kiefererkrankungen liefern daher besonders viele Erkenntnisse über den Gesundheitszustand eines Individuums zu dessen Lebzeiten (ALT et al. 1998; ALT et al. 2008a; HILLSON 2005). Neben den in der Regel am häufigsten diagnostizierten Erkrankungen Karies und Parodontopathien finden sich spezifische und unspezifische Entzündungen, Tumore, Frakturen, angeborene und erworbene Entwicklungsstörungen, Fehlstellungen der Zähne und Kiefer u. a. m. Das beurteilte Skelettmaterial von Mebrak verhält sich in dieser Hinsicht nicht anders. Aus der mangelnden Mundhygiene in früheren Zeiten resultieren vor allem Erkrankungen am Zahnhalteapparat (Parodontopathien) und an den Zähnen selbst (Karies) sowie Abnutzungserscheinungen der Zahnkronen (Abrasion, Attrition, Erosion). Die **Tab. 5.16** liefert eine Übersicht über die pathologischen Veränderungen an den Kiefern und Zähnen von Erwachsenen, Jugendlichen und Kindern aus Mebrak.

Ein starker Kariesbefall in früheren Bevölkerungen wird in der Regel mit einem hohen Anteil an Kohlenhydraten in der Nahrung gleichgesetzt. Der Abbau der Kohlenhydrate durch Bakterien führt zur Bildung von Milchsäure, welche den Zahnschmelz angreift. Insgesamt 23 Individuen aus Mebrak waren hinsichtlich ihrer Zähne paläopathologisch und -epidemiologisch zu beurteilen. Die Kariesdiagnostik erfolgte zunächst makroskopisch und wurde anschließend röntgenologisch überprüft. Bei den 19 Erwachse-

nen und vier Jugendlichen wären bei vollständiger Erhaltung des Gebisses ($x = 32$) 736 Zähne zu erwarten. Die Gesamtzahl der theoretisch beurteilbaren Zähne in der Bevölkerung von Mebrak beträgt unter Berücksichtigung der Tatsache, dass bei elf Individuen nur jeweils ein Kiefer ($x = 16$) zur Verfügung stand, insgesamt 560 Zähne. Die Anzahl der real vorhandenen Zähne liegt dagegen nur bei 349 (62,3 %). Aufzurechnen sind zusätzlich 33 intravital fehlende Zähne (5,9 %) und 178 Zähne (31,8 %), die entweder postmortal verloren gegangen sind oder (wie bei den vier Jugendlichen die Weisheitszähne) sich noch in der Entwicklung befanden. Bis zu zwei Drittel der Zähne konnten demnach hinsichtlich verschiedener Erkrankungen in der Statistik berücksichtigt werden. Die 178 Zähne, die bei den Erwachsenen eindeutig als postmortal fehlend identifiziert wurden, waren im Hinblick auf das Auftreten von Karies und sonstigen Erkrankungen nicht mehr zu beurteilen.

Ein hoher Kohlenhydratanteil in der Nahrung führte in (prä)historischen Zeiten früher oder später zu kariösen Läsionen im Schmelz und Dentin und bei ausbleibender Behandlung - bis in die Frühe Neuzeit die Regel - aufgrund von Entzündungen der Zahnpulpa zu akuten bzw. chronischen entzündlichen Folgeerscheinungen im Kiefer. Kommt es in diesem Zusammenhang zu Abszessen im Mundbereich, sind gelegentlich - zumindest in der Zeit vor Einführung der Antibiotika (ca. 1950) - lebensbedrohliche Zustände bis hin zu letalen Ausgängen möglich (ALT et al. 2008a). Bei insgesamt fünf betroffenen Erwachsenen mit mindestens einem kariösen Zahn liegt nur eine relativ geringe Anfälligkeit für Karies in Mebrak vor. Im schlimmsten Fall hatte ein Betroffener fünf kariöse Zähne (Ind. 3). Die fünf Individuen mit Karies (Ind. 1, Ind. 3, Ind. 15, Ind. 22, Ind. 33) sind alle im Erwachsenenalter und gehören beiden Geschlechtern an. Insgesamt wurden bei ihnen 14 Zähne als kariös diagnostiziert, wobei am häufigsten ein mittlerer Schweregrad einer Karies profunda angetroffen wird (**Abb. 5.7a,b**). Im Zusammenhang mit der Befundung der kariösen Läsionen stellt sich zwangsläufig die Frage, ob nicht auch die intravital verloren gegangenen Zähne (insgesamt 33 bei den Erwachsenen) in die Gruppe der kariösen Zähne subsumiert werden sollten (s. o.). Mit der nötigen Vorsicht soll versucht werden, im Falle der Zahnkaries die Häufigkeit für das Vorkommen dieser Erkrankung in der Bevölkerung von Mebrak zu bestimmen, wobei jedoch keine weitergehenden Details (z. B. Erkrankungshäufigkeit in

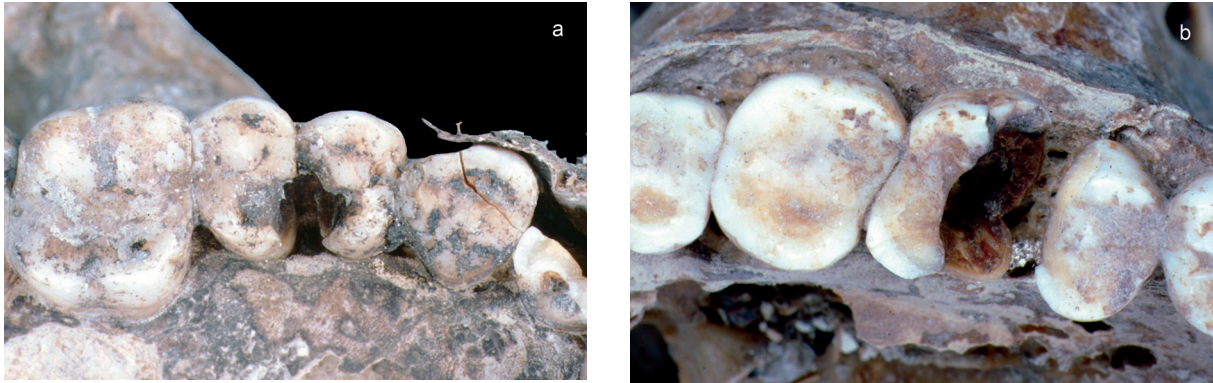


Abb. 5.7 Fortgeschrittene Kariesinfektion (Karies profunda) an zwei Prämolaren (Zahn 14 und 15), a) im rechten Oberkiefer von Individuum 1. b) Auch im rechten Oberkiefer von Individuum 22 ist eine tiefe Kariesläsion an einem Molar (Zahn 16) erkennbar.

den diversen Altersgruppen, geschlechtsspezifisches Auftreten, Verteilung nach Zahngruppen etc.) untersucht wurden. Zum Verständnis der Kariesstatistik sind zunächst zwei Begriffe zu erklären, die als Kariesindizes bekannt sind: Kariesfrequenz und Kariesbefall (ALT 2001).

Der Begriff Kariesfrequenz bezieht sich auf die relative Häufigkeit von Karies befallener Individuen gegenüber der Gesamtzahl der in dieser Richtung beurteilbaren Individuen. Sie drückt den Größenanteil einer Population oder Gruppe aus, die von Karies betroffen ist. Die Kariesfrequenz gibt das Kariesvorkommen als Proportion bei einer bestimmten Bevölkerung oder einer Subgruppe davon an:

$$\text{Kariesfrequenz} = \frac{\text{Anzahl Zahnkaries behafteter Personen}}{\text{Gesamtzahl der Personen}}$$

Sie kann als absolutes arithmetisches Mittel oder als relativer Prozentsatz ausgedrückt werden, indem der Zähler des Bruches mit 100 multipliziert wird. Im Kontext der diachronen Veränderung der Karies über die Zeit spricht man auch von Inzidenz (Befallshäufigkeit).

Der Begriff Kariesbefall bzw. Kariesintensität bezieht sich dagegen auf die relative Häufigkeit kariöser gegenüber der Anzahl erhaltener Zähne. Der Begriff bezieht sich also auf den Gesamtumfang an Kariesläsionen bei einem Individuum (inklusive der durch Karies bedingten Extraktionen, was natürlich nur beim Lebenden exakt hinterfragt werden kann). Aus diesem Grunde wird in den meisten Fällen bei der Untersuchung (prä)-historischer Individuen darauf verzichtet, die intravital verloren gegangenen Zähne unter die kariösen zu subsumieren. Damit ergibt sich u. a. das Problem, das rezente und historische Daten nicht miteinander verglichen werden können. Der

Kariesbefall gibt die Befallsquote als Proportion zwischen kariösen und erhaltenen Zähnen an:

$$\text{Kariesbefall} = \frac{\text{Zahl der kariösen (und extrahierten) Zähne}}{\text{Zahl der erhaltenen Zähne}}$$

Die Kariesintensität kann wiederum als absolutes arithmetisches Mittel oder als relativer Prozentsatz ausgedrückt werden, indem der Zähler des Bruches mit 100 multipliziert wird.

Ein Problem bei der Benutzung von Kariesindizes besteht darin, dass bisher keine Verständigung über deren Gebrauch existiert, was einen Vergleich zwischen den Daten verschiedener Untersucher schwierig macht. Bezieht man alle Altersgruppen in die Betrachtung der Kariesfrequenz in der Bevölkerung von Mebrak ein, dann liegt diese bei 18,5 % (5/27), was einen sehr niedrigen Wert bedeutet. Lässt man die vier Kleinkinder (Infans I) und damit ausschließlich Milchzähne aus dieser Berechnung heraus, dann beträgt die Frequenz immer noch sehr niedrige 21,7 % (5/23). Für den Kariesbefall in der Gemeinschaft, der sich ausschließlich auf Erwachsene bezieht, sind 4,0 % zu verzeichnen (14 kariöse Zähne bei 349 beurteilbaren Zähnen). Bezieht man die intravitalen Verluste von 33 Zähnen mit ein, steigt der Kariesbefall auf 13,5 % an. Wegen der Altersabhängigkeit der Karies wäre es eigentlich auch unbedingt notwendig, Altersklassen zu bilden und die Karies für die einzelnen Klassen zu berechnen (KÖLBEL 1997), was im Fall von Mebrak wegen der Stichprobengröße weder sinnvoll noch praktikabel schien. Prähistorische Datensätze zur Karies aus der Region bzw. näheren geographischen Umgebung sind nicht bekannt, weder zeitgleiche noch frühere oder spätere Serien. Für die agrargeprägte bronzezeitliche Harappa-Kultur (2500-2000 BC) in der Punjab Provinz,

Pakistan, im Indus hat LUKACS (1992) folgende Daten ermittelt: eine Kariesfrequenz von 43,6 % (17/39) und eine Karieshäufigkeit von 6,8 % (51/751). Die Daten aus der Eisenzeit in Nepal liegen bei der Frequenz deutlich unter diesen Daten aus Pakistan, bei der Häufigkeit ebenfalls niedriger als in der Bronzezeit.

Interessant sind die Daten aus dem 1. Jt. v. Chr. aus Mebrak im Vergleich mit der Gegenwart. In einer internationalen epidemiologischen Rezentstudie zeigt Nepal sowohl bei den Kindern (12-15 J.) als auch bei den Erwachsenen (35-44 J.) einen sehr geringen DMF-T Index (1,2 bzw. 4,3), der bei den Kindern in Süd- und Ostasien nur noch von Pakistan (0,9), bei den Erwachsenen von China (3,3) und Bangladesh (4,1) unterschritten wird (WHO 1996a, b). Im DMF-T Index kommt die Summe der kariösen, fehlenden oder aufgrund von Karies extrahierten und gefüllten bleibenden Zähne zum Ausdruck (ALT 2001). Noch eindrucksvoller sind relativ aktuelle epidemiologische Daten zum bevölkerungsbezogenen Risiko (PAR) für Karies in Nepal (SILVEIRA MOREIRA 2012). In der zugrunde gelegten Studie ist der DMF-T Index von 12 Jahre alten Kindern weltweit erfasst. Die Daten wurden durch das WHO Oral Health Country Area Profile Programme (CAPP) erfasst, entwickelt von der Fakultät für Zahnheilkunde in Malmö, Schweden. Im Vergleich zu den Nachbarstaaten in der South East Asia Region hatten die Kinder in Nepal im Verhältnis zu dem Durchschnitt der Region mit bis zu 74 % das niedrigste Risiko. Ob für das geringere Kariesrisiko in Nepal allein wirtschaftlich-soziale Faktoren und Ernährungsgewohnheiten in Frage kommen oder ob zusätzlich noch (epi)genetische Mechanismen greifen, kann derzeit nicht beantwortet werden. Insofern kann auch kein wirklicher Vergleich zwischen dem Kariesbefall in Nepal im 1. Jt. v. Chr. und heute stattfinden. Vergleichbare Werte für den Kariesbefall in Mebrak finden sich in Mitteleuropa im Neolithikum (CASELITZ 1983; NICKLISCH et al. 2016). Nur ausnahmsweise zeigen Bevölkerungsgruppen aus den letzten zweitausend Jahren solch geringe Kariesintensitäten: eine Bergbaubevölkerung des 12. Jh. aus Sulzburg (5,1 %), Individuen aus dem Dominikanerkloster in Schleswig (4,5 %) oder dem Augustinerkloster in Basel (5,3 %) (ALT et al. 2008b; CASELITZ 1983; ROOS 1973).

Wie die Auswertung der archäologischen Funde und Befunde gezeigt hat, haben wir es in Mebrak mit einer pastoralen Bevölkerung zu tun, die ihr Auskommen in der unwirtlichen Umgebung der Achttausender des Himalaya meisterte. Den Hirten und ihren Familien



Abb. 5.8 Die Ausdehnung des Abszesses im rechten Oberkiefer (Zahn 16) von Individuum 3 lässt sich durch den Mumifizierungsprozess noch sehr gut erkennen.

hat vermutlich nur eine karge pflanzliche Kost aus Sammelpflanzen und eingehandelten Feldfrüchten zur Verfügung gestanden (Kap. 7.1.2), dagegen war ihre Versorgung mit (tierischem) Proteinen durch ihre Herdentiere durchaus gut (Kap. 7.2). Dafür sprechen neben dem niedrigen Kariesbefall auch die relativ geringe Kariesfrequenz von 21,7 %, die niedriger liegt, als man sie in bäuerlichen Gesellschaften zu dieser Zeit erwartet. Die Karieshäufigkeit bewegt sich für Mebrak etwa in Größenordnungen, die CASELITZ (1998) und NICKLISCH et al. (2016) für das Neolithikum angeben (4,0 % bis 7,0 %). Erst ab der mittleren Bronzezeit steigt die Kariesrate langsam aber kontinuierlich bis in die spätrömische Zeit hinein an. Für den Zeitraum kurz vor der Zeitenwende ist nach CASELITZ (1998) ein Kariesbefall von etwa 15 % anzunehmen, der hier bei weitem nicht erreicht wird. Der Befund stützt die Vermutung, dass wir es mit einer pastoral lebenden Bevölkerung zu tun haben.

Als Folgeerscheinungen der Karies treten nach akuter oder chronischer apikaler Parodontitis häufig Entzündungen im Kiefer auf (apikale Granulome, radikuläre Zysten). Im akuten Stadium der Entzündung kann es bei schlechter Abwehrlage darüber hinaus zu Abszessen im Kiefer- und Gesichtsbereich kommen. Unter den Bestatteten in Mebrak befinden sich mindestens sieben Individuen mit acht periapikalen Veränderungen und Zahnabszessen im Kiefer, die vermutlich ursächlich durch eine vorausgegangene Karies entstanden sind (Ind. 3, Ind. 5a, Ind. 18, Ind. 18a, Ind. 22, Ind. 23, Ind. 34). Individuum 18a zeigt entsprechende Veränderungen an zwei verschiedenen Zähnen. Differentialdiagnostisch handelt es sich bei den beobachteten periapika-

len Prozessen um drei radikuläre Zysten, zwei apikale Granulome und drei Abszesse mit Zahnfisteln (WÄCHTER et al. 1992), die in einem Fall (Ind. 18) zum Durchbruch der Entzündung in die Kieferhöhle geführt haben. Bei Individuum 3 ist das ganze Ausmaß einer Osteolyse und Abszedierung an Zahn 16 im Oberkiefer zu beobachten (Abb. 5.8). Zahnabszesse bedeuteten in früheren Zeiten gefürchtete Komplikationen, denn ohne die Möglichkeit des pharmakologischen Einsatzes von Antibiotika werden gelegentlich Todesfälle durch die Nichtbeherrschung aufsteigender (Gehirn) oder absteigender (Bauchfell) Abszesse aufgetreten sein (ALT et al. 2008a).

Interessanterweise gehören fünf der sieben Betroffenen mit periapikalen Veränderungen nicht zu denjenigen Individuen, für die aufgrund spezifischer Befunde an ihren Zähnen Karies diagnostiziert wurde. Der Grund dafür ist einfach: Für Untersucher ist bei postmortal fehlenden Zähnen nicht zu entscheiden, ob diese eventuell kariös waren, es sei denn, sie haben bereits zu



Abb. 5.9 Bukkale Einschmelzung an der Alveole von Zahn 16 im rechten Oberkiefer von Individuum 18.

entzündlich bedingten Osteolysen im Kiefer geführt, die sichtbar sind. So können die Spuren einer Erkrankung – in diesem Fall der Karies – die eigentliche Krankheit überdauern und für den Untersucher durch ihre osteolytischen Veränderungen im Kieferknochen sichtbar werden, was hier der Fall war. Damit steht allerdings fest, dass die Kariesstatistik in zweifacher Hinsicht korrigiert werden muss. Die Kariesfrequenz steigt durch fünf weitere Betroffene auf 43,5 % und der Kariesbefall durch mindestens sechs weitere kariöse Zähne (Ind. 18a zeigt alveolär zwei entzündliche Prozesse, die Zähne sind aber postmortal verloren gegangen) auf 5,7 %. Damit hat sich die Kariesfrequenz verdoppelt, während der Kariesbefall nur leicht angestiegen ist und sich immer noch in moderaten Befallsraten widerspiegelt.

Im vorliegenden Fall ist allerdings nicht berücksichtigt, dass entzündliche Veränderungen im Kiefer auch aufgrund anderer Ursachen auftreten können, nämlich exzessiver Attrition oder Abrasion der Kauflächen. Kann die Sekundäridentinbildung, die einen exzessiven Abbau der okklusalen Zahnschicht begleitet, zeitlich nicht adäquat erfolgen, z. B. weil der Vorgang sehr rasch stattfindet, kann es dabei zur okklusalen Eröffnung der Zahnpulpa und in der Folge aufgrund der sich anschließenden Entzündung der Pulpa zu einer Fortleitung der Entzündung und apikalen Veränderungen im Kieferknochen kommen. Dieser besondere Umstand ist für Mebrak nicht ganz auszuschließen, da teils massive abrasive Hartgewebsveränderungen auf den Kauflächen der Zahnkronen existieren. Das ist im Fall von Individuum 18 aber nicht der Fall, weil die Abrasion an den übrigen Molaren im Gebiss nur moderat auftritt (Abb. 5.9).

Parodontopathien, deren Auftreten stark mit dem Lebensalter korreliert ist, kommen in allen ur- und frühgeschichtlichen Populationen vor. Wie bei der Karies liegt die Primärursache von Parodontopathien in einer fehlenden bzw. nicht adäquaten Mundpflege, darüber hinaus in genetischen und systemischen Faktoren (WALTER & DOMMISCH 2016). Daraus resultieren entzündliche Prozesse im Bereich des Zahnhalteapparates, die bei chronischer Parodontitis schließlich zum knöchernen Abbau des Zahnhalteapparates führen. Verläuft dieser Prozess überdurchschnittlich schnell und ist er von vertikalen Knochentaschen begleitet, sorgt dies gelegentlich für einen vorzeitigen Verlust der Zähne (STROHM & ALT 1998). Bei stark ausgeprägten Parodontopathien kann es auch zu Hyperzementosen an der Zahnwurzel der betroffenen Zähne kommen, d. h. zu einer



Abb. 5.10 Horizontaler Substanzverlust des *Limbus alveolaris* im linken Ober- und Unterkiefer von Individuum 7 als Beispiel für eine leichte Verlaufsform der marginalen Parodontitis.

Überschussproduktion von Zahnzement. Dies ist als kompensatorische Antwort des Körpers zu verstehen, den durch die Parodontitis locker gewordenen Zahn stärker im Kieferknochen zu verankern. Ein direkter Bezug von Parodontopathien zur Ernährung von Menschen besteht nicht, daher darf auch nicht aus dem Vorkommen von Parodontopathien allein auf die Ernährung rückgeschlossen werden. Wie bereits erwähnt, steigen die Häufigkeit und der Schweregrad von Parodontopathien vor allem mit dem Alter und dem Grad der Mundhygiene und nicht so sehr mit der guten oder schlechten Wahl der Nahrungsprodukte. Lediglich indirekt spielt die Ernährung bei Parodontopathien eine Rolle. Eine weiche, klebrige Nahrung begünstigt die Nahrungsretention im Mund und damit Zahnbeläge mehr als eine überwiegend roh ausgerichtete Kost, welche die Selbstreinigung fördert, weshalb die Beschaffenheit der Nahrung eine Begleitursache für das Auftreten von Parodontopathien bilden kann.

Anhaltende basische Bedingungen (z. B. durch proteinreiche Kost) sollen zu einer massiven Zahnsteinbildung führen, wie sie für viele (prä)historische Populationen beschrieben wird (HILLSON 1979). Die Beurteilung von Zahnstein am Skelett ist aus mehreren Gründen problematisch: Fast alle Individuen weisen einen mehr oder weniger hohen Zahnsteinbefall auf, da sich bei fehlender Mundhygiene der Zahnstein auf dem Boden der existierenden Plaque aufbaut. Bodenlagerung, Bergung des Skelettmaterials und Vorarbeiten im Labor (Waschen, Rekonstruktion) führen häufig zum Ablösen des Zahnsteins, so dass den Bearbeiter nur selten die ursprüngliche Situation hinsichtlich des Zahnsteinbefalls bei der Begutachtung

erwartet. Bei den Parodontopathien gibt es mit wenigen Ausnahmen keine Zahnbetterkrankung ohne vorausgehende Zahnbeläge bzw. Zahnstein. Ohne Mundhygiene – in historischen Zeiten die Regel – wies jedes erwachsene Individuum in Abhängigkeit von seinem Alter eine mehr oder weniger fortgeschrittene Parodontopathie auf.

Aufgrund der Vollständigkeit der Bezahnung der vorhandenen Kiefer (wenngleich meist nur der Oberkiefer) war eine Beurteilung des Vorkommens von chronischen Parodontopathien in Mebrak gut möglich. Beurteilungsgrundlage waren der horizontale und vertikale Knochenabbau der Alveolen, der in der Regel in mm Verlust gemessen und festgehalten wird (STROHM & ALT 1998). Gemessen wird von der Schmelz-Zement-Grenze des Zahnes bis zum *Limbus alveolaris*, also dem knöchernen Rand des jeweiligen Zahnfaches auf dem Kieferkamm. Ein Abbau bis 2 mm gilt als physiologisch, alles darüber hinaus als pathologisch. Im Gebiss der Individuen aus Mebrak findet man in Abhängigkeit vom Alter und dem Vorkommen von Zahnstein bei knapp mehr als der Hälfte der Erwachsenen und Jugendlichen eine leichte Verlaufsform der marginalen Parodontitis, bei der es noch kaum zu Substanzverlusten im Bereich des *Limbus alveolaris* gekommen ist und sich der Knochenabbau lediglich horizontal ausgewirkt hat (Abb. 5.10). Lediglich bei sechs Individuen liegt bereits eine *Parodontitis marginalis profunda* vor, bei der deutlich erkennbare Anteile des Alveolarknochens abgebaut sind. Hier finden sich zusätzlich zum horizontalen Knochenabbau in drei Fällen auch vertikale Knochentaschen an mehreren Molaren (Ind. 18a, Ind. 3, Ind. 22) sowie Dehiszenzen und Fenestrationsen an anderen Zähnen. Mit einer Ausnahme (Ind. 18a) handelt es sich in den Fällen mit fortgeschrittener Parodontitis – wie zu erwarten – um ältere (mature) Individuen. Mit acht Betroffenen sind erstaunlich häufig freiliegende Bifurkationen zu beobachten, die meist bilateral an den ersten Molaren vorkommen. Da nicht alle Individuen mit einer *Parodontitis marginalis profunda* nach ihrem Geschlecht zu bestimmen waren, verbieten sich Aussagen über die Geschlechtsverteilung dieser Erkrankung. Epidemiologisch gesehen sind die Häufigkeit und die Stärke der parodontalen Erkrankung in Mebrak eher moderat.

In Abhängigkeit vom Lebensalter finden sich bis weit in die Neuzeit hinein kaufunktionell bedingte Hartgewebsveränderungen durch Demastikation auf den Kauflächen der Zähne, die unter dem Begriff Abrasion bekannt sind. Zurückgeführt werden können diese Prozesse auf

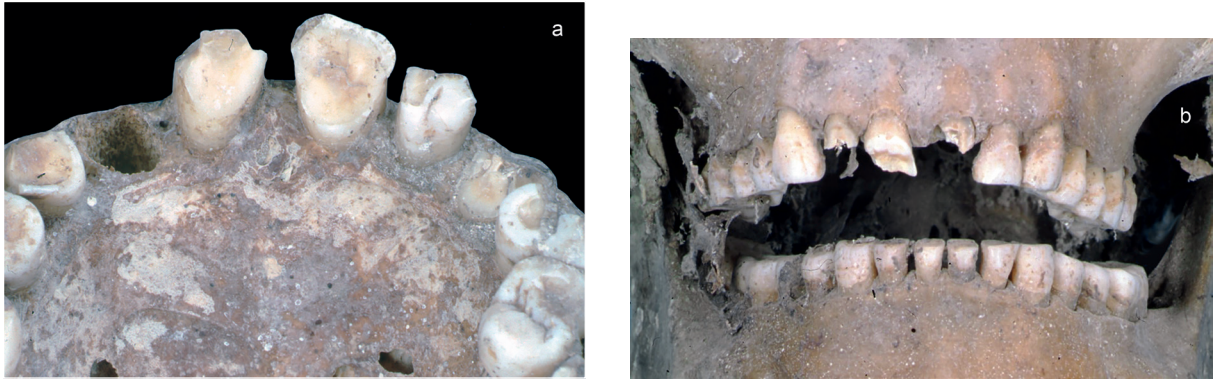


Abb. 5.11 a) Das Individuum 22 weist den höchsten Abrasionsgrad innerhalb des Kollektivs auf.
b) Das Individuum 7 zeigt an den Frontzähnen des Unterkiefers einen stärkeren Abnutzungsgrad als im Oberkiefer.

die Abtragung des Zahnschmelzes aufgrund der Zerkleinerung der Nahrung. Die deutlich intensivere Abnutzung der Zähne im Vergleich zu heute war dadurch verursacht, dass viel weniger weich zubereitete Kost verspeist wurde, teils, wegen der Verunreinigungen in der Nahrung (z. B. durch Steingrus von Mahlsteinen, auf denen in früheren Zeiten Getreidekörner zermahlen wurden), die bei heutigen Produktionsprozessen nicht mehr anfallen. Zwischen Zahnabrasion und Individualalter besteht eine mehr oder weniger direkte Korrelation, wenngleich auch genetische Faktoren wie die Schmelzhärte und -dicke Einfluss auf den Abrieb der Zahnkaufächen nehmen (ALT et al. 2013a).

Die Zahnoberflächen aller Individuen aus Mebrak zeigen zwar Abrasionspuren, doch liegen überwiegend nur leichtere Abrasionsgrade nach ENDRIS (1979) vor, d. h. Schliffacetten im Schmelz (Grad 1) und kleine Dentininseln (Grad 2). Ausnahmen bilden das Individuum 22 (m?/30-50 J.), das vor allem im Frontzahnbereich den höchsten Abrasionsgrad 4 aufweist (**Abb. 5.11a**), jedoch ohne Eröffnung der Pulpa, sowie Individuum 7, das eine deutliche Verminderung der Kronenhöhe im Unterkiefer erkennen lässt (**Abb. 5.11b**), während der Oberkiefer davon weniger betroffen ist. In beiden Fällen könnte es sich um die Folgen eines intensiven Gebrauchs der Zähne als „dritte Hand“ handeln (ALT & PICHLER 1995; 1998). In diesem Zusammenhang gilt es zu beachten, dass sich grundsätzlich unterschiedliche Prozesse, welche für die Hartgewebsverluste der Kaufächen in Frage kommen, überlagern (Abrasion, Attrition, Erosion). Das insgesamt geringe Auftreten höherer Abrasionsgrade in Mebrak kann für die Gesamtbevölkerung nur so interpretiert werden, dass hier spezifische Nahrungsstrategien

verfolgt wurden, wo der Schwerpunkt auf einer möglicherweise gekochten Zubereitung der Nahrung lag. Üblicherweise treten selbst in mittelalterlichen Bevölkerungen unter den Erwachsenen noch hohe Abrasionsgrade auf den Kaufächen der Zähne auf (POWER 1985/86). Wie der Befund von Mebrak zu interpretieren ist, darüber kann nur spekuliert werden. Mechanisch-funktionelle Auswirkungen, d. h. die physikalische Beschaffenheit der Nahrung (grob-fein und roh aufbereitet), sind essentiell für die Entstehung der Abrasion. Grobe, schleifkörperreiche Kost bewirkt durch die Abrasion der Höcker, dass Retentionsstellen nach kurzer Gebrauchsperiode eliminiert werden, rohe, halbrote und harte Kost benötigt zu ihrer Zerkleinerung kräftige und langandauernde Kauarbeit: Die Sekretion der Speicheldrüsen wird verstärkt, was sich mechanisch und biochemisch positiv auswirkt, grobe Kost reinigt als „natürliche Zahnbürste“ die Zahnoberflächen, und weiche, stark aufbereitete und klebrige Kost bewirkt das Gegenteil.

Insgesamt zehn Individuen zeigen auf den Okklusalfächen der ersten Molaren typische Defekte, wie sie üblicherweise durch erosive Prozesse entstehen (**Tab. 5.16**). Die differentialdiagnostisch schwierig zu beurteilenden Befunde sind letztlich ein Spiegelbild unterschiedlichen menschlichen Verhaltens und reflektieren in der Gegenwart die drei Bereiche: Ernährung (z. B. saure Früchte, Drinks), berufliche Aktivität (z. B. Minenarbeiter, Steinmetz, Chemieindustrie) und Habits (z. B. chronisches saures Erbrechen [ALT & PICHLER 1998, 389]). Letzteres wird nicht nur wegen des hochfrequenten Vorkommens auf moderne Populationen beschränkt sein. Andererseits weist das gehäufte Auftreten von Erosionen hier auf eine populationspezifische Eigenart



Abb. 5.12 Schmelzabsprengungen und Frakturen im Schneidekantenbereich der Frontzähne von Individuum 20.

hin. Ob diese nun eher im Ernährungsverhalten begründet liegt – wie in den meisten Fällen – oder doch ein spezielles Aktivitätsmuster widerspiegelt, muss offenbleiben (HICKEL 1989). Eine säureangereicherte Umgebung ist wohl ebenfalls auszuschließen. Schwierig einzuschätzen ist auch die weitgehende Beschränkung der Erosion auf die ersten Molaren. Möglicherweise überlagern sich hier verschiedene Prozesse wie lokal einwirkende Ereignisse, ernährungsbedingte Ursachen und Habits. Auffällig ist in diesem Zusammenhang beispielsweise Individuum 1, das an Zahn 36 eine ungewöhnliche, auf den bukkalen Zahnbereich beschränkte „Erosionsrinne“ aufweist. Der entsprechende Zahn der rechten Seite ist diesbezüglich leider nicht zu beurteilen.

Einfacher scheint die Interpretation bei vier Individuen zu sein, bei denen vor allem im Frontzahnbereich Spuren der Benutzung ihrer Zähne als „dritte Hand“ vorliegen (Individuen 1, 7, 20 und 22). Dabei scheint es sich aber in keinem einzigen Fall um die spezifische Form der Attrition zu handeln, die in der Literatur unter der Bezeichnung *lingual surface attrition of the maxillary anterior teeth* (LSAMAT) bekannt ist (TURNER & MACHADO 1983; ALT & PICHLER 1998). Weit mehr spricht dafür, dass die Zähne als Werkzeug für Tätigkeiten eingesetzt wurden, in deren Folge es zu traumatischen Defekten mit teils erheblichen Schmelzabsprengungen und Frakturen im Schneidekantenbereich der Frontzähne gekommen ist, wie sie WALTON (1996) klassifiziert und beschrieben hat (Abb. 5.12). Bei Individuum 7 beispielsweise ist die Situation zwischen Ober- und Unterkiefer genau umgekehrt wie bei LSAMAT. Hier zeigt die Unterkieferfront einen höheren Grad an Abrasion als die Oberkieferfront, ein bisher in der Literatur nicht beschriebenes Phänomen. Welche

Tätigkeit hier ausgeübt worden sein könnte, ist nicht zu ermitteln. Grundsätzlich stellt der *teeth as tool*-Gebrauch keine Besonderheit dar, sondern findet sich weltweit in unterschiedlichsten Populationen (HANSEN et al. 1985; LARSEN 1985). Die Benutzung der Zähne als „dritte Hand“ wird mit der Sicherung der Subsistenz, der Zubereitung der Nahrung oder mit Verhaltensmustern im „beruflichen“ Kontext in Verbindung gebracht. Forschungsgeschichtlich gesehen ist der Neandertaler dafür bekannt, dass er seine Zähne auf vielfache Art und Weise als Werkzeug eingesetzt hat (WALLACE et al. 1975). Was das Vorkommen von Schmelzdefekten in Form von Aussprengungen an den Schneidekanten bzw. Randleisten angeht, sind die Befunde bei paläolithischen Bestattungen und einigen Individuen aus Mebrak durchaus vergleichbar.

Eine weitere Auffälligkeit im Zusammenhang mit Zahnhartgewebsveränderungen zeichnet In-



Abb. 5.13 Der Oberkiefer von Individuum 27
a) in okklusaler Ansicht und b) die Detailaufnahme des linken Oberkiefers zeigt bei den Zähnen 25 und 26 eine vergleichsweise stärkere Abnutzung der lingualen Kauflächen.





Abb. 5.14 Auffallend stark ausgeprägte Abrasion der bukkalen Kaufläche an Zahn 36 im linken Unterkiefer von Individuum 1.

dividuum 27, einen 30-50 Jahre alt gewordenen Mann, aus. Bei ihm findet man im Zentrum der Kauebene der linken Kieferseite, d. h. bei den Zähnen 25 und 26, einen wesentlich stärkeren Abrasionsgrad als an allen übrigen Zähnen des Gebisses, was möglicherweise auf einen ganz spezifischen Gebrauch der Zähne im linken Oberkiefer hinweist (**Abb. 5.13a,b**). Interessanterweise beschränkt sich bei Individuum 27 – sowie bei Individuum 1 (**Abb. 5.14**) an Zahn 36 – die Abrasion auf einen Teil der Zahnkrone. Kombiniert ist der Befund mit einer relativ starken Abrasion in der Oberkieferfront.

Störungen während des Wachstums des Zahnschmelzes führen zu Schmelzhypoplasien, d. h. zur Mindermineralisation des Schmelzes. Schmelzhypoplasien wurden lange u. a. mit einer Vitamin D-Mangelerscheinung (Rachitis) während der frühen Kindheit in Verbindung gebracht, möglicherweise im Gefolge der Entwöhnung und Umstellung auf eine an Vitamin D arme Erwachsenen diät nach der Stillzeit. Auch vorübergehende Störungen im Zusammenhang mit fiebrigen Infektionserkrankungen, allgemeiner Unterernährung sowie Hypokalziämie können zu Wachstumsstörungen im Schmelz führen (SCHULTZ et al. 1998). Da die Schmelzbildung bereits in der Kindheit abgeschlossen wird, kann man anhand der Schmelzhypoplasien generelle Mangelerscheinungen bzw. den Gesundheitszustand der Kinder in einer entsprechenden Population ableiten (HILLSON 1979). Und da sich die Entwicklung der Zähne außerdem in verschiedenen Zeitabschnitten abspielt, kann anhand der umweltbedingten Hypoplasien eine – individuell variable – Skala von Entwicklungsstörungen in der Kindheit erstellt werden. Daher spricht man heute im Zusammenhang mit der Entstehung von Schmelzhypoplasien eher von Stressfaktoren – zum einen weil man die tatsächliche Ursache

nur sehr selten konkret nachweisen kann, zum anderen, weil der allgemein gehaltene Begriff Stress eine neutrale Form für eine kurzfristige Störung anzeigt, ohne spekulieren zu müssen. Soweit die Zähne bukkal nicht durch Weichteile verdeckt und damit einer Befundung zugänglich waren, konnten keine Schmelzhypoplasien bei den Individuen aus Mebrak diagnostiziert werden. Diachron gesehen kommen Schmelzhypoplasien sowohl in älteren (CARLI-THIELE 1996) als auch in jüngeren (KREUTZ 1997) Epochen der Menschheitsgeschichte in wechselnden Häufigkeiten vor. Für die Absenz oder eine niedrige Frequenz von Schmelzhypoplasien können auch soziokulturelle Gründe geltend gemacht werden. Dazu gehören u. a. lange Stillzeiten, niedrige Kinderzahl und eine aufwändige Pflege der Kinder.

Wegen der Erhaltung der Weichgewebe sind auch im Zahn- und Kieferbereich die dentalen pathologischen Befunde nur eingeschränkt zu erheben. Da die Kiefer nicht geöffnet werden konnten, war eine optimale Diagnostik der Zähne im Seitenzahnbereich erschwert. Die Befunde basieren daher häufig auf Röntgendarstellungen. Bei

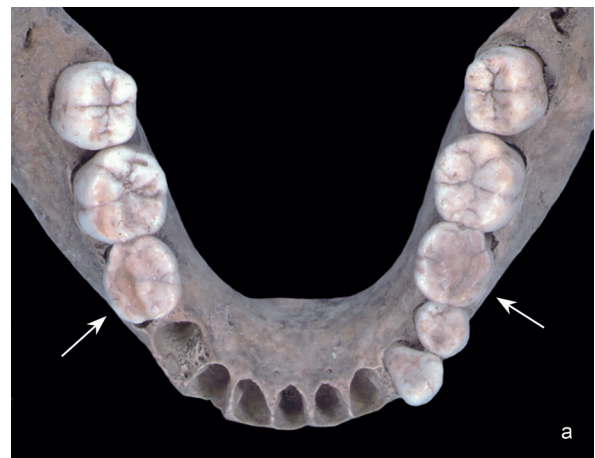


Abb. 5.15 Bilateral ausgeprägte Milchzahnpersistenz a) im Unterkiefer von Individuum 30 in der okklusalen Übersichtsaufnahme und b) in lateraler Ansicht des linken Unterkiefers.



insgesamt sechs Individuen finden wir Nichtanlagen (Aplasie) von Zähnen. Betroffen sind zum einen die Weisheitszähne (Ind. 2, Ind. 3, Ind. 22, Ind. 27), zum anderen die zweiten Prämolaren im Unterkiefer (Ind. 30 beidseits [Abb. 5.15] und Ind. 32 links). Das weist auf mögliche familiär begründete Verbindungen zwischen diesen Individuen hin, weil das Fehlen bestimmter Zähne komplexer Ausdruck der gleichen genetischen Anlage sein kann, die bei einem Individuum Weisheitszähne, bei nahen Angehörigen auch andere Zähne fehlen lässt (s. u.). Da einer oder mehrere Weisheitszähne in modernen Bevölkerungen zu etwa 20 % fehlen, ist das gehäufte Auftreten der dritten Molaren hier keine ungewöhnliche Erscheinung (SCHULZE 1987). Weniger häufig ist in Rezentbevölkerungen das Fehlen der zweiten Prämolaren (ca. 2-3 %). Möglicherweise gehören auch die beiden Individuen mit (Halb)Retention bzw. Impaktion von Weisheitszähnen (Ind. 10 und Ind. 20) hier zu einer recht homogenen Subgruppe, da die Retention von Zähnen ein Mikrosymptom für Aplasie darstellt und diese Individuen noch weitere anatomische Varianten gemeinsam aufweisen (ALT 1997b; vgl. Kap. 5.7).

Zahnstellungsanomalien bei Individuen aus ur- und frühgeschichtlichen Perioden sind ein eher seltener Befund. Sie betreffen vor allem Fehlstellungen von Einzelzähnen oder Zahngruppen, die durch ein Missverhältnis zwischen Zahn- und Kiefergröße entstehen und Engstand hervorrufen. Die Beurteilung von Zahnstellungsanomalien setzt in der Regel voraus, dass die Zähne vorhanden sind und nicht etwa postmortal fehlen. Ein vollständiges Gebiss besitzen nur wenige Individuen aus Mebrak. In sechs Fällen zeigen sich verschiedene Arten von Engstand. Bei Individuum 3 ist der gesamte Frontzahnbereich des Oberkiefers von Engstand betroffen (Abb. 5.16), was zu einer Schachtelstellung der Zähne geführt hat. Individuum 19 zeigt einen palatinalen Fehlstand der seitlichen Schneidezähne des Oberkiefers. Ungewöhnlich ist für Mebrak, dass auch im Seitenzahnbereich der Individuen viele Engstände auftreten. Betroffen sind die Individuen 22 mit Rotation von Zahn 24 und nach palatinal verlagertem Zahn 25 (Abb. 5.17) sowie einer gleichmäßigen Rotation von Zahn 36 und 37, Individuum 15 mit leichtem Engstand bei den Zähnen 14 und 15 sowie Individuum 3 mit einem starken Engstand im vorderen rechten Seitenzahnbereich.

Möglicherweise aufgrund der Benutzung der Zähne als „dritte Hand“, vielleicht auch durch das Vorkommen von schwer nachvollziehbaren Habits, zeigen eine ganze Reihe von Zähnen Kro-

nenfrakturen: Individuum 9 weist eine Kronenfraktur am ersten Molaren im rechten Oberkiefer (Zahn 16), Individuum 18 an zwei ersten Molaren in Ober- und Unterkiefer (Zahn 26 und 46) auf. Makroskopisch intravitalen Ursprungs scheint auch eine Fraktur bei Individuum 23 im zentralen Oberkiefer, wo die Zahnkrone am rechten mittleren Schneidezahn (Zahn 11) kurz unterhalb des Zahnhalses abgebrochen ist. Möglicherweise lag hier ein umfassendes traumatisches Geschehen vor, weil auch der Verdacht auf eine Fraktur des Kieferknochens besteht (Abb. 5.18).

Oberflächliche unspezifische Entzündungen des Gaumendaches sind bei Individuum 10 im linken Seitenzahnbereich des Oberkiefers zu beobachten, wobei die Genese unklar bleibt. Möglicherweise ist der Ausgangspunkt dieses Befundes eine parodontale Insuffizienz. Eine weitere Kieferentzündung ist wahrscheinlich durch den intravital entfernten und jetzt fehlenden Zahn 27 bei Individuum 22 verursacht. Der Zustand der ehemaligen Alveole lässt den Schluss zu, dass die

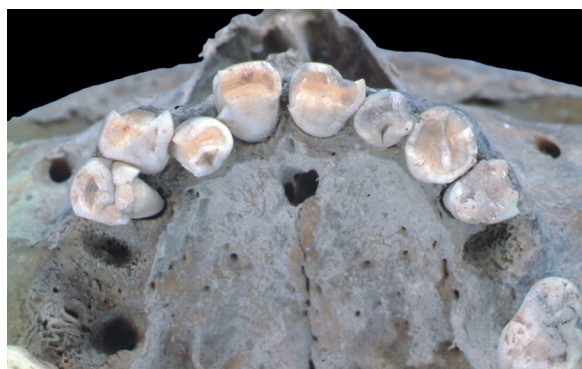


Abb. 5.16 Zahnengstand im rechten Oberkiefer von Individuum 3 mit paraxialer Fehlstellung von Zahn 12.



Abb. 5.17 Zahnengstand im linken Oberkiefer von Individuum 22 mit paraxialer Fehlstellung und Rotation von Zahn 25.

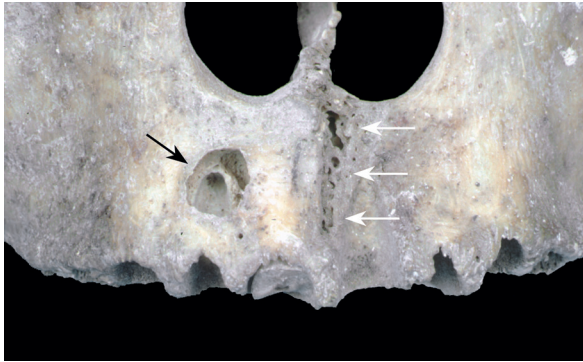


Abb. 5.18 Oberkiefer von Individuum 23 mit entzündlicher Veränderung an Zahn 12 und verheilter Verletzung (Pfeil) zwischen den Zähnen 11 und 21.

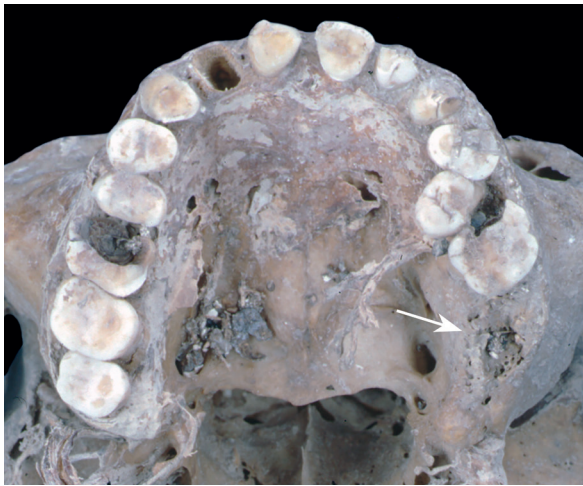


Abb. 5.19 Zahnextraktion von Zahn 27 im linken Oberkiefer von Individuum 22.

Zahnextraktion erst wenige Monate zurückliegt (Abb. 5.19). Die Entzündung könnte am ehesten in Zusammenhang mit einer unsachgemäßen Entfernung des Zahnes oder aufgrund einer durch Karies verursachten periapikalen Veränderung mit/ohne Abszessbildung stehen.

Mehrere Elongationen (Verlängerung der Zahnkrone über die Kauebene hinaus) im Front- und Seitenzahnbereich der Kiefer geben Hinweise auf einen länger zurückliegenden intravitalen Verlust oder Fehlstellungen ihrer Antagonisten zu Lebzeiten des jeweiligen Individuums. Betroffen sind Individuum 22 (Zähne 42 und 37), Individuum 3 (Zahn 18) und Individuum 15 (Zahn 16). Das einzige Individuum mit einem vollständigen Verlust seiner Zähne zu Lebzeiten ist gleichzeitig auch das älteste innerhalb der Bestattungen von Mebrak (Ind. 4).

Ein letzter paläopathologischer Befund im Zahn- und Kieferbereich sind beidseits auftretende Exostosen in den dorsalen Abschnitten der *Fossa mandibularis* von Individuum 19. Da der dazugehörige Unterkiefer postmortal fehlt, können über adäquate Veränderungen im Kiefergelenkbereich keine Aussagen gemacht werden.

Frakturen im Schädel- und Gesichtsbereich

Verletzungen am Schädel kommen in allen Perioden der Menschheitsgeschichte häufig vor (PETER-RÖCHER 2007; MEYER et al. 2015; JANTZEN et al. 2011). Das lässt aber nicht den Schluss zu, dass alle diese Verletzungen die Folge von persönlichen Auseinandersetzungen (individuelle Gewalt) oder gar kriegerischer Auseinandersetzungen sind (JIMÉNEZ-BROBEIL & QUMAOUI 2009). Ein nicht unerheblicher Anteil dieser Verletzungen wird daher Unfälle im Alltag betreffen, denen die Menschen früher in weitaus stärkerem Maße ausgesetzt waren als heute. Die Verletzungen am Schädel unterscheiden sich von den krankhaften Veränderungen am Skelett durch die Einwirkung von Gewalt. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Gewalt von einem Sturz herrührt, durch herabfallende Gegenstände verursacht ist oder durch stumpfe und scharfe Gewalt im Rahmen einer Auseinandersetzung hervorgerufen ist (GELDHAUSER et al. 1996). Intra- und perimortale Gewalteinwirkungen sind in der Regel gut von postmortal entstandenen Verletzungen zu unterscheiden (NICKLISCH et al. 2017). Die Verletzungen im Bereich des Schädels werden nach ihrer Lokalisation in Hirnschädel- und Gesichtsschädelfrakturen unterteilt. Nach ihrer Entstehungsursache lassen sich die Frakturen des Schädels in Berstungs- und Biegebungsbrüche differenzieren, als Bruchformen sind Spalt-, Splitter-, Loch- und Impressionsbrüche bekannt. Bei stumpfer Gewalt auf den Schädelknochen kann ein Fragment herausgesprengt werden. Enorm wichtig ist die Beurteilung der Wundrandstruktur, weil daraus Rückschlüsse auf die Art der benutzten Waffe getroffen werden können. Auch die Rekonstruktion der Waffenführung und der Händigkeit des Angreifers ist möglich. Ob eine Verletzung überlebt wurde, lässt sich anhand der Beurteilung der Wundränder einschätzen (CZARNETZKI 1996).

Von den paläopathologischen Befunden im Schädel- und Gesichtsbereich der Bevölkerung von Mebrak war die Mehrzahl bereits makroskopisch auffällig, andere wurden erst später im Rahmen der Auswertung von Röntgen- und CT-Aufnahmen entdeckt.

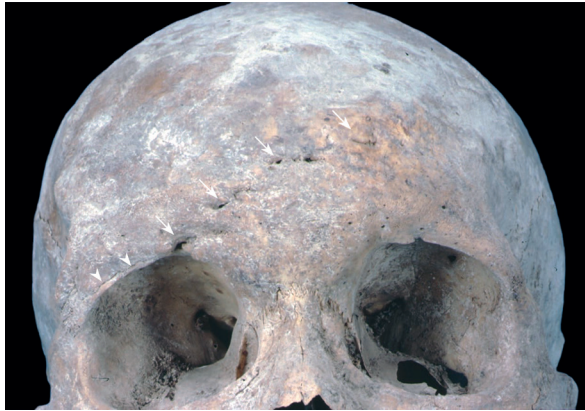


Abb. 5.20 *Os frontale* von Individuum 6 mit verheilter Verletzung.

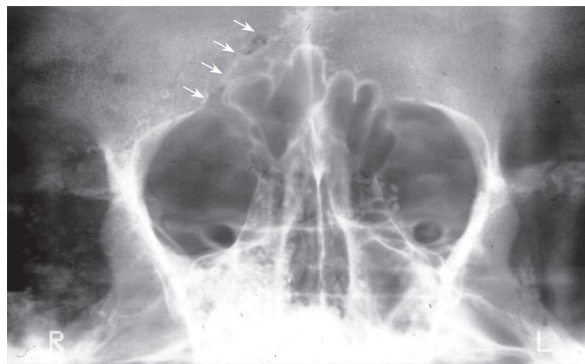


Abb. 5.21 Die Frontalregion von Individuum 6 im Röntgenbild. Der Verlauf der verheilten Verletzung ist deutlich erkennbar (Pfeile).

In einem einzelnen Fall zeigen sich Spuren von „scharfer Gewalteinwirkung“ innerhalb des Skelettensembles. Bei einem etwa 30-40 Jahre alt gewordenen Mann (Ind. 6) findet sich eine sehr gut verheilte Hiebverletzung im Bereich des *Os frontale*. Die osteologisch sichtbaren Spuren der Verletzung verlaufen als narbig verheilte schräger Schnitt in einem Winkel von etwa 45 Grad von rechts nach links quer über das *Os frontale* (Abb. 5.20). Davon betroffen ist auch die rechte Orbita in ihrem medialen Anteil. Aufgrund der Verheilungsspuren ist davon auszugehen, dass das Trauma ohne Schäden überstanden wurde (BOYLSTON 2000). Weder makroskopisch noch im Röntgenbild oder in den CT-Aufnahmen gibt es Anzeichen dafür, dass die Gewalteinwirkung den Schädelknochen bis auf die *Tabula interna* durchtrennt haben könnte (Abb. 5.21). Außerdem finden sich keine Hinweise auf eine knöcherne Beteiligung des rechten Auges. Die Ursachen für die Verletzung sind vorrangig in einer

persönlichen Auseinandersetzung zu suchen, bei der scharfe Gewalt angewendet wurde.

Einen weiteren Einzelfall stellt auch die vermutlich „stumpfe Gewalteinwirkung“ auf den Schädel einer jungen Frau dar, deren biologisches Alter zum Zeitpunkt ihres Todes zwischen 20 und 30 Jahren lag (Ind. 23). Bei ihr klafft im linksseitigen Bereich des *Os frontale*, nahezu parallel der verknöcherten *Sutura frontalis* verlaufend, ein dreieckiger, fast gleichschenkeliger Knochendefekt, der durch die *Sutura coronalis* nach dorsal begrenzt wird (Abb. 5.22a,b). Der Defekt ist im Bereich der *Sutura coronalis* ungefähr 3 cm breit und hat die Form einer „Pfeilspitze“, die mit ihrer Spitze nach ventral, in Richtung des Gesichtsschädels weist. Die beiden Schenkel des „Dreiecks“ haben je eine Länge von ca. 6 cm. Nach lateral hin ist fast auf der ganzen Länge des Defekts die *Tabula interna* intakt, während die *Tabula externa* sich wie herausgesprengt präsentiert. Nach medial und dorsal hin fehlt der gesamte Schädelknochen. Von den Enden des Defekts laufen strahlenförmig mehrere Fissuren über den ganzen Schädel. Daher macht

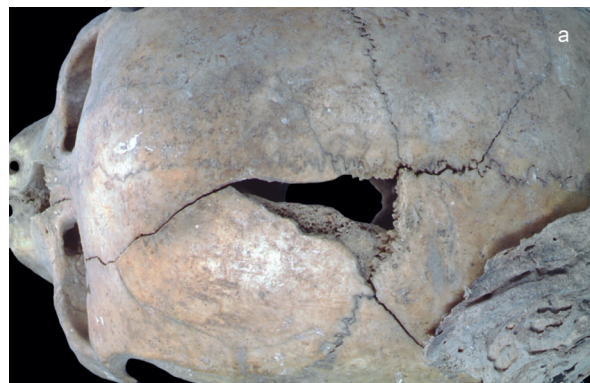


Abb. 5.22 Verletzung durch stumpfe Gewalt am linken Schädeldach (*Os frontale*) von Individuum 23 a) in der Übersicht und b) eine leicht laterale Detailaufnahme der Bruchkanten.



der Knochendefekt den Eindruck einer stumpfen Gewalteinwirkung auf den Schädel. Dafür kämen mehrere Ursachen in Betracht: Sturz auf den Schädel, Steinschlag im Gebirge, Gewalt mit einem stumpfen Gegenstand u. a. m.

Sehr ungewöhnlich ist im vorliegenden Fall das Frakturmuster. Bei einer Gewalteinwirkung mit einem stumpfen Gegenstand entsteht in der Regel eine Impressionsfraktur und der Bruch verläuft immer schräg, so dass der Durchmesser der inneren Öffnung größer ist als der an der *Tabula externa*. Da dies hier jedoch nicht der Fall ist, muss gegebenenfalls doch an die Einwirkung einer scharfen oder halbscharfen Gewalt gedacht werden. Das bei der Frau vorliegende Bruchmuster entspricht dieser Vorstellung jedoch nicht ganz exakt. Im Bereich der auftretenden Gewalt ist die Verletzung zwar schräg nach innen verlaufend, aber die Schädeldecke ist nicht komplett durchtrennt. Daher wurde nur die *Tabula externa* herausgesprengt. Im hinteren Abschnitt der Verletzung ist der Bruchverlauf unregelmäßig, als wäre das fehlende Fragment durch Aushebelung weggebrochen. Vielleicht

wurde eine spezielle Waffe benutzt, die das Entstehen solcher Verletzungen möglich macht. Leider liefern auch die Röntgen- und CT-Befunde keinen näheren Aufschluss zur Genese der Gewalteinwirkung (**Abb. 5.23**). Da der Schädel ohne die dazugehörigen postkranialen Skelettelemente beurteilt werden muss, lässt sich nicht

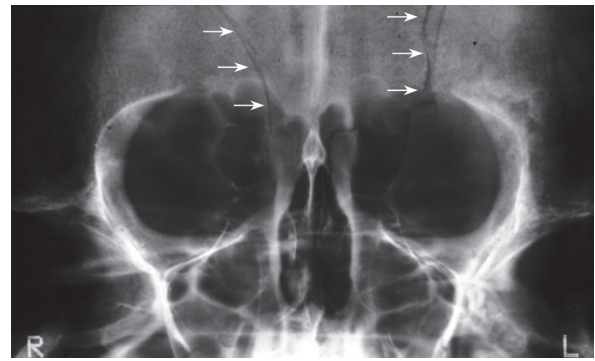


Abb. 5.23 Frontalansicht von Individuum 23 im Röntgenbild. Von der zentralen Impression haben sich Frakturlinien bis zu beiden Augenhöhlen fortgeleitet (Pfeile).

Position	Ind. Nr.	Geschlecht	Alter	Skelettelement
631-49	HR I.11	w	?	Becken, <i>Os sacrum</i> mit 3 Lendenwirbeln
631-67	HR	?	?	<i>Sacrum</i>
631-72	Ind. 30	?	juvenil	Femur und Tibia rechts, Brust- und Lendenwirbel, Hand rechts
631-76	HR	?	Kind	Becken links
632-47	HR	(-)	?	Radius mit Hand rechts; ein Strahl fehlt
633-33	HR I.8	w	?	Ober- und Unterschenkel links mit Fuß
633-35	HR I.16	m	?	Becken rechts
633-51	HR	m?	?	Femur rechts
633-52	HR	m?	?	Femur rechts
633-53	HR	m?	?	Femur links
633-58	HR I.5	w	?	Femur rechts
633-77	HR (ggf. Ind. 20 oder Ind. 19)	m?	?	Femur rechts
633-79a	HR (ggf. Ind. 20)	(m?)	(30-50)	Femur rechts
633-91	HR	m?	?	Femur rechts
634-15	Ind. 4	w	50-70	Unterschenkel rechts mit Fuß
634-25	Ind. 3	m	40-60	Femur rechts
634-58	Ind. 21	w	30-50	Femur rechts, Unterschenkel rechts mit Fuß
634-93	HR	?	Infans I	Becken links
635-4	Ind. 7	m	40-60	Femur rechts
636-11	Ind. 5a	m	30-50	Ober- und Unterschenkel rechts

Tab. 5.17 Postkraniale Skelettelemente, die anatomisch-pathologisch beurteilt werden konnten.

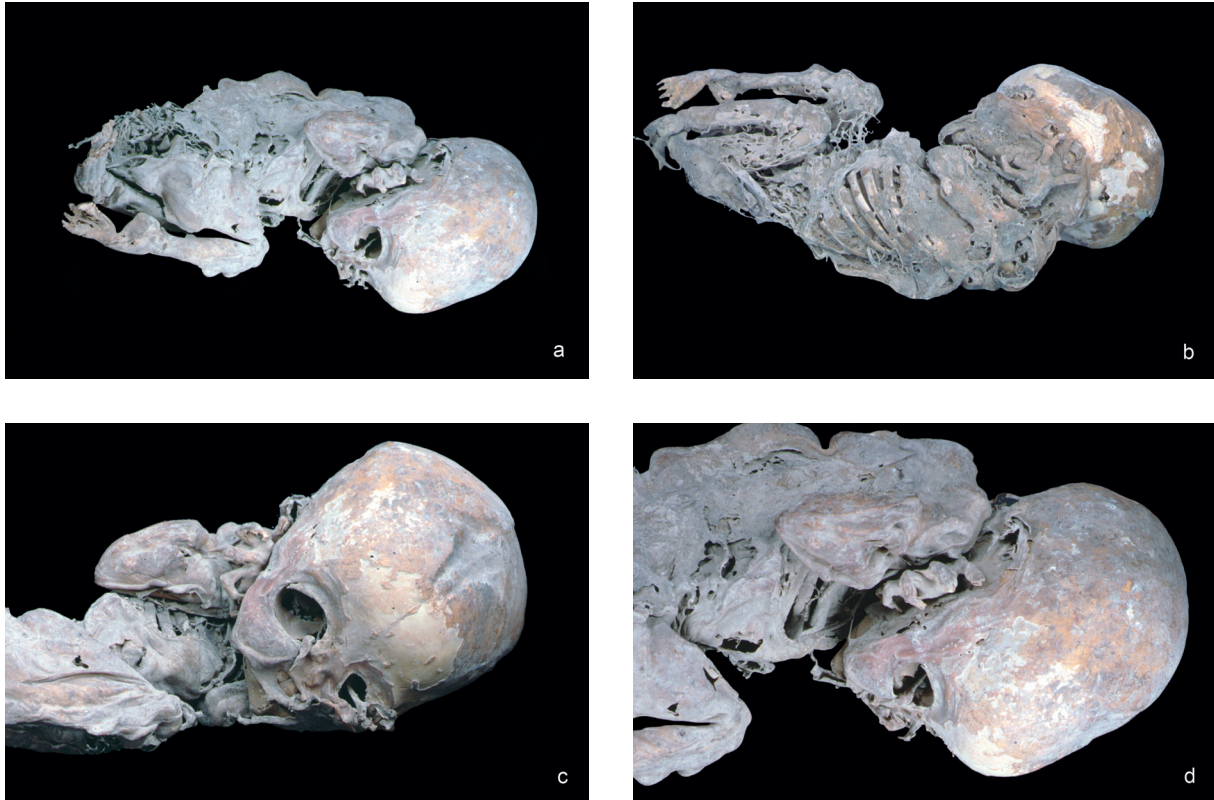


Abb. 5.24 Aufnahmen des mumifizierten Säuglings (Ind. 23)
a) in der Übersicht von vorne rechts und b) von hinten links,
c) Detailaufnahme vom Schädel von frontal und d) von rechts lateral.

sagen, welche Ursache für die Verletzung am wahrscheinlichsten ist. Bei einem Sturz etwa wäre zu erwarten, dass sich außer am Schädel auch an den übrigen Knochen Anzeichen für das Trauma finden lassen.

Erkrankungen des postkranialen Skeletts

Da überwiegend nur die Schädel aus dem Kollektivgrab von Nepal nach Deutschland verbracht wurden, standen für die Beurteilung paläopathologischer Befunde des postkranialen Skeletts nur eine geringe Anzahl an Becken, Langknochen der unteren Extremität (teilweise mit Füßen im anatomischen Verband), ein Steißbein sowie ein Unterarm mit Hand zur Verfügung (**Tab. 5.17**). An den vorhandenen postkranialen Überresten war eine Beurteilung der Knochenoberflächen aufgrund der Weichgewebeerhaltung meist nicht möglich. Sowohl die Knochen als auch die Weichgewebe waren pathologisch unauffällig (vgl. Taf. Anthropologie C1-2, am Ende des Kapitels 5).

Mumifizierter Säugling mit einer ungewöhnlichen Auflagerung an der Innenseite des Schädels

An einer überaus gut erhaltenen Säuglingsmumie (Ind. 24) ließ sich mittels medizinischer Bildgebung ein interessanter Befund diagnostizieren (**Abb. 5.24a-d**). Röntgenaufnahmen zeigten im Bereich des rechten *Os parietale/temporale* an der Innenseite (*Tabula interna*) des Schädels ein gestielt wirkendes Objekt, das ca. 1 cm in den Schädel hineinragte (**Abb. 5.25a,b**). Im Rahmen einer CT-Untersuchung ließ sich der Befund in mehreren Ebenen darstellen, so dass alle Details beobachtet werden konnten (**Abb. 5.26a-d**). Die einzelnen CT-Aufnahmen zeigten übereinstimmend eine ringartige Struktur mit einem flachen, breiten Ende (gestielt) und einem schmäler verlaufenden Körper, die der *Tabula interna* auflagern, sowie ein breiteres, rundliches Ende, das frei in den Schädel ragte. Die geschätzte Gesamtlänge des Gebildes betrug mehr als 2 cm. Zur weiteren Abklärung wurde ein Endoskop über die Augenhöhle in den Schädel eingeführt. Während dieser Untersuchung löste sich das komplette Objekt von der *Tabula interna*.

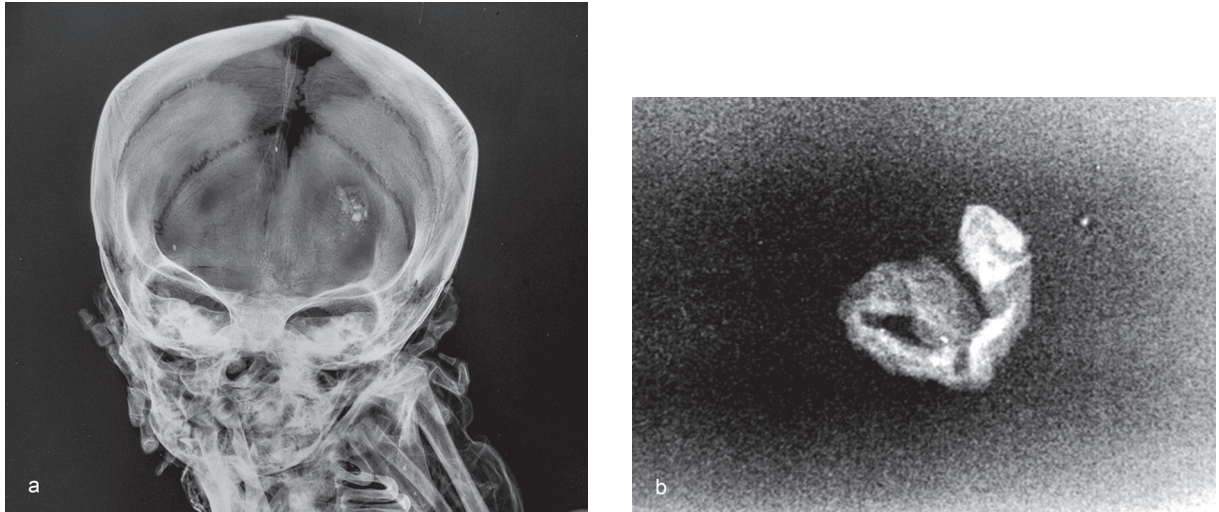


Abb. 5.25 a) Röntgenaufnahme des mumifizierten Säuglingsschädels und b) eine Detailaufnahme des unbekanntes Objekts.

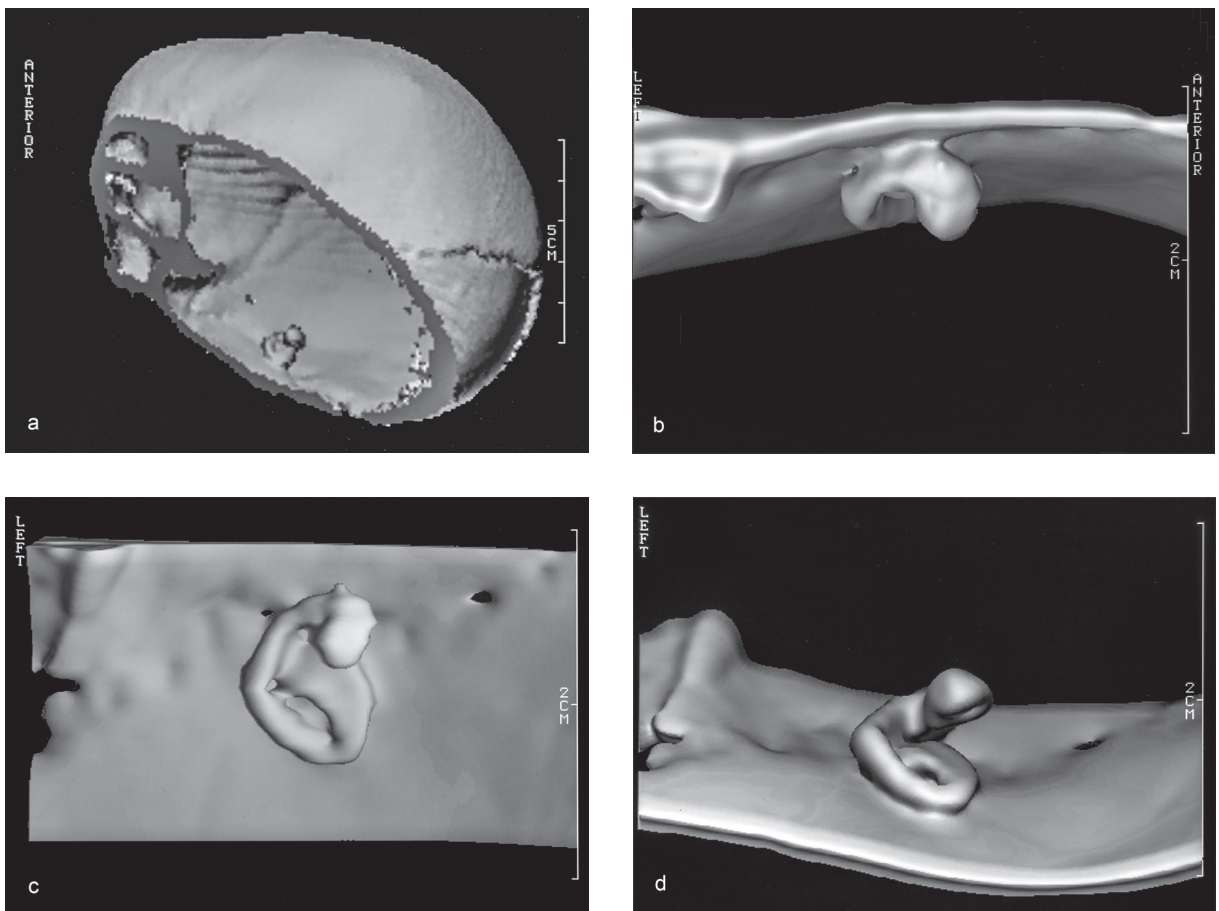


Abb. 5.26 CT-Aufnahmen a) des Schädels im Querschnitt, b-d) verschiedene Ansichten des ringartigen Gebildes.

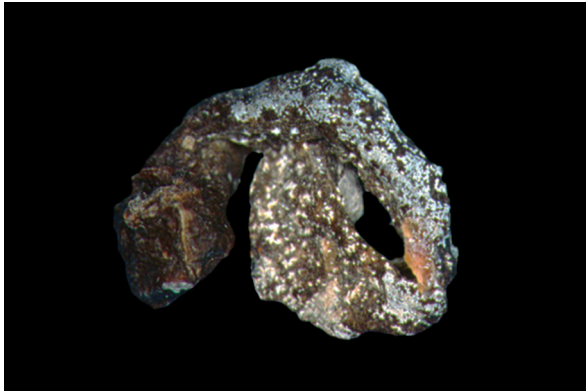


Abb. 5.27 Makroskopische Aufnahme des ringförmigen Objekts nach Entfernung aus dem Schädel.

Nach seiner Entfernung aus dem Schädel stellt sich dessen äußere Form makroskopisch ähnlich dar, wie im CT beschrieben: auffällig erschienen die verdickten Enden, die braune Farbe und die weißlichen Auflagerungen (**Abb. 5.27**).

Da auch eine Mikroradiographie keinen näheren Aufschluss über die Struktur und Art des Objektes gab, sollten histologische Schnitte, die von dem gesamten Gebilde angefertigt wurden, über dessen Struktur Aufschluss geben. Zur Abklärung des Befundes wurden Kunstharzpräparate hergestellt und Zoologen, Rechtsmedizinern und Botanikern vorgelegt. Die histologischen

Präparate sind teils mit Toluidin-Blau und teils mit Standard-Rot gefärbt (**Abb. 5.28a,b**). Die Experten wurden mit der Frage konfrontiert, ob es sich bei den histologisch sichtbaren Strukturen um tierisches oder pflanzliches Material handelt. Nach einer Bewertung von H. Lilly Graß, Institut für Rechtsmedizin, Universität Düsseldorf, zeigt das Präparat geometrische Zellverbände in maßgeblich zwei unterschiedlichen Größen, wobei die Zellverbände selbst jeweils homogen erscheinen. Die Zellkerne sind – sofern angefärbt – zentralständig, Zellwände erscheinen teils als Doppelkontur. Neben den Zellverbänden finden sich größere faserige Bereiche ohne differenzierbare Einzelheiten. Einmalig findet sich ein kleines Areal mit „Borsten“-artiger Struktur. Insgesamt macht das Präparat einen pflanzlichen Eindruck, ist aber mit Sicherheit keiner niederen Pflanze (Moos/Farn) zuzuordnen, wie zunächst vermutet wurde. Nach Joachim W. Kadereit, Institut für Botanik, Universität Mainz, weist die vorliegende Struktur mit hoher Wahrscheinlichkeit einen keimenden Samen aus. Dieser Samen könnte durch die Gesichtsoffnungen in den Schädel verweht sein und dort gekeimt haben. Wann dies geschah, lässt sich schwerlich rekonstruieren. Es ist jedoch zu vermuten, dass dieser Vorgang deutlich später als die Niederlegung des toten Kindes erfolgt sein muss, vielleicht gar erst in jüngster Zeit.

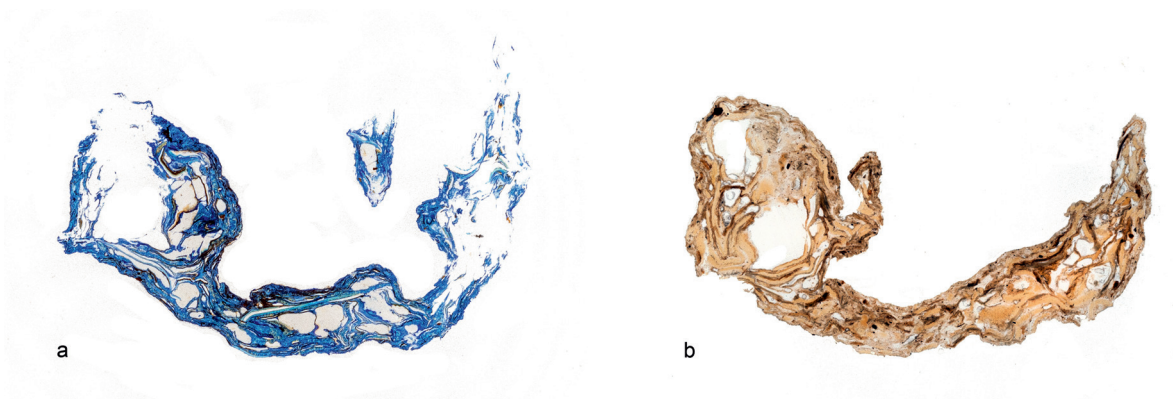


Abb. 5.28 Mikroskopische Aufnahmen histologischer Schnitte des unbekannten Objekts angefärbt mit a) Toluidin-Blau und b) Standard Rot.

5.7 Morphologische Verwandtschaftsanalyse

Kurt W. Alt, Nicole Nicklisch & Werner Vach

Grundlagen der Verwandtschaftsanalyse

Für die Ermittlung potentieller genetischer Verwandtschaftsverhältnisse zwischen den Individuen aus dem Höhlengrab von Mebrak kam wegen der schlechten Erhaltung der menschlichen Überreste für aDNA-Analysen nur eine Auswertung anatomischer Varianten (syn. epigenetische Merkmale) infrage (vgl. ALT 1997b; RÖSING 1986). Im Rahmen einer Kooperation zwischen den Universitäten Köln, Mainz und Göttingen waren zuvor Tests auf die Erhaltung alter DNA für molekulargenetische Analysen negativ verlaufen (BURGER 1997; BURGER et al. 1999). Problematisch ist im vorliegenden Fall ohnehin, dass die absoluten ¹⁴C-Datierungen, welche den Zeitraum markieren, in dem die Individuen starben, zeitlich relativ weit streuen. Zwar ist bei einer morphologischen Verwandtschaftsanalyse – mit einer einzigen Ausnahme: bei gleichzeitiger Bestattung – keine Rekonstruktionen von Verwandtschaft im Sinne von Genealogien möglich, ebenso wenig wie Aussagen über den Verwandtschaftsgrad, aber das Auffinden von möglicherweise eng genetisch miteinander verwandten Familienmitgliedern mittels Ähnlichkeitsanalyse bereitet in der Regel keine Schwierigkeiten. Erst kürzlich konnte ein amerikanisches Team durch die Anwendung neuer molekulargenetischer Methoden doch noch wichtige Hinweise zur populationsgenetischen Einordnung der Mumien aus Mebrak gewinnen (JEONG et al. 2016). Allerdings wurden keine Untersuchungen über mögliche verwandtschaftliche Verhältnisse unter den Bestatteten aus dem Höhlengrab vorgenommen.

Im vorliegenden Fall ist aufgrund der geographischen Lage und der kulturellen Kontinuität innerhalb des Belegungszeitraums anzunehmen, dass es über bestimmte „Heiratsvorschriften“ hinaus wahrscheinlich kaum zu bevölkerungsdynamisch massiven Prozessen wie Zu- und Abwanderung in der Siedlungsgemeinschaft gekommen ist. Da viele der untersuchten morphologischen Merkmale bestimmte Expressivitätsmuster und unvollständige Penetranz zeigen, können sie sich phänotypisch über viele Generationen in einer Bevölkerung erhalten, bei geographischer Isolation sogar innerhalb der Bevölkerung akkumulieren. Mit der langen Belegungszeit der Bestattungshöhle zwischen dem 5. Jh. v. Chr. und der Zeitenwende wird keine Rekonstruktion

von Verwandtschaftsverhältnissen im Sinne einer Gruppe familiär eng verbundener Personen über Genealogien durchführbar sein, aber es sind gegebenenfalls Hinweise auf engere „genetische“ Verbindungen zwischen einzelnen Individuen zu erzielen, zumindest aber entscheidende Anhaltspunkte auf eine homogene versus heterogene Grundbevölkerung zu gewinnen.

Die Methodik der osteologischen Verwandtschaftsanalyse in der biologischen Anthropologie entwickelte sich – lange bevor die Ära der molekulargenetischen Forschung an alter DNA begann – aus dem verständlichen wissenschaftlichen Interesse heraus, die Struktur und Dynamik bevölkerungsbiologischer Prozesse innerhalb (prä)historischer Gemeinschaften, repräsentiert über verschiedene Arten von Bestattungskomplexen, besser zu verstehen. Heute ist die morphologische Verwandtschaftsanalyse prinzipiell durch neue Entwicklungen der Molekulargenetik längst überholt worden, aber sie ist immer noch dort unersetzlich, wo aDNA-Analysen aus Erhaltungs- oder Kostengründen keine Alternative bieten können. Die Archäologie ist – über die Auswertung der kulturellen Hinterlassenschaften hinaus – außerordentlich interessiert an der gesellschaftlichen Gliederung früherer Gemeinschaften, den Gruppen und Rollen, den Identitäten und dem sozialgeschichtlichen Hintergrund (BRATHER et al. 1999; RENFREW 1984; STEUER 1982). Kenntnisse über Verwandtschafts- und Familienstrukturen gelten allerdings als unverzichtbar, um Aussagen über soziale Strukturen in ur- und frühgeschichtlichen Gemeinschaften treffen zu können. Die Rekonstruktion familiär geprägter „genetischer“ Strukturen in (prä)historischen Gemeinschaften kann jedoch nur mittels molekulargenetischer (vgl. GERSTENBERGER et al. 2002; SCHULTES 2000) oder anthropologisch-morphologischer Methoden erschlossen werden (ALT & VACH 2004). Dass dies überhaupt möglich ist, verdanken wir dem Umstand, dass das menschliche Skelett noch nach Jahrtausenden durch Merkmalsvergleich Rückschlüsse auf biologische Zusammenhänge zwischen Individuen erlaubt. Den durch Familien(verbände) geprägten sozialen Strukturen in prähistorischen Gesellschaften kam lange Zeit die das Zusammenleben der Menschen bestimmende Rolle zu, bis sie durch politische Strukturen abgelöst wurden (STEUER 1982).

In den 1960er Jahren begann man in der Anthropologie anhand von Merkmalsvergleichen nach Ähnlichkeiten zwischen Populationen und zwischen Individuen innerhalb von Bestattungskomplexen zu suchen. Die Generierung von

Hypothesen über familiäre Beziehungen von Individuen aus Grabkontexten war jedoch lange Zeit durch die Unzulänglichkeit der Merkmalsysteme geprägt und beschäftigte sich daher eher mit Vergleichen zwischen Bevölkerungsgruppen (CZARNETZKI 1972; 2000) als mit Beziehungen innerhalb von Bestattungsgruppen (SJØVOLD 1976/77; ULLRICH 1969). In den 1990er Jahren verbesserte sich diese Situation durch die Einbindung neuer Merkmalsgruppen (Zahnmerkmale) und verbesserte Untersuchungsmethoden (ALT 1997b; WILTSCHKE-SCHROTTA 1988). Parallel dazu begann auch die molekulare Archäologie Fuß zu fassen. Nachdem HAGELBERG et al. (1989) den Nachweis der Extraktion und die Vervielfältigung von DNA aus Knochen geführt hatten, war es nur noch eine Frage der Zeit, bis die Methode als Verfahren zur Feststellung biologischer Beziehungen bei Skelettpopulationen eingesetzt wurde (ZIERDT et al. 1996).

Heute zählt die Ermittlung verwandtschaftlicher Beziehungen in prähistorischen Gemeinschaften methodisch zu den Routineverfahren (BRAMANTI et al. 2000; GERSTENBERGER et al. 1999; HAAK et al. 2008; SCHULTES 2000; SZÉCSÉNYI-NAGY et al. 2015). Allerdings traten bei der aDNA-Analyse zunächst teils die gleichen Probleme auf, die auch morphologische Verwandtschaftsanalysen erschweren. Dazu zählen auf Seiten der Rahmenbedingungen der schlechte Erhaltungszustand des Probenmaterials und die unvollständige Ausgrabung von Fundplätzen, wodurch präzise Fragestellungen erschwert werden. Zu den spezifischen Schwierigkeiten der aDNA-Typisierung gehören DNA-Schäden (z. B. Basenverluste, Deaminierungen, Inhibitionen) sowie Probleme durch rezente Kontaminationen (z. B. Ausgräber, Bearbeiter). Durch die technische Weiterentwicklung der Methodik (Next Generation Sequencing) sind viele Probleme inzwischen weitgehend überwunden, und in Bezug auf prinzipielle Probleme könnte man sich daher den Ausführungen von HENKE (1997,10) anschließen, dass „die Bewertung phänotypischer Merkmalssysteme in Verwandtschaftsanalysen“ nur so lange vertretbar war, wie „es keine Zugänge zum Studium genotypischer Merkmale gab“. Die Bedingungen zum Erhalt alter DNA sind leider nicht immer gegeben, und die enormen Sach- und Personalmittel rechtfertigen nicht in jedem Fall die Anwendung molekulargenetischer Techniken als Routineverfahren. Bis auch dieses Hindernis überwunden ist, könnte es sich als zweckmäßig erweisen, aDNA-Analysen mit morphologischen Analysen zu kombinieren.

Die Vorteile von Zahnmerkmalen für die morphologische Verwandtschaftsanalyse sind vielfältiger Natur. Im Gegensatz zu anderen Merkmalsgruppen gibt es – aus klinischem Interesse der Zahnheilkunde heraus – bereits eine große Zahl von Untersuchungen zur Heritabilität dieser Merkmale an rezenten Stichproben. Damit entfallen zum einen die nötigen Kontrolluntersuchungen an Skelettmaterial mit bekannter Verwandtschaft. Zum anderen ist die Merkmalerfassung einfach, die Repräsentanz des Materials aufgrund des üblicherweise besseren Erhaltungszustandes von Zähnen und Kiefer gegenüber dem übrigen Skelett fast immer gegeben. Die Frage nach dem Vorhandensein bzw. Fehlen genetisch determinierter familiärer Verwandtschaftsverhältnisse ist möglicherweise daher mit diesem Merkmalsensemble in den meisten Fällen mit ausreichender Sicherheit zu beantworten.

Die Herausarbeitung biologischer Verwandtschaftsverhältnisse in früheren Gemeinschaften erfolgt durch eine sogenannte Binnenanalyse, deren Substrat die jeweilige Lokalbevölkerung bildet. Nach Erfassung geeigneter Merkmale an allen Individuen eines Bestattungsplatzes erfolgt eine vergleichende Beurteilung ihrer Ähnlichkeit bzw. Übereinstimmung in selteneren, genetisch determinierten Merkmalen, aus der bei positivem Befund und nach Prüfung der Validität biologische Beziehungen unter den Individuen bzw. familiäre Zugehörigkeit abgeleitet werden können. Zusammen mit demographischen und archäologischen Befunden sowie kultur- und sozialanthropologischen Erkenntnissen lassen sich damit, je nach der Qualität und Quantität der Datenbasis, soziale Strukturen lokaler Bevölkerungen rekonstruieren. Verwandtschaft wird im Kontext der morphologischen Ähnlichkeitsanalyse als Familienverwandtschaft verstanden, d. h. eine enge familiäre Bindung, die sich im gemeinsamen Erbgut widerspiegelt (ALT & VACH 2004). Es ist bekannt, dass ein deutlicher Unterschied zwischen der „Familie“ als Sozialverband und der „Familie“ als Gruppe genetisch verwandter Individuen besteht. Zur (erweiterten) römischen Haus- und Wohngemeinschaft gehören z. B. nicht nur konsanguine (genetisch verwandte) Mitglieder, sondern solche aus sozialer Zuweisung, u. a. auch Gesinde, Gefangene, affinale Verwandte. Bei der osteologischen Verwandtschaftsanalyse aber müssen „Familien“ als Gruppen „genetisch“ verwandter Individuen angesprochen werden. Dennoch darf das Zusammenspiel zwischen „Familie“ und Sozialverband nicht vernachlässigt werden, da hiervon teilweise das Erschei-

nungsbild der „Familie“ im Gräberfeld bestimmt wird (Exogamie-, und Residenzvorschriften, geschlechtsspezifische Regeln u. a.). Im Hinblick auf eventuelle Selektionsmechanismen bleibt zu beachten, dass ein guter Erhaltungszustand eines Skelettes dabei erheblich die Chance erhöht, einer Familie zugeordnet werden zu können.

Die morphologische Verwandtschaftsanalyse erfolgt konkret über einen Ähnlichkeitsvergleich (ALT 1997b). Für eine Vielzahl der dazu herangezogenen Merkmale sind keine Erbgänge bekannt. Fest steht nur, dass sie im Wesentlichen unter Beteiligung von Erbfaktoren zur Ausprägung gelangen, weshalb die Ähnlichkeitsanalyse an Skelettmaterial keine echte genetische Analyse darstellt, sondern sich nur phänotypische Ähnlichkeiten zwischen den Individuen ermitteln bzw. abschätzen lassen. Der Rückschluss von Ähnlichkeit auf Verwandtschaft bedeutet außerdem, dass aus dem Grad der phänotypischen Ähnlichkeit nur auf einen gewissen Anteil gemeinsamen Erbgutes, also auf Verwandtschaft, nicht aber auf den Verwandtschaftsgrad geschlossen werden kann. Für den „Rückschluss von Ähnlichkeit auf Verwandtschaft“ (KNUSSMANN 1988, 371) werden Forderungen und Voraussetzungen gestellt (z. B. Erhaltungszustand, Heritabilität), welchen Zahnmerkmale in besonderem Maße genügen (ALEXANDERSEN 1988; ALT 1989; SCHULZE 1987). Sozialgemeinschaften enthalten Untergruppen biologisch bzw. „genetisch“ relativ eng zusammengehöriger Individuen. Die methodische Grundlage der Rekonstruktion „genetischer“ Verwandtschaft innerhalb einer solchen Gemeinschaft ist die Erwartung, dass biologisch verwandte Mitglieder einer Familie bzw. Subgruppe der Gemeinschaft in einer Reihe familientypischer, phänotypischer Charakteristika übereinstimmen. Mittels mathematisch-statistischer Methoden sind Gruppen von Individuen zu diskriminieren, die in mehreren Merkmalen so übereinstimmen, dass diese als familientypisch angesehen werden können. Dabei wird postuliert, dass sich eine Familie und ihre familientypischen Merkmale dadurch auszeichnen, dass die Häufigkeit der familientypischen Merkmale innerhalb einer Familie im Vergleich zur Gesamtpopulation erhöht ist, und zwei oder mehrere Mitglieder einer Familie in mehreren familientypischen Merkmalen übereinstimmen.

Das Ergebnis einer anthropologischen Verwandtschaftsanalyse ist erst einmal nichts anderes als eine (oder mehrere) Gruppe(n) von Individuen und dazugehörigen Merkmalen, die obige Eigenschaften erfüllen und somit einen Hinweis auf familiäre Beziehungen innerhalb

der Gruppe geben (ALT 1997b). Unabhängig von dem jeweiligen Verfahren zur Entdeckung von Verwandtschaftsstrukturen kann eine gefundene (Sub)-Gruppe von Individuen mit auffälligen Merkmalsübereinstimmungen zunächst nur „hypothetisch“ als „Familie“ angesehen werden. Statistische Methoden müssen später den Grad der Auffälligkeit der Hinweise auf eine „Familie“ und somit die Aussagekraft abschätzen. Dabei geht im Wesentlichen in die Überlegungen ein, dass eine Übereinstimmung in seltenen Merkmalen aussagekräftiger ist als eine Übereinstimmung in häufigeren Merkmalen.

In der Regel stehen von anthropologischer und archäologischer Seite weitere Informationen zur Verfügung, die sinnvoll in eine Verwandtschaftsanalyse einbezogen und für eine externe Validierung entdeckter Familien benutzt werden können. Dazu gehören die Alters- und Geschlechterverteilung der Individuen, die relativchronologische Einteilung, Beigabentypen, Doppel- und Mehrfachbestattungen und die räumliche Verteilung der Gräber. Wichtige Anforderungen an Merkmale für eine Verwandtschaftsanalyse sind eine hohe Erbllichkeit, niedrige Häufigkeit in der Bevölkerung, hinweiskräftige Merkmalsausprägung, leichte Erfassbarkeit, geringe Alters- und Geschlechtsvariabilität und Unabhängigkeit untereinander (RÖSING 1986; HAUSER & DE STEFANO 1989). Zur Beschreibung des jeweiligen Zustandes ist es sinnvoll, Abkürzungen für die drei möglichen Zustände zu verwenden, etwa wie folgt: vorhanden = 1 oder (+); nicht vorhanden = 0 oder (-); nicht beurteilbar = 9 oder (?).

Nach der Merkmalerfassung ist eine große Matrix Ausgangspunkt der Analyse. Jede Zeile der Matrix entspricht einem Individuum, jede Spalte einem Merkmal. Die wesentliche Aufgabe ist es nun, Blöcke von Zeilen (= Individuen) und Spalten (= Merkmale) in einer solchen Datenmatrix auszuwählen, die in dem Sinne auffällig sind, dass die selektierten Individuen möglichst viele der selektierten Merkmale aufweisen, und alle Individuen, die mehrere der selektierten Merkmale aufweisen, auch ausgewählt sind. Bei der datenanalytischen Aufgabe, aus einer vorliegenden Datenmatrix Hinweise auf „genetisch“ verwandte Individuen oder Gruppen von Individuen abzuleiten, können drei verschiedene mathematisch-statistische Ansätze verfolgt werden: der Vergleich von Merkmalshäufigkeiten (Ansatz 1), die Betrachtung der paarweisen Ähnlichkeit (Ansatz 2) und die direkte Suche nach auffälligen Teilblöcken (Ansatz 3). Auch bei der statistischen Methodik werden verschiedene Ansätze benutzt.

Nähere Informationen zu den Ansätzen und der Statistik sind ausführlich dargelegt (ALT 1997b).

Morphologische Verwandtschaftsanalyse im Kollektivgrab von Mebrak

Die Ausgangssituation für die Verwandtschaftsanalyse an den teilmumifizierten Bestattungen des Kollektivgrabes von Mebrak ist aus mehreren Gründen suboptimal. Die Niederlegung der Verstorbenen erfolgte auf hölzernen Totenbetten, doch durch wiederholte Begehungen der Höhle, bei denen ältere Bestattungen aus Platznot umgebettet wurden, ist es zum Ablösen einzelner Körperteile aus dem anatomischen Skelettverband gekommen, was vor allem Extremitätenknochen betrifft. Viele der verstreut in der Höhle liegenden Körperteile ließen sich keinem bestimmten Individuum zuordnen. Eine zweifelsfreie Zuordnung isolierter Körperteile ist allein durch eine DNA-Analyse möglich, was im vorliegenden Fall aber nicht zu realisieren war (siehe oben). Die Mindestindividuenzahl wurde sinnvollerweise anhand der Mumien Schädel bestimmt. Wegen der schwierigen Transportwege im Himalaya konnte nur eine Auswahl des Skelettmaterials (primär Schädel und einige Langknochen) zur Bearbeitung nach Europa gebracht werden. Somit liegen von den meisten untersuchten Individuen zwar die vollständigen Schädel mit Unterkiefer vor, aber es fehlt in der Regel das dazugehörige postkraniale Skelett. Dies erschwert eine Vielzahl von anthropologischen Bestimmungen. So stützt sich die morphologische Geschlechtsbestimmung allein auf die Diagnostik der sekundären Geschlechtsmerkmale am Schädel, weil das Becken, das sich für diese Analyse wesentlich besser eignet, nicht zur Verfügung steht. Ausgangspunkt der morphologischen Verwandtschaftsanalyse an den teilmumifizierten Bestattungen aus Mebrak sind 24 von insgesamt 27 Individuen. Drei Individuen mussten aus der Betrachtung ausgenommen werden, weil keine beurteilbaren Merkmale vorhanden waren (Ind. 24, Ind. 26, Ind. 31).

Der Erhaltungszustand und die Vollständigkeit der relevanten Skelettelemente für die Verwandtschaftsanalyse waren nicht für alle Individuen gleich. Störungen durch Beraubung, durch Grabüberschneidungen und durch Nachbestattungen kommen allerdings auch sonst häufig vor, so dass auch bei anderen Formen von Bestattung immer mit negativen Einflüssen auf den Fundzusammenhang zu rechnen ist (ALT & VACH 2004a). Von einigen der 24 Individuen aus Mebrak liegen

nur Unter- oder Oberkiefer und damit ein eingeschränktes Merkmalspektrum vor (vgl. **Tab. 5.1**). Bei anderen Individuen waren wegen der Teilmumifizierung der Schädel die Erfassung von Skelettvarianten des Gesichtsschädels und die Inspektion der Mundhöhle erschwert. In diesen Fällen musste ebenfalls auf die Erfassung einer Vielzahl von Merkmalen verzichtet werden. Für die Verwandtschaftsanalyse steht also nur ein reduzierter Merkmalspool zur Verfügung. Durch das Wegfallen bzw. durch eine sehr stark eingeschränkte Nutzbarkeit von Zusatzinformationen über die Individuen fehlen weitere wichtige Daten für eine erfolgreiche Durchführung der Verwandtschaftsanalyse. Zwar gibt es zahlreiche und gut erhaltene archäologische „Beigaben“ in dem Kollektivgrab von Mebrak, allerdings lassen sich diese nicht bestimmten Individuen zuordnen und fallen ebenso wie feinchronologische Datierungen oder Belegungsmuster als Zusatzinformationen für die Verwandtschaftsanalyse aus.

Nichtsdestotrotz ist für die Verwandtschaftsanalyse des Kollektivgrabes von Mebrak zu erwarten, dass sich hier ähnlich wie auf anderen Bestattungsplätzen Gruppen biologisch einander näherstehender Individuen diskriminieren lassen. Aufgrund limitierender Faktoren (z. B. Skeletterhaltung, Zugänglichkeit) ist nicht damit zu rechnen, dass bei der Analyse des Grabes prinzipiell alle genetisch verwandten Individuen gefunden werden. Ebenso können methodische Probleme bei der Erfassung relevanter Merkmale das Erkennen konsanguiner Familienmitglieder stark erschweren oder gar unmöglich machen, insbesondere in kleinen Gruppen. Zu den besonderen Merkmalseigenschaften polygener Merkmale – welche die Mehrzahl der Merkmale für die Analyse stellen – gehört beispielsweise, dass potentielle Merkmalsträger in einer Folgegeneration bei der Ausbildung eines Merkmals übergangen (übersprungen) werden können – ein Merkmalverhalten, welches in der Genetik mit dem Begriff Penetranzverhalten umschrieben wird.

Nach Erfassung der relevanten Merkmale und einiger Zusatzinformationen wie Alter und Geschlecht auf Merkmalsbögen wurden in einem zweiten Schritt diese Eintragungen in eine EDV-Datenmaske übertragen. Die Merkmale sind dabei zu einem großen Teil abgeleitete Merkmale, die sich z. B. aus der Zusammenfassung bilateral ausgeprägter Merkmale ergeben. Insgesamt wurde 1085 derartige Merkmale betrachtet, die – mit Ausnahme von nur 21 Merkmalen – an mindestens zwei der 24 betrachteten Individuen beurteilbar waren. Allerdings waren 825 dieser Merkmale

Ind. Nr.	Position	Geschlecht	Alter	mb	ma	RH < 25 %
1	631-10	w?	30-50	207	43	10
3	634-24	m	40-60	246	71	17
10	632-92	w	20-30	20	56	12
15	632-95	w?	40-60	68	28	10
22	634-57	m?	30-50	55	68	19
27	634-68	w	30-50	83	54	11
30	631-72	?	juvenil	36	31	19
32	633-49	?	juvenil	174	23	10
33	633-85	?	30-50	211	18	11

Tab. 5.18 Individuen mit mindestens 10 Merkmalsausprägungen mit einer relativen Häufigkeit (RH) kleiner 25 %; mb= Merkmal beurteilbar; ma= Merkmal ausgeprägt.

an keinem Individuum ausgeprägt und weitere 105 nur an einem Individuum, so dass diese Merkmale nicht zum Aufzeigen genetischer Ähnlichkeiten beitragen können. Weitere 27 Merkmale waren an allen Individuen ausgeprägt, so dass auch hier keine differenzierenden Hinweise auf Ähnlichkeiten erwartet werden konnten. Für eine morphologische Verwandtschaftsanalyse besonders geeignete Merkmale sind solche, die zwar an mindestens zwei Individuen, aber dennoch relativ selten vorkommen. Zieht man hier eine Grenze bei 25 %, so finden sich in Mebrak nur 42 derartige Merkmale. Je mehr dieser seltenen Merkmale ein Individuum hat, desto eher können wir erwarten, genetische Beziehungen aufzuzeigen. In Mebrak gibt es nur sehr wenige Individuen, die mehr als zehn ausgeprägte Merkmale mit einer relativen Häufigkeit kleiner 25 % haben (**Tab. 5.18**).

Bei vergleichbaren Bestattungseinheiten, die von uns untersucht wurden, war die Anzahl von Merkmalen mit einer relativen Häufigkeit < 25 % sehr viel höher (ALT & VACH 2006). Die relative Häufigkeit, mit der die Merkmale in der osteologischen Verwandtschaftsanalyse Verwendung finden, ist ein sehr wichtiges Kriterium für ihre Güte. Treten die Merkmale mit sehr hoher Durchschnittsfrequenz in der Normalbevölkerung auf, lassen sich damit keine Subgruppen im Sinne von Verwandtschaftsgruppen selektieren; liegt ihre Frequenz umgekehrt extrem niedrig, sind sie zu selten zu beobachten. Die optimale relative Häufigkeit von Merkmalen bewegt sich etwa in der Größenordnung zwischen 5 und 15 %. Im vorliegenden Fall dürfte ein Grund für den Mangel an Merkmalen mit vielversprechender, relativer Häufigkeit der nur mäßige Erhaltungszustand sein, wobei dies weniger an der Vollständigkeit der Skelettelemente als vielmehr an der z. T.

schwierigen Beurteilbarkeit (Teilummifizierung) liegt. Eine wichtige Vorbedingung für das Auffinden von verwandtschaftlichen Strukturen ist der zeitliche Kontext. Bei einer geringen Anzahl von Individuen und einer mehrhundertjährigen Nutzung einer Begräbnisstätte ist nicht zu erwarten, hier genealogische Verwandtschaftszusammenhänge aufdecken zu können. Hier ist eher zu erwarten, dass vielleicht einzelne Individuen über gemeinsam ausgeprägte Merkmale als biologisch ähnlich und damit als potentielle Verwandte betrachtet werden können. Mit diesem Problem sind wir im Fall von Mebrak konfrontiert.

Betrachtung von durch ihre relative Häufigkeit auffälligen Merkmale

Ein erstes Indiz für genetische Beziehungen zwischen den Individuen können Merkmale geben, die innerhalb des Kollektivs von Mebrak deutlich häufiger vorkommen als in vergleichbaren Populationen. Nach Durchsicht der relativen Häufigkeiten aller Merkmale wurden 52 ausgewählt, die populationspezifisch dahingehend auffällig waren, dass sie entweder ein deutlich erhöhtes Auftreten oder eine geringe Frequenz in seltenen Merkmalen aufweisen (vgl. **Tab. 5.19**). Das bedeutet, es geht nicht nur um Merkmale, deren Frequenz erhöht ist, sondern auch um Merkmale, die z. B. nur zweimal auftreten, was entweder Zufall sein kann oder bei sehr seltenen Merkmalen auf genetische Verwandtschaft hinweisen kann. Bei Durchsicht der relativen Häufigkeiten war es aber auch auffällig, dass es zahlreiche Merkmale gab, die bei den Individuen von Mebrak nie (*Dens evaginatus*: sackartige Einstülpung der Schmelzsubstanz in die Pulpa; *Tuberculum paramolare*

Nr.	Merkmal / Variante	Mebrak		Münsingen-Rain		HDO		Basta	
		beurt.	ausgep.	beurt.	ausgep.	beurt.	ausgep.	beurt.	ausgep.
91	Höckeranzahl 45 35 = 3	12	2	32	8	18	11	8	2
115	Fissurenmuster 45 35 = 4	5	2	23	3	0	0	8	0
124	Akz. Leiste 44 34 = 1	6	2	22	4	0	0	6	0
125	Akz. Leiste 45 35 = 1	4	2	20	4	0	0	8	0
126	Trennung Randleiste 14 24 = 1	5	2	22	6	19	11	9	7
142	Wurzelanzahl 14 24 = 1	11	4	8	6	36	16	15	1
143	Wurzelanzahl 14 24 = 2	11	7	8	3	36	21	15	14
159	Höckeranzahl 17 27 = 3	14	5	26	5	24	8	18	4
164	Höckerreduktion 17 27 = 1	13	5	27	3	26	1	17	6
165	Höckerreduktion 17 27 = 2	13	3	27	6	26	2	17	0
166	Höckerreduktion 17 27 = 3	13	3	27	12	26	5	17	0
174	Wurzelanzahl 17 27 = 1	6	3	0	0	24	1	11	0
210	Höckeranzahl 46 36 = 4	12	4	37	11	41	18	12	1
262	Wurzelanzahl 46 36 = 3	14	2	0	0	31	8	6	0
265	Wurzelanzahl 47 37 = 1	12	6	0	0	0	0	8	0
510	Akz. Höcker distale Randleiste 17 27 = 1	7	2	13	2	0	0	13	3
524	Entoconulid 47 37 = 1	8	4	25	5	19	2	10	0
554	Tub. paramolare 48 38 = 1	8	3	23	6	18	1	9	3
574	Tub. intermedium 46 36 = 1	14	2	33	2	43	4	12	0
585	Akz. Wurzeln = 1	14	2	53	2	0	0	14	0
646	Hypodontie 45 35 = 1	15	2	0	0	0		18	1
650	Hypodontie 3. Mol = 1	22	3	37	5	48	4	23	0
660	Formreduktion 18 28 = 1	12	4	0	0	27	1	14	0
679	Größenreduktion 18 28 = 1	13	5	0	0	27	5	13	1
825	Ant. Engstand = 1 2 3	15	4	0	0	51	1	32	0
826	Ant. Fehlstellung 11 21 = 1	12	2	0	0	41	2	32	0
1000	Sag. Fehlstand s = 2	8	3	0	0	32	2	32	0
1021	Torus mand. r l = 1	16	2	0	0	65	4	14	0
1022	Torus palat. a = 1	18	11	38	6	34	5	9	1
1027	For. infraorb. multiplex r l = 1	19	5	0	0	29	2	0	0
1029	For. mand. multiplex r l = 1	12	3	0	0	51	12	0	0
1038	For. palatinum r l = 1	18	12	0	0	19	1	10	1
1050	Sut. infraorbitalis r l = 1	15	3	16	11	29	13	0	0
1053	Sut. palatina trans. a = 2	16	5	22	4	20	15	0	0
1054	Sut. palatina trans. a = 3	16	6	22	9	0	0	0	0
1055	Sut. palatina trans. a = 4	16	4	22	3	20	2	0	0
1056	Metopismus a = 1	18	2	67	4	56	10	20	3
1057	For. supraorbitale r l = 1	20	9	0	0	52	6	0	0
1059	Oss. coronalis r l = 1	8	5	0	0	37	6	19	10
1061	Oss. sagittalis a = 1	5	3	0	0	40	8	17	10
1064	Sut. mendosa r l = 1	12	8	53	7	48	14	0	0
1065	Oss. lambdaoidea r l = 1	12	10	56	27	44	26	0	0
1068	Os inc. parietalis r l = 1	9	3	0	0	26	5	0	0
1072	Tub. pharyngeum a = 1	10	5	0	0	0	0	0	0
1073	Tub. praecondylare r l = 1	9	2	23	3	0	0	9	3
1074	For. ovale r l = 1	16	4	24	4	29	3	12	3
1076	For. Huschke r l = 1	12	5	45	4	0	0	21	5
1078	Torus accusticus r l = 1	15	3	0	0	0	0	21	2
1079	Os epiptericum r l = 1	12	3	25	5	21	1	0	0
1081	For. ethmoid. post. r l = 1	16	6	5	3	0	0	0	0
1082	For. ethmoid. ant. l = 1	16	6	0	0	0	0	0	0
1083	For. zyg.-faciale r l = 1	20	10	27	4	43	26	0	0

Tab. 5.19 Liste von Merkmalen mit auffälligen Häufigkeiten in Mebrak im Vergleich zu Merkmalshäufigkeiten aus Fundstellen anderer Zeitstellung und geographischer Lage (Merkmale vgl. ALT 1997); konkurrierende Merkmale sind nicht ausgeschlossen; Münsingen-Rain (Schweiz), 1. Jt. v. Chr. (NICKLISCH 2006); Halberstadt, Derenburg, Oberwiederstedt (Deutschland), Linienbandkeramik (HDO, GLIENKE 2012); Basta (Jordanien), frühneolithisch (ALT et al. 2013b).

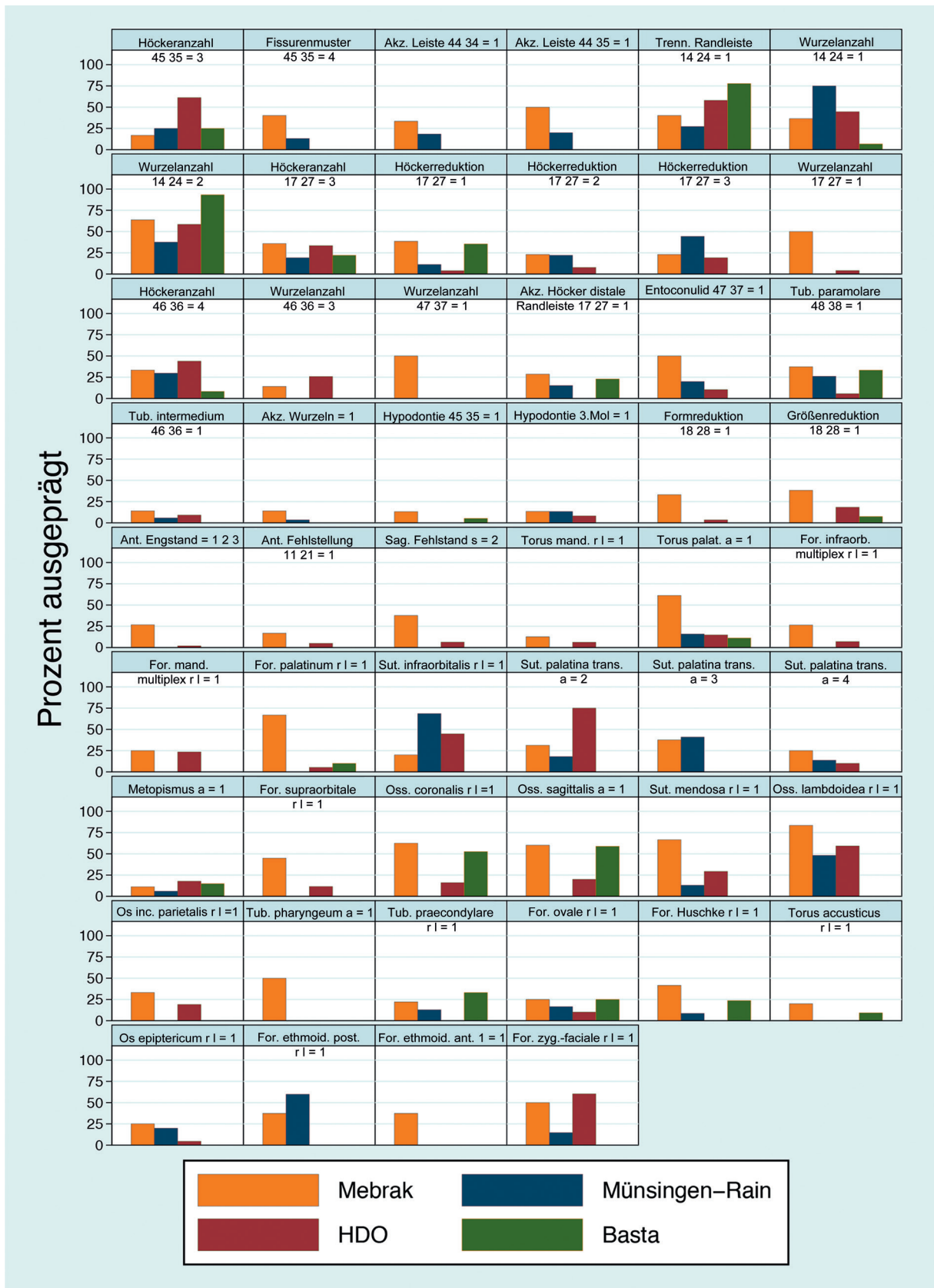


Abb. 5.29 Darstellung der prozentualen Häufigkeiten der Merkmale aus Tab. 5.19 im Vergleich zu den drei Vergleichspopulationen Münsingen-Rain, HDO und Basta.

Unterkiefer: akzessorischer Höcker, der buccal an Molaren auftritt; Schmelzperlen: kugelförmige Schmelzreste aus der Odontogenese, die meist in der Bifurkation von Molaren vorkommen) oder selten („Deflecting wrinkle: spezifische Runzelung auf der Kaufläche der Molaren“; *Tuberculum intermedium*: lingual an Molaren im Unterkiefer auftretender akzessorischer Höcker; erste Prämolaren im Oberkiefer mit einer Wurzel; erste Molaren im Unterkiefer mit drei Wurzeln) vorkamen, obwohl man sie aufgrund ihrer Häufigkeit in „sinodonten“ Vergleichspopulationen mit höherer Frequenz erwartet hätte (ALT 1997b; HANIHARA 1970; KIMURA et al. 2009; SCOTT et al. 2000). Andere typisch „sinodonte“ Merkmale wie z. B. die Schaufelform der oberen Schneidezähne und das Entoconulid (akzessorischer Höcker an Molaren im Unterkiefer) waren dagegen wie erwartet vorhanden.

In **Abb. 5.29** sind die prozentualen Häufigkeiten der Merkmale aus **Tab. 5.19** im Vergleich zu drei ausgewählten Populationen, die zeitlich und räumlich zu Mebrak divergieren, dargestellt. Bei den Vergleichspopulationen handelt es sich um das latènezeitliche Gräberfeld von Münsingen-Rain (Schweiz; NICKLISCH 2006), eine frühneolithische Fundstelle aus Basta (Jordanien; ALT et al. 2013b) sowie eine linienbandkeramische Sammelserie aus Sachsen-Anhalt (Deutschland; GLIENKE 2012). In der Abbildung wird deutlich, dass sich in der Untersuchungsgruppe von Mebrak die relativen Frequenzen der ausgewählten Merkmale teilweise sehr deutlich von denjenigen der Vergleichspopulationen unterscheiden. Insgesamt 36 der 52 Merkmale sind häufiger in Mebrak vertreten als in den drei Vergleichspopulationen, dagegen sechs seltener als in den Vergleichspopulationen. Nur für zehn der 52 Merkmale gibt es eine Vergleichspopulation mit höherer oder niedrigerer Häufigkeit.

Distanzanalysen

Bei der Suche, aus der vorliegenden Datenmatrix Hinweise auf „genetisch“ verwandte Individuen oder Gruppen von Individuen abzuleiten, wurden verschiedene mathematisch-statistische Ansätze verfolgt (ALT & VACH 2004). Ein wichtiger Ansatz, verwandtschaftliche Strukturen aufzuzeigen, besteht in Distanzanalysen. Hierbei wird die paarweise Ähnlichkeit von Individuen betrachtet. Hierzu wird für jedes Paar von Individuen die Anzahl der Merkmale bestimmt, die in beiden Individuen beurteilbar und in mindestens

einem ausgeprägt sind, und zu dieser wird die Anzahl der gemeinsam ausgeprägten Merkmale in Relation gesetzt. Die so bestimmte relative Häufigkeit wird auch als Jaccard-Index bezeichnet. Für diejenigen Paare, bei denen diese relative Häufigkeit am größten ist und bei denen sich die Häufigkeit auch tatsächlich auf mehrere, gemeinsam ausgeprägte Merkmale stützt, kann man dann am ehesten von genetischer Ähnlichkeit ausgehen. Distanzanalysen sind in der Regel jedoch nur nach einer Merkmalsselektion sinnvoll, da sich sonst die wenigen, reale genetische Beziehungen widerspiegelnden Übereinstimmungen in Merkmalen nicht von den zahlreichen zufälligen Übereinstimmungen abheben. Grundlage der Distanzanalyse war die erstellte Merkmalsliste mit auffälligen Merkmalen (**Tab. 5.19**). Hierzu wurden sowohl Merkmale einbezogen, die mindestens bei zwei Individuen ausgeprägt waren (also Substrukturen kennzeichnen) oder die generell häufig auftreten und somit als Populationsmerkmale gelten dürfen (> 50 % ausgeprägt).

In **Abb. 5.30** sind die Ergebnisse grafisch dargestellt. Es werden dort alle Individuenpaare gezeigt, bei denen die relative Häufigkeit der Übereinstimmung mindestens 37,5 % betrug und es mindestens drei gemeinsam ausgeprägte Merkmale gab. Zu erkennen sind einige erhöhte paarweise Ähnlichkeiten, wie zwischen den Ind. 1 und 27, Ind. 6 und 10, Ind. 9 und 22 sowie Ind. 15 und 30, aber es lassen sich kaum größere Strukturen, d. h. Gruppen von Individuen mit erhöhter paarweiser Ähnlichkeit, erkennen. Nur für die

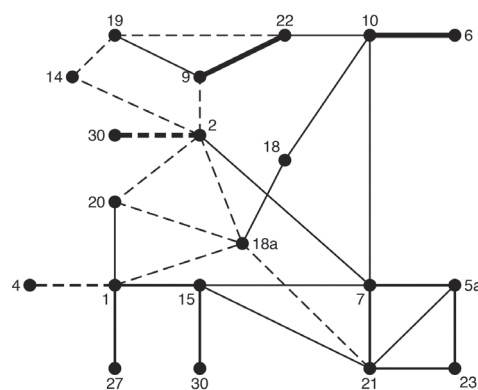


Abb. 5.30 Ergebnisse der Distanzanalyse basierend auf der Häufigkeit auffälliger Merkmale.
 Dicke Linien: Jaccard-Index $\geq 60\%$.
 Mitteldicke Linien: Jaccard-Index 45 bis 60%.
 Dünne Linie: Jaccard-Index 37,5 bis 45%.
 Gestrichelte Linie: 3 gemeinsam ausgeprägte Merkmale.
 Durchgezogene Linie: 4 oder mehr gemeinsam ausgeprägte Merkmale.

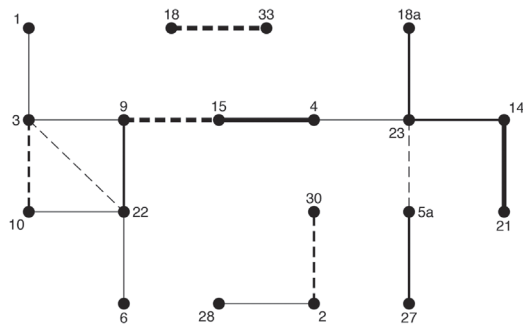


Abb. 5.31 Ergebnisse der Distanzanalyse basierend auf statistischen Kriterien ausgewählter Merkmale.
 Dicke Linien: Jaccard-Index $\geq 50\%$.
 Mitteldicke Linien: Jaccard-Index 40 bis 50%.
 Dünne Linie: Jaccard-Index 25 bis 40%.
 Gestrichelte Linie: 2 gemeinsam ausgeprägte Merkmale.
 Durchgezogene Linie: 3 oder mehr gemeinsam ausgeprägte Merkmale.

vier Individuen 5a, 7, 21 und 23, und eventuell für die Individuen 9, 19 und 22 gibt es Hinweise auf eine derartige Gruppenstruktur. Ansonsten scheint es sich eher um mehr oder weniger zufällige Verbindungen zu handeln. Berücksichtigt man jedoch die lange Belegungsphase der Höhle als Bestattungsort, sind die Ergebnisse durchaus plausibel.

Eine zweite Distanzanalyse leitet sich von statistischen Überlegungen ab. Es wurden alle Merkmale berücksichtigt, die mindestens zweimal ausgeprägt sind und eine relative Häufigkeit haben, die sie zum Aufzeigen von verwandtschaftlichen Beziehungen noch geeignet erscheinen lassen. Letzteres wurde so definiert, dass die Wahrscheinlichkeit der zufälligen Übereinstimmung zweier Individuen kleiner als 10 % ist. Das bedeutet, dass alle Merkmale in die Distanzanalyse aufgenommen wurden, die

- 2 mal ausgeprägt und mindestens 6 mal beurteilbar waren,
- 3 mal ausgeprägt und mindestens 9 mal beurteilbar waren,
- 4 mal ausgeprägt und mindestens 13 mal beurteilbar waren,
- 5 mal ausgeprägt und mindestens 16 mal beurteilbar waren.

Es ließen sich 41 derartige Merkmale finden. Die Ergebnisse dieser Distanzanalyse zeigen alle Paare mit mindestens zwei gemeinsam ausgeprägten Merkmalen und einem Jaccard-Index von mindestens 25 % (Abb. 5.31). Wie bereits in der ersten Distanzanalyse legen sie wiederum die Abwesenheit größerer zusammenhängender Strukturen nahe. Die Individuen zerfallen in

mehrere Untergruppen ohne Verbindung, aber auch innerhalb der Untergruppen finden sich kaum Individuen mit erhöhter, paarweiser Ähnlichkeit.

Das wichtigste Ergebnis der Untersuchung ist, dass sich kaum Hinweise finden lassen, die über paarweise Ähnlichkeit hinausgehen. Es existieren insgesamt nur zwei Tripel, wo alle drei Paare in mindestens zwei Merkmalen übereinstimmen. Dabei handelt es sich im ersten Fall um die Individuen Ind. 3, Ind. 10 und Ind. 22, im zweiten Fall um die Individuen Ind. 3, Ind. 9 und Ind. 22. Allerdings gibt es kein Merkmal, das an jeweils allen drei Individuen ausgeprägt ist. Einschränkung ist ebenfalls zu erwähnen, dass Ind. 22 eine sehr gute Erhaltung aufweist, was das Ergebnis etwas relativiert. Wenn man jedoch berücksichtigt, dass die Bestattungen über fast 500 Jahre streuen, wäre es eher ungewöhnlich, wenn sich Tripel finden ließen, wo die Paare in vielen Merkmalen übereinstimmen.

Suche nach auffälligen Blöcken in der Datenmatrix

Ein weiterer Ansatz zielt auf die direkte Suche nach auffälligen Teilblöcken in der Datenmatrix und geht von folgender Voraussetzung aus: Wenn es für eine Familie mehrere familientypische Merkmale gibt, so können wir einen Hinweis auf diese Familie dadurch finden, dass wir nach einer Gruppe von Individuen und einer Menge von Merkmalen suchen, bei der alle Individuen mehrere Merkmale aufweisen und jedes Merkmal bei mehreren Individuen auftritt, und alle anderen Individuen und Merkmale diese Eigenschaft nicht aufweisen. Bei der systematischen Suche nach derartigen Teilblöcken ergaben sich in Mebrak nur spärliche Hinweise, und zwar in Form von Hinweisen auf Ähnlichkeiten zwischen Paaren von Individuen: Es konnten drei Paare von Individuen gefunden werden, die in jeweils drei Merkmalen übereinstimmten und die jeweils die beiden einzigen Individuen in der gesamten Population waren, die diese Merkmale aufweisen (Tab. 5.20). Es handelt sich dabei um die Paare 22 und 6 (Teilblock 1), 2 und 30 (Teilblock 2) sowie 18 und 33 (Teilblock 3). In allen drei Paaren waren mindestens zwei der drei Merkmale auch hinsichtlich ihrer relativen Häufigkeit selten ($\leq 20\%$) (vgl. Tab. 5.20). Das Paar 15 und 9 (Teilblock 4) stimmte ebenfalls in drei Merkmalen überein, wobei jedoch ein Merkmal an weiteren Individuen ausgeprägt war und zwei Merkmale eine

Auffälliger Teilblock 1			f _I	f _R	f _B	rf														
m1	15-1	Torus mand. r l = 1 (1021)	2	0	16	13%														
m2	15-10	For. palat. minor partitum r l = 1 2 (1037)	2	0	18	11%														
m3	2-5	Trennung Randleiste 15 25 = 1 2 3 (133)	2	0	4	50%														
			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>m1</th> <th>m2</th> <th>m3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>i1</td> <td>22</td> <td>++</td> <td>-+</td> <td>?+</td> </tr> <tr> <td>i2</td> <td>6</td> <td>++</td> <td>-+</td> <td>-+</td> </tr> </tbody> </table>					m1	m2	m3	i1	22	++	-+	?+	i2	6	++	-+	-+
	m1	m2	m3																	
i1	22	++	-+	?+																
i2	6	++	-+	-+																

Auffälliger Teilblock 2			f _I	f _R	f _B	rf														
m1	4-2	Höckerreduktion 47 37 = 1 4 5 (236)	2	0	13	15%														
m2	11-1/8	Zahnunterzahl und Mikrosymptome abs/form/gros/verk/verz/fald/anod/retv1/retv2 48 38 (815)	2	0	15	13%														
m3	2-4	Akz. Leiste 44 34 = 1 (124)	2	0	6	33%														
			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>m1</th> <th>m2</th> <th>m3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>i1</td> <td>2</td> <td>++</td> <td>+++++????-????????</td> <td>++</td> </tr> <tr> <td>i2</td> <td>30</td> <td>++</td> <td>+++++??-+??????-</td> <td>?+</td> </tr> </tbody> </table>					m1	m2	m3	i1	2	++	+++++????-????????	++	i2	30	++	+++++??-+??????-	?+
	m1	m2	m3																	
i1	2	++	+++++????-????????	++																
i2	30	++	+++++??-+??????-	?+																

Auffälliger Teilblock 3			f _I	f _R	f _B	rf														
m1	4-4	Wurzelszahl 46 36 = 3 (262)	2	0	14	14%														
m2	8-6	Tub. intermedium 46 36 = 1 (574)	2	0	14	14%														
m3	9-3	Radix praemolarica 46 36 47 37 48 38 = 1 (585)	2	0	14	14%														
			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>m1</th> <th>m2</th> <th>m3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>i1</td> <td>18</td> <td>++</td> <td>++</td> <td>++--?-</td> </tr> <tr> <td>i2</td> <td>33</td> <td>++</td> <td>++</td> <td>++--?-</td> </tr> </tbody> </table>					m1	m2	m3	i1	18	++	++	++--?-	i2	33	++	++	++--?-
	m1	m2	m3																	
i1	18	++	++	++--?-																
i2	33	++	++	++--?-																

Auffälliger Teilblock 4			f _I	f _R	f _B	rf														
m1	2-2	Fissurenmuster 15 25 = 3 (102)	2	0	8	25%														
m2	16-16	Condylus occip. partitum r l = 1 (1071)	2	0	12	17%														
m3	11-3	Größenreduktion 18 28 48 38 = 1 (688)	2	4	18	33%														
			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>m1</th> <th>m2</th> <th>m3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>i1</td> <td>15</td> <td>++</td> <td>+-</td> <td>++++</td> </tr> <tr> <td>i2</td> <td>9</td> <td>?+</td> <td>-+</td> <td>++++</td> </tr> </tbody> </table>					m1	m2	m3	i1	15	++	+-	++++	i2	9	?+	-+	++++
	m1	m2	m3																	
i1	15	++	+-	++++																
i2	9	?+	-+	++++																

Auffälliger Teilblock 5			f _I	f _R	f _B	rf																								
m1	9-6	Pyramidalismus 18 28 = 1 (590)	3	0	8	33%																								
m2	11-1/8	Zahnunterzahl und Mikrosymptome abs/form/gros/verk/verz/fald/anod/retv1/retv2 18 28 (807)	3	3	18	33%																								
m3	3-2	Ant. Engstand g = 1 2 3 (825)	3	1	15	27%																								
			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>m1</th> <th>m2</th> <th>m3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>i1</td> <td>10</td> <td>??</td> <td>----?-?-----?-?+-</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>i2</td> <td>9</td> <td>++</td> <td>-++-?-?---++-?-?--</td> <td>?</td> </tr> <tr> <td>i3</td> <td>22</td> <td>+?</td> <td>-++-?-?--????????</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>i4</td> <td>3</td> <td>++</td> <td>-++-?-?---++-?-?--</td> <td>+</td> </tr> </tbody> </table>					m1	m2	m3	i1	10	??	----?-?-----?-?+-	+	i2	9	++	-++-?-?---++-?-?--	?	i3	22	+?	-++-?-?--????????	+	i4	3	++	-++-?-?---++-?-?--	+
	m1	m2	m3																											
i1	10	??	----?-?-----?-?+-	+																										
i2	9	++	-++-?-?---++-?-?--	?																										
i3	22	+?	-++-?-?--????????	+																										
i4	3	++	-++-?-?---++-?-?--	+																										

Auffälliger Teilblock 6			f _I	f _R	f _B	rf																																																																
m1	2-2	Fissurenmuster 45 35 = 4 (115)	2	0	5	40%																																																																
m2	16-13	Os incisurae parietalis r l = 1 (1068)	3	0	9	33%																																																																
m3	13-2	Ant. Engstand g = 2 (821)	2	2	15	27%																																																																
m4	9-6	Pyramidalismus 17 27 = 1 (589)	2	0	8	25%																																																																
m5	15-19	Sut. palatina transversa a = 3 (1054)	4	2	16	38%																																																																
m6	15-1	Torus mand. r l = 1 (1021)	2	0	16	13%																																																																
m7	15-10	For. palat. minor partitum r l = 1 2 (1037)	2	0	18	11%																																																																
m8	2-5	Trennung Randleiste 15 25 = 1 2 3 (133)	2	0	4	50%																																																																
			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th></th> <th>m1</th> <th>m2</th> <th>m3</th> <th>m4</th> <th>m5</th> <th>m6</th> <th>m7</th> <th>m8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>i1</td> <td>28</td> <td>??</td> <td>+-</td> <td>?</td> <td>??</td> <td>+</td> <td>??</td> <td>--</td> <td>??</td> </tr> <tr> <td>i2</td> <td>3</td> <td>++</td> <td>??</td> <td>+</td> <td>++</td> <td>-</td> <td>--</td> <td>--</td> <td>??</td> </tr> <tr> <td>i3</td> <td>10</td> <td>??</td> <td>++</td> <td>+</td> <td>++</td> <td>+</td> <td>??</td> <td>--</td> <td>??</td> </tr> <tr> <td>i4</td> <td>22</td> <td>--</td> <td>??</td> <td>-</td> <td>??</td> <td>+</td> <td>++</td> <td>-+</td> <td>?+</td> </tr> <tr> <td>i5</td> <td>6</td> <td>?+</td> <td>++</td> <td>?</td> <td>--</td> <td>+</td> <td>++</td> <td>-+</td> <td>-+</td> </tr> </tbody> </table>										m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8	i1	28	??	+-	?	??	+	??	--	??	i2	3	++	??	+	++	-	--	--	??	i3	10	??	++	+	++	+	??	--	??	i4	22	--	??	-	??	+	++	-+	?+	i5	6	?+	++	?	--	+	++	-+	-+
		m1	m2	m3	m4	m5	m6	m7	m8																																																													
i1	28	??	+-	?	??	+	??	--	??																																																													
i2	3	++	??	+	++	-	--	--	??																																																													
i3	10	??	++	+	++	+	??	--	??																																																													
i4	22	--	??	-	??	+	++	-+	?+																																																													
i5	6	?+	++	?	--	+	++	-+	-+																																																													

Tab. 5.20 Sechs ausgewählte Ergebnisse der Suche nach auffälligen Teilblöcken. Für jeden Teilblock sind im oberen Teil die ausgewählten Merkmale, im unteren Teil die ausgewählten Individuen mit ihren Ausprägungen für die ausgewählten Merkmale angegeben. Zu den ausgewählten Merkmalen werden weiterhin die absolute Häufigkeit innerhalb der ausgewählten Individuen (f_I), die absolute Häufigkeit in den restlichen Individuen (f_R), die Anzahl der insgesamt beurteilbaren Individuen (f_B) sowie die relative Häufigkeit insgesamt (rf) angegeben.

relative Häufigkeit von 25 % oder darüber aufwiesen. Zuletzt soll noch das Paar 22 und 3 erwähnt werden, das auch in drei Merkmalen übereinstimmte, wobei aber zusätzlich die Individuen 9 und 10 jeweils zwei dieser Merkmale aufweisen (Teilblock 5).

Über diese Paare von Individuen hinaus konnten kaum weitergehende, größere Strukturen aufgezeigt werden. Die gefundenen Blöcke spiegelten in der Regel Verbindungen zwischen den bisher genannten Paaren wieder, die aber wenig Überzeugungskraft besaßen. Als Beispiel ist in **Tab. 5.20** der auffälligste Teilblock mit acht Merkmalen (Teilblock 6) dargestellt, der Verbindungen zwischen den beiden Paaren 22 und 6 sowie 3 und 10 nahelegt. Die Merkmale m6, m7 und m8 weisen dabei aber nur auf die Ähnlichkeit der Individuen 22 und 6 hin, und die Merkmale m3 und m4 nur auf die Ähnlichkeit der Individuen 3 und 10. Nur drei Merkmale, nämlich m1, m2 und m5, stellen die Verbindung her. Alle diese drei Merkmale haben jedoch eine relative Häufigkeit über 33 % und sind entweder selten beurteilbar oder auch außerhalb der fünf gefunden Individuen ausgeprägt.

Insgesamt weisen also die Ergebnisse dieser Analyse darauf hin, dass es möglicherweise wiederum genetische Ähnlichkeit zwischen einzelnen Paaren von Individuen gibt aber kaum Hinweise auf größere, zusammenhängende Gruppen von Individuen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Distanzanalysen, wobei aber anzumerken ist, dass nicht alle fünf nun auffälligen Paare auch in der Distanzanalyse aufgezeigt werden konnten. Dies liegt daran, dass die Suche nach Teilblöcken im Gegensatz zur Distanzanalyse die Häufigkeit der Merkmale berücksichtigt.

Stirnhöhlen

Untersuchungen zur Vererbung anatomischer Varianten im Schädel- und Gesichtsbereich des Menschen inklusive der Nasennebenhöhlen reichen bis in das frühe 20. Jahrhundert zurück (SCHÜLLER 1921; LEICHER 1928; SITSÉN 1931; MARESH 1940). Im Rahmen forensischer und anthropologischer Fragestellungen hat sich danach vor allem Johann Szilvássy mit der Entwicklung, Variation und Vererbung der Stirnhöhlen beschäftigt (SZILVÁSSY 1981; 1982) und die Methodik in der anthropologischen Forschung etabliert (SZILVÁSSY 1986). Parallel dazu hatten Forscher damit begonnen, die Größe und Ausdehnung der Nebenhöhlen für vergleichende Studien an Inuit

aus Grönland, Alaska und Kanada zu nutzen (HYLANDER 1977; LAUGHLIN et al. 1979; LYNNERUP et al. 1999). Unter evolutiven Gesichtspunkten fanden eine Reihe von Untersuchungen zur Entwicklung und Funktion der Nasennebenhöhlen an nicht-menschlichen Primaten und Menschen statt (BLANEY 1986; KOPPE & SCHUMACHER 1992; KOPPE et al. 1999). Es ist naheliegend, dass die Darstellung der Nebenhöhlen zum einen von den Möglichkeiten bildgebender Verfahren in der Radiologie abhängig ist (BROTHWELL et al. 1968; EVANS & KNIGHT 1981; YOSHINO et al. 1987), zum anderen von der guten Erhaltung und damit Darstellungsmöglichkeit zumindest der Schädel im Rahmen von Studien in der Anthropologie. Die herausragende Rolle von Erbfaktoren für die Entwicklung der Form und Größe der Stirnhöhlen wurde vielfach herausgestellt (SZILVÁSSY 1982; AIELLO & DEAN 1990). Diese Ansicht stützen Aussagen über die *Sinus frontales* bei nicht-menschlichen Primaten, die keine Hinweise auf eine funktionelle Rolle der Stirnhöhlen erbrachten (BLANEY 1986). Sehr kritisch zu bewerten sind Berichte über ethnische Unterschiede aus verschiedenen geographischen Regionen der Welt (vgl. KRITSCHER 1983). Die vorgefundenen Unterschiede basieren z. T. auf geographischer Isolation dieser Gruppen oder Populationen.

Aus den oben genannten Gründen ergibt sich die Bedeutung der *Sinus frontales* für die anthropologische Verwandtschaftsanalyse. Die Rekonstruktion von Familien und Sippen aus früheren Populationen ist essentieller Bestandteil von Binnengliederungen bei Studien der menschlichen Überreste von Bestattungsgemeinschaften. Zu den etablierten Verfahren zur Ermittlung familiärer Beziehungen gehören in erster Linie die aDNA-Analyse (Methode der Wahl) und die morphologische Ähnlichkeitsanalyse anhand der Betrachtung epigenetischer Merkmale. Knapp 30 teilmumifizierte Individuen aus einer Bestattungshöhle in Mebrak wurden im Hinblick auf interindividuelle verwandtschaftliche Beziehungen hin untersucht. Mittels etablierter Methoden (aDNA und epigenetische Zahnmerkmale) waren im vorliegenden Fall aus verschiedensten Gründen keine bzw. keine zufriedenstellenden Ergebnisse zu erzielen. Alternativ wurde daher ein in der forensischen Anthropologie erfolgreiches Verfahren eingesetzt, die Frontalprojektion der *Sinus frontales* mittels Röntgenuntersuchung. Dieses Verfahren setzt eine optimale morphologische Erhaltung voraus, die bei historischen Skelettserien selten vorliegt, bei den Mumien aus Nepal aber in allen Fällen gegeben ist.

Da die Größe und Form der Stirnhöhlen sehr variabel ist, ihre Entwicklung genetisch gesteuert und das Verfahren durch Familienstudien an rezenten Probanden abgesichert scheint, schien uns dies eine gute Gelegenheit, das Prozedere auf die vorliegenden Mumien Schädel anzuwenden. Im Fall von Mebrak ließen sich die Stirnhöhlen der Individuen anhand der Form und Größe in drei Gruppen differenzieren: Gruppe I zeichnet sich durch eine komplette Aplasie der *Sinus frontales* aus und betrifft die Individuen 1, 9, 10 und 21 (Abb. 5.32a), Gruppe II zeigt einseitige Aplasie der Nebenhöhlen und ist bei den Individuen 4, 5a, 7 und 27 ausgeprägt, Gruppe III umfasst zwei Subgruppen von Individuen mit beidseitig auftretenden Stirnhöhlen, die sich hinsichtlich ihrer Form unterscheiden: Gruppe III-A wird durch die Individuen 6, 18a, 20 und 22 repräsentiert (Abb. 5.32b) und Gruppe III-B durch die Individuen 3, 15 und 19. Mit einer speziellen Aufnahmetechnik wurden Frontalansichten der Stirnhöhle erzielt, die sich entweder direkt am Leuchttisch oder nach Durchzeichnung morphologisch vergleichen lassen.

Interessanterweise decken sich die Ergebnisse der Stirnhöhlenuntersuchung teilweise mit der Verteilung der Kohlenstoff- und Stickstoffisotopien (vgl. Kap. 5.8). Ebenso finden sich Übereinstimmungen aus der Untersuchung der Stirnhöhlenregionen mit seltenen Schädel- und Zahn-

merkmalen aus der morphologischen Ähnlichkeitsanalyse. Individuen aus der Gruppe I teilen sich gemeinsam das Vorhandensein von einwurzeligen zweiten Molaren im Unterkiefer, einen akzessorischen Höcker (*distal accessory tubercle*) an den zweiten Molaren im Oberkiefer und das zusätzliche *Tuberculum paramolare* an den dritten Molaren im Unterkiefer. Alle drei Merkmale treten gewöhnlich in relativ niedriger Frequenz auf. Gruppe III enthält als gemeinsame anatomische Varianten die Merkmale anteriorer Engstand im Gebiss sowie einen *Torus mandibularis*, die möglicherweise ebenfalls einen Indikator für eine morphologische Ähnlichkeit zwischen diesen Individuen darstellen.

Diskussion

Das Fazit aus den Untersuchungsergebnissen zu möglichen interindividuellen genetischen Verwandtschaftsverhältnissen fällt nüchtern aus. Globale Aussagen über die „genetische“ Struktur der Bevölkerung respektive Substrukturen innerhalb der Totengemeinschaft sind nicht möglich. Daher können nur einige wenige Auffälligkeiten zwischen einzelnen Individuen angesprochen werden. Es wäre im vorliegenden Fall von besonderer Bedeutung gewesen, externe Informationen nutzen zu können, mit denen

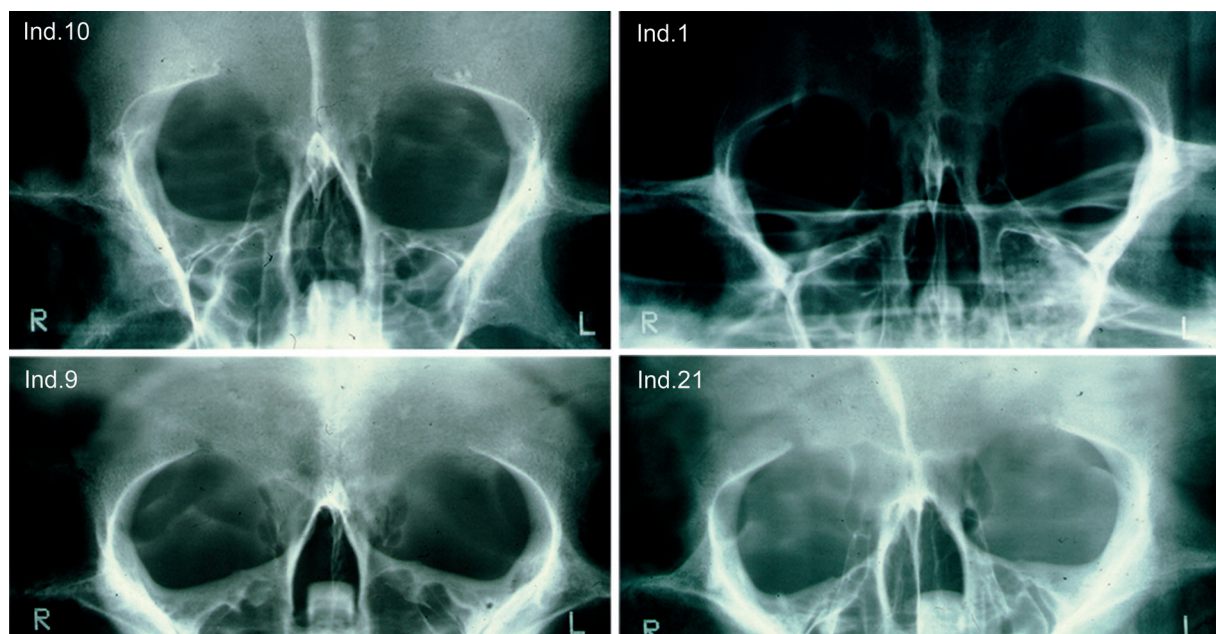


Abb. 5.32a Vier Individuen mit Aplasie der Stirnhöhlen.

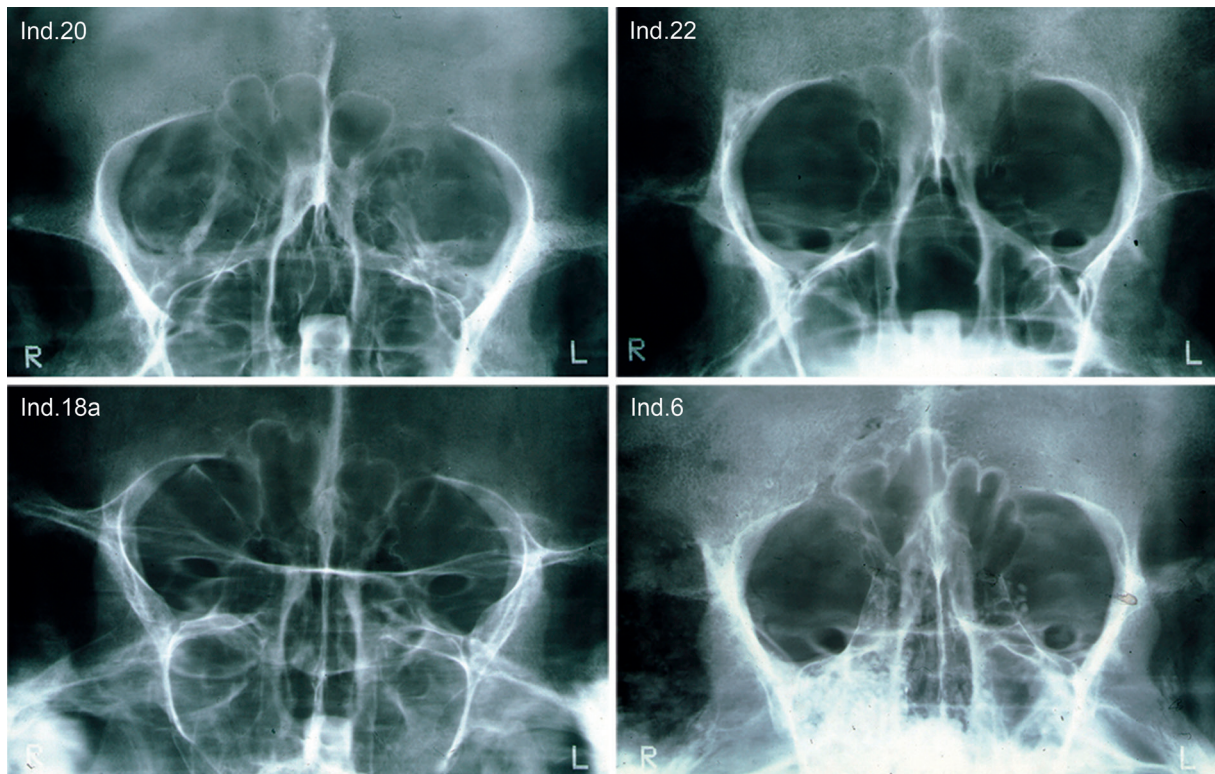


Abb. 5.32b Vier Individuen mit beidseitig angelegten Stirnhöhlen.

man eine Suche hätte starten können. Durch den Kollektivcharakter des Grabes und die fehlende Zuordnung von Grabbeigaben entfallen archäologische Zusatzinformationen jedoch völlig. Und da die Belegungsdauer des Grabes über eine größere Zeitspanne streut und nicht von allen Individuen Daten zur absoluten Datierung vorliegen, lässt sich anhand der epigenetischen Merkmale lediglich eine deutliche Homogenität innerhalb der Gesamtstichprobe nachweisen. Hinweise auf populationsgenetische/verwandtschaftliche Zusammenhänge der Gemeinschaft ergaben sich jedoch noch aus zwei weiteren anthropologischen Ergebnissen. Eine dieser Zusatzinformationen betraf die Untersuchung der Form und Größe der Stirnhöhlen aus einer Voruntersuchung (vgl. ALT et al. 2003). Ausgangspunkt dieser Analyse war die ungewöhnlich gute Erhaltung der Schädel, wodurch Röntgendarstellungen der Nasennebenhöhlen bei nahezu allen Individuen möglich waren. Zahlreiche Studien in rezenten Bevölkerungen wiesen nach, dass sich die Stirnhöhlen hervorragend zur Familienanalyse in der

Forensik eignen, was man sich vor der Ara der Molekulargenetik u. a. in der Vaterschaftsbegutachtung bzw. bei der Identifizierung unbekannter Leichen zunutze machte (LEICHER 1928; SZILVÁSSY 1986). Die zweite Zusatzinformation ergab sich durch die Verwendung von Ergebnissen aus der Analyse der stabilen Isotope (vgl. Kap. 5.8), wobei sich identifizierte Teilgruppen aus beiden Untersuchungen deckten (vgl. ALT et al. 2003). Aufgrund der geschilderten Ausgangssituation waren die generierten Ergebnisse nicht unbedingt zu erwarten. Insbesondere die lange Zeitspanne der Belegung der Höhle verhinderte im vorliegenden Fall, dass eine geschlossene Generationenabfolge angenommen werden kann. Daher war keine differenziertere Binnendifferenzierung zu erwarten bzw. möglich. Als wichtigstes Ergebnis zeigen die vorgenommenen Studien eine insgesamt homogene Basisbevölkerung, die innerhalb ihrer ethnischen Zugehörigkeit eine gewisse Differenzierung zeigt, wie sie bei familiär geprägter Lebensweise in relativ isoliert lebenden Bevölkerungsgruppen zu erwarten ist.

5.8 Mikrostruktureller und stofflicher Erhaltungsgrad, Ernährungsrekonstruktion mittels stabiler Isotope aus dem Knochenkollagen

Gisela Grupe

Einleitung

Für die Ernährungsrekonstruktion konnten Proben von 14 Langknochen aus dem prähistorischen Höhlengrab von Mebrak 63 untersucht werden. Dazu kam eine jüngere Probe aus der Ruinengrabung in der Terrassensiedlung von Mebrak (SIMONS et al. 1998a). Makroskopisch waren die Skelette in einem sehr guten Erhaltungszustand, wie bei einem kühlen und trockenen Liegemilieu prinzipiell erwartet werden kann. Inwieweit aber die Integrität der Mikrostruktur der Funde und insbesondere deren stoffliche Zusammensetzung gewahrt ist, lässt sich durch äußere Inspektion nicht erschließen. Die Guanobedeckung der Funde gab hier insbesondere Anlass zur Sorge: Diese ist nicht von vorneherein auf den Bestatteten vorhanden, sondern akkumuliert über einen längeren Zeitraum. Da bereits durch initiale Fäulnis der Leichen eine lokale Ansäuerung des Liegemilieus hervorgerufen wird, könnten freiwerdende Kationen durch das phosphatreiche Guano gebunden werden und zur Demineralisierung der Skelette führen. Theoretisch sollte dieser Prozess aber zum Stillstand kommen, wenn entweder ein Gleichgewichtszustand in Bezug auf die mobilen Ionen erreicht ist, oder wenn die konservierenden Liegebedingungen über die destrukturierenden überwiegen. Es war geplant, in der Arbeitsgruppe „Anthropologie und Umweltgeschichte“ der Fakultät für Biologie der Ludwig-Maximilians-Universität München sowohl eine Spurenelementbestimmung aus dem Knochenmineral, als auch eine Analyse stabiler Kohlenstoff- und Stickstoffisotope aus dem Knochenkollagen im Rahmen einer Pilotstudie durchzuführen, um erste Erkenntnisse über das individuelle Nahrungsverhalten und damit die Subsistenzstrategie sowie gegebenenfalls weitere Aspekte der Mensch-Umwelt-Beziehungen von Mebrak zu erhalten. Die stoffliche Integrität der Funde ist hierfür die Voraussetzung.

Zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Pilotstudie wurden Spurenelementkonzentrationen im Bioapatit, insbesondere jene der nicht-essentiellen Spurenelemente Strontium (Sr) und Barium (Ba), zur Approximation für die kollektive Ernährungsstrategie in vergangenen Zeiten häufig in archäologischen Skelettfunden gemessen

(EZZO 1994; BURTON & WRIGHT 1995). Sowohl Sr als auch Ba werden mit der Nahrung und dem Trinkwasser aufgenommen und können *in vivo* Kalziumgitterplätze im Knochenmineral $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH}_2)]$ besetzen. Aufgrund der langsamen Umbaurate von kompaktem Knochen, welche im Erwachsenen lediglich zwischen 3 und 5 % pro Jahr beträgt (DEMPSTER 1999; JORDAN et al. 2000), integriert der Spurenelementgehalt des Knochens die mehrjährige durchschnittliche Elementaufnahme vor dem Tod. Das Prinzip einer Ernährungsrekonstruktion beruht dabei darauf, dass nicht-essentielle Spurenelemente keine physiologische Rolle im Organismus des Konsumenten spielen. Deshalb diskriminieren Wirbeltiere während des Stoffwechsels zugunsten des essentiellen Kalziums (Ca) sowohl gegen Sr als auch Ba, mit der Folge, dass im Verlauf der Nahrungskette die Sr/Ca- bzw. Ba/Ca-Verhältnisse im Knochen stetig sinken. Dieser Prozess, von ELIAS et al. (1982) als „Biopurifikation“ des Kalziums bezeichnet, zeigt sich jedoch nur in definierten Ökosystemen und in definierten Räuber-Beute-Ketten. Zwischenzeitlich wird die Rekonstruktion von Subsistenzstrategien nahezu vollständig mittels stabiler Isotope, vorzugsweise aus dem Knochenkollagen (s. u.), vorgenommen. Die grundsätzliche Abhängigkeit der Sr-Konzentration im Knochenmineral von der Ernährungsweise ist aber unwidersprochen und gewinnt insbesondere im Rahmen von Strontium-Isotopenanalysen zur Provenienzbestimmung zunehmend wieder an Bedeutung (z. B. BURTON & HAHN 2016).

Im Hinblick auf individuelle Nahrungspräferenzen und gegebenenfalls metabolische Eigenheiten sind Spurenelementprofile im Wesentlichen auf der Populationsebene aussagekräftig, weshalb der Erkenntnisgewinn für die hier untersuchten, zeitlich unterschiedlich datierten Individuen von vorneherein eher begrenzt war. Da durch die eingesetzte Methode ein mehrere Elemente umfassendes Spurenelementprofil erstellt wurde, konnte man zusätzlich u. a. mögliche Erkenntnisse zur Schwermetallbelastung erhoffen. Es sollte sich jedoch zeigen, dass in Folge der Guanobedeckung die Integrität des Knochenminerals tatsächlich nicht mehr gegeben war.

Der Konservierungsgrad des Kollagens erwies sich hingegen als hinreichend für eine Isotopenanalyse. Wie auch in dieser Pilotstudie werden insbesondere die Verhältnisse stabiler Kohlenstoff- und Stickstoffisotope im Strukturweiß des Knochens (Kollagen) gemessen,

da diese aufgrund des Baustoffwechsels überwiegend auf die Eiweißkomponenten der Grundnahrung bezogen sind. Im Gegensatz zu Spurenelementen sind stabile Isotopenverhältnisse individualisierbar. Allerdings unterliegt auch das Knochenkollagen einer mehrjährigen Umbaurate, so dass das gemessene Isotopenverhältnis über diesen Zeitraum integriert mit der Folge, dass z. B. saisonal unterschiedliche Ernährungsmuster zu Mischisotopen führen, welche nicht immer leicht auflösbar sind. Isotopenverhältnisse leichter Elemente wie Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) werden stets auf einen internationalen Standard bezogen und als δ -Wert ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) in ‰ ausgedrückt. Aufgrund internationaler Übereinkunft bezüglich der Standards sind die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte menschlicher Konsumenten überwiegend negativ, die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte hingegen positiv. Da Moleküle, welche das jeweils leichte Isotop enthalten, reaktionsfreudiger sind als jene, welche das schwere Pendant enthalten, und schwere Isotope zudem stärkere Molekularbindungen eingehen, kommt es beim Transport von C und N durch die Nahrungskette zu Veränderungen der δ -Werte zwischen Quelle und Produkt (Isotopenfraktionierungen). Im Zuge der Ernährungsrekonstruktion anhand archäologischer Skelettfunde wird in der Regel von fixen Fraktionierungsfaktoren ausgegangen, welche streng genommen nicht als universell vorausgesetzt werden dürfen (BEN-DAVID & FLAHERTY 2012). Da jedoch auch stabile Isotope im Skelett von zahlreichen Faktoren abhängen und daher lediglich Proxycharakter haben, können sie dennoch zu sehr brauchbaren, grundsätzlichen Rekonstruktionen früher Subsistenzstrategien führen.

Etwa ein Fünftel aller Kohlenstoffatome im Knochenkollagen stammt aus essentiellen Aminosäuren, welche direkt aus dem Nahrungsprotein bezogen werden. Der wesentliche Fraktionierungsprozess für $\delta^{13}\text{C}$ findet bereits auf der Ebene der Primärproduzenten statt und beruht auf der unterschiedlichen Diskriminierung gegen ^{13}C von C_3 - und C_4 -Pflanzen, welche über unterschiedliche Photosynthesewege verfügen. In der Folge sind die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von C_4 -Pflanzen (z. B. manche Hirsearten) signifikant gegenüber jenen von C_3 -Pflanzen (z. B. Getreide) erhöht, was sich in der Nahrungskette fortsetzt und daher auch in den Geweben der Konsumenten zeigt. Weltweit haben C_3 -Pflanzen im Mittel einen $\delta^{13}\text{C}$ -Wert von -27 ‰, jedoch mit hoher Variabilität in Abhängigkeit von der Bewaldung, Wasserstress und anderen Umweltfaktoren. C_4 -Pflanzen

bevorzugen eher trockene und warme Standorte und haben signifikant positivere $\delta^{13}\text{C}$ -Werte bei deutlich geringerer Variabilität (BEN-DAVID & FLAHERTY 2012). Der Fraktionierungsfaktor vom Pflanzenprotein in das Kollagen des Konsumenten beträgt rund +5 ‰, jeder weitere Trophiestufeneffekt etwa von Herbivoren (Beute) zum Karnivoren (Räuber) bleibt mit etwa +1 ‰ eher klein. Erfahrungsgemäß weist menschliches Kollagen bei einer ausschließlich auf C_3 -Pflanzen basierenden Ernährung $\delta^{13}\text{C}$ -Werte zwischen -18 ‰ und -21 ‰ auf. Da manche Hirsearten, welche auch im Untersuchungsgebiet nachgewiesen sind, dem C_4 -Photosyntheseweg folgen, werden positivere $\delta^{13}\text{C}$ -Werte in archäologischem Knochenkollagen üblicherweise als Hinweis für regelmäßigen Hirsekonsum interpretiert. Allerdings sind die photosynthetisch inaktiven Teile von C_3 -Pflanzen wie Knollen, Wurzeln oder Nüsse in der Regel ebenso mit schwerem Isotop angereichert, wobei die Anreicherung bis zu +3 ‰ betragen kann (CERNUSAK et al. 2009). Dieser Tatsache wird bislang sehr wenig Rechnung getragen. Aquatische Ökosysteme weisen wiederum sehr variable Basiswerte für $\delta^{13}\text{C}$ auf, die stark mit jenen terrestrischer Standorte überlappen, häufig aber auch erniedrigt sind (PETERSON & FRY 1987; BÖSL et al. 2006).

Der Stickstoff im Knochenkollagen stammt ausschließlich aus dem Baustoffwechsel, weshalb $\delta^{15}\text{N}$ direkt auf den Proteinanteil der Nahrung bezogen ist. Im Zuge der Verdauung wird das leichte Isotop (^{14}N) bevorzugt ausgeschieden, während ^{15}N vermehrt in den Geweben des Konsumenten verbleibt. In der Folge weisen die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte in einem Biotop einen ausgeprägten Trophiestufeneffekt auf, so dass höchste Isotopenverhältnisse in den Topkonsumenten (Fleischfresser) gemessen werden. Das Ausmaß dieses Trophiestufeneffektes ist bei den verschiedenen Wirbeltierarten unterschiedlich hoch und kann bis zu +6 ‰ betragen (CAUT et al. 2008), liegt bei Säugetieren aber im Mittel um +3 ‰. Da aquatische Nahrungsketten länger sind als terrestrische, weisen aquatische Konsumenten entsprechend oft noch positivere $\delta^{15}\text{N}$ -Werte auf. Innerhalb der Nahrungskette in einer gegebenen Region und in einem gegebenen Zeitraum lässt $\delta^{15}\text{N}$ im Kollagen daher eine gute Unterscheidung zwischen Herbivoren, Omnivoren, primären und sekundären Karnivoren zu. Eine besondere Rolle kommt $\delta^{15}\text{N}$ bei der Abschätzung des regelmäßigen Konsums sogenannter Sekundärprodukte wie Milch, Yoghurt oder Käse zu, da weibliche Säugetiere bei der Milchproduktion körpereigene

Eiweiße abbauen, sich deshalb in einer negativen Stickstoffbilanz befinden und einen internen Trophiestufeneffekt erzeugen (PETZKE et al. 2010). Da insbesondere die Proteine gegenüber den anderen Komponenten der Milch mit ^{15}N angereichert sind (KORNEXL et al. 1997), erhöht regelmäßiger Konsum von Milch oder Milchprodukten die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der menschlichen Konsumenten signifikant. Bei der Interpretation von $\delta^{15}\text{N}$ -Werten im Knochenkollagen von Omnivoren wie den Menschen ist allerdings zu beachten, dass tierische Nahrungsmittel ein Mehrfaches an Stickstoff enthalten als Pflanzen, weshalb der tierische Proteinanteil der Grundnahrung in der Isotopie des Konsumenten unausweichlich überrepräsentiert ist. Für eine valide Abschätzung der pflanzlichen und tierischen Proteinquellen ist die Erstellung eines Isotopen-Mischungsmodells erforderlich, für welches zwischenzeitlich mehrere Softwares verfügbar sind (GRUPE 2014). Ein solches Mischungsmodell für archäologische Funde bedarf allerdings der begleitenden Isotopenanalyse zumindest von Knochen solcher Wirbeltiere, welche potentiell der Ernährung dienten und im archäozoologischen Fundgut vorhanden sein müssen. Diese Möglichkeit war in der Pilotstudie leider nicht gegeben.

Sowohl $\delta^{13}\text{C}$ als auch $\delta^{15}\text{N}$ im Konsumenten lassen eine sehr gute Differenzierung zwischen terrestrischen, aquatischen und marinen Nahrungsressourcen zu. Da letztgenannte im Untersuchungsgebiet jedoch keine Rolle spielen, kann in dieser Hinsicht auf die einschlägige Literatur verwiesen werden (z. B. GRUPE et al. 2015). Gleiches gilt für die Aussagekraft von $\delta^{15}\text{N}$ bezüg-

lich der Säuglingsernährung (Abstillzeitpunkt), da in dieser Pilotstudie keine Skelettelemente von Kleinkindern untersucht wurden.

Material

Fünfzehn kompaktknöcherne Proben von isolierten Oberschenkelknochen wurden zur Untersuchung entnommen und nach München überführt. Mit Ausnahme der Probe 633-53, welche von einem linken Femur stammte, wurde jeweils das rechte Femur beprobt. Die Hoffnung, diese isolierten Skelettelemente mittels DNA-Analyse später einzelnen Individuen zuordnen zu können, erfüllte sich jedoch nicht, so dass nur in Einzelfällen eine weitere Differenzierung nach Sterbealter und Geschlecht erfolgen konnte (siehe Kap. 5.3). Auch aufgrund des histologischen Erscheinungsbildes waren alle mit diesen Femurproben repräsentierten Individuen ausgewachsen. Sie werden sehr unterschiedlich zwischen das 1. und das 6. Jahrhundert v. Chr. (Nr. 634-25 bzw. 635-4) datiert und können schon aus diesem Grund keine Angehörigen ein und derselben Population gewesen sein (Tab. 5.21). Eine Probe (609-24) ist deutlich jünger und stammt aus dem 16. Jahrhundert, der jüngsten Phase der Terrassensiedlung (SIMONS et al. 1998a). Das Individuum war nicht in der Höhle bestattet und dient somit als Repräsentant einer Außengruppe. Die Proben hatten eine Kantenlänge von circa 1,5 x 2,5 cm und wurden in jeweils drei Teile für die Histologie, die Spurenelementanalyse und die Kollagenextraktion geteilt.

Probe	Position	Datierung (BP)	Datierung (calBC)	Sterbealter	Geschlecht
Femur	609-24	*			unbestimmt
HR I.8 Becken	633-33	2114 ± 33	191-94	erwachsen	weiblich
Femur	633-51	2336 ± 27	408-387	erwachsen	männlich?
Femur	633-52	2244 ± 26	380-232	erwachsen	männlich?
Femur	633-53			erwachsen	männlich?
HR I.5 Femur	633-58	2117 ± 43	198-60	erwachsen	weiblich
Femur	633-77	2266 ± 38	394-234	erwachsen	männlich?
I.19 Femur	633-79			40-60 Jahre	männlich
I.20 Femur	633-79a	2222 ± 36	362-210	erwachsen	unbestimmt
Femur	633-91	2205 ± 28	357-205	erwachsen	männlich?
I.4 Femur	634-15	2134 ± 33	204-107	50-70 Jahre	weiblich
I.3 Femur	634-25	2062 ± 31	156-40	40-60 Jahre	männlich
I.21 Femur	634-58	2199 ± 33	357-203	30-50 Jahre	weiblich
I.7 Femur	635-4	2413 ± 39	516-409	40-60 Jahre	männlich
I.5a Femur	636-11	2270 ± 29	395-236	erwachsen	männlich

Tab. 5.21 Datierung der untersuchten Knochenproben. * 16. Jahrhundert (aus der Terrassensiedlung)

Methoden

Histologie: Die Kompaktastücke wurden zunächst drei Mal für jeweils fünf Minuten mit destilliertem Wasser im Ultraschallbad gewaschen und danach bei Raumtemperatur getrocknet. Anschließend wurden sie in das Kunstharz „Biodur E12“ gemischt mit Härter „E1“ (Fa. G. v. Hagens, Heidelberg) eingebettet. Nach Aushärten des Harzes wurden je Probe drei bis vier Querschnitte von 70 µm Dicke mittels eines Sägemikrotoms (Leitz 1600) angefertigt. Die Inspektion erfolgte mit einem Lichtmikroskop Leitz Axioskop 2 plus (Fa. Zeiss) im Durchlicht sowie im polarisierten Licht.

Spurenelementanalyse: Nach Reinigung unter fließendem Leitungswasser und Trocknen bei Raumtemperatur wurden die Proben für sechs Stunden mit Diethyl-Ether (reinst) in einem Soxhlet-Rückflusssystem entfettet. Anschließend wurden sie im Ultraschallbad für jeweils fünf Minuten in konzentrierter Ameisensäure (reinst) angeätzt und ebenfalls im Ultraschallbad bis zum pH-Ausgleich mit destilliertem Wasser gewaschen. Nach Trocknung bei 50 °C bis zur Gewichtskonstanz erfolgte eine Veraschung im Muffelofen bei 500 °C zur Entfernung der organischen Bestandteile. Die veraschten Stücke wurden in einer Schwingmühle mit ZrO₂-Mahlbechern homogenisiert und je 100 mg Knochenmehl in einer Druckaufschlussapparatur (Fa. Seif) in 1 ml konzentrierter Salpetersäure (suprapur) für sechs Stunden bei 160 °C nass verascht. Sämtliche Proben gingen mit diesem Verfahren vollständig in Lösung, welche anschließend mit destilliertem Wasser auf jeweils 10 ml aufgefüllt wurde. Die Spurenelementbestimmung erfolgte aus dieser Stammlösung mittels ICP-AES (JY 38, Version III, ISA Instruments). Zur Qualitätskontrolle diente der NBS-Standard „1400 Bone Ash“.

Kollagenextraktion, Aminosäure- und Isotopenanalyse: Die Kollagenextraktion erfolgte mittels Gelatinisierung, wobei die unter Leitungswasser gewaschenen, bei Raumtemperatur getrockneten und in der Schwingmühle homogenisierten Proben wie folgt weiterverarbeitet wurden: Circa 500 mg Knochenmehl wurde für 20 Minuten in 10 ml 1M HCl demineralisiert, die Säure abgezogen und die Proben bis zum pH-Ausgleich durch Zentrifugieren gewaschen. Anschließend wurde die Probe bei Raumtemperatur für 20 Stunden in 10 ml 0,125M NaOH zur Fällung von Huminsäuren auf einen Rollenschüttler gegeben und anschließend erneut gewaschen. Die Gelatinisierung erfolgte für 10

Stunden in 10 ml 0,001M HCl (pH 3) bei 90 °C. Die Gelatine wurde anschließend gefiltert und gefriergetrocknet. Für die Aminosäureanalyse wurde jeweils 1 mg gefriergetrocknete Gelatine für 12 Stunden in 1N HCl hydrolysiert, nach Abrauchen der Säure in 1 ml destilliertem Wasser plus 1 ml Lithium-Citratpuffer aufgenommen und ein Aminosäurechromatogramm erstellt (Aminosäureanalysator Pharmacia Alpha Plus, Lithium-System). Die Verhältnisse stabiler Kohlenstoff- und Stickstoffisotope wurden ebenfalls aus 1 mg gefriergetrockneter Gelatine bestimmt. Hierzu wurden die Proben in Zinnkapseln eingewogen und auf einen Elementaranalysator „Roboprep CN“ (Fa. Europa Scientific) gekoppelt an ein Massenspektrometer MM 903 (VG Isogas) gegeben.

Ergebnisse

Erhaltungsgrad der Knochenproben

Der mikrostrukturelle Erhaltungsgrad aller Kompaktproben war ausgezeichnet. Dies zeigte sich insbesondere bei der Inspektion unter polarisiertem Licht, bei der alle Präparate ein ausgeprägtes optisch doppelbrechendes Verhalten zeigten. Dies weist auf eine gut konservierte Kompositstruktur, also weitgehend intakte strukturelle Mineral/Kollagen-Beziehungen, hin (**Abb. 5.33a** und **b**). Probe 633-58 hatte periostseitig konservierte Weichgewebsanhaftungen, welche aufgrund des geschichteten Aufbaus als Haut- bzw. Muskelreste angesprochen werden können (**Abb. 5.34**).

Dieser ausgezeichnete mikrostrukturelle Erhalt setzt sich jedoch nicht im Erhalt der chemischen Zusammensetzung des Knochenminerals fort (**Tab. 5.22**). Dies zeigt bereits das Massenverhältnis der Matrixelemente Kalzium (Ca) und Phosphor (P), welches im intakten, erwachsenen Knochen des Menschen etwa 2,1 beträgt (GAWLIK et al. 1982). Bei den Funden aus Mebrak beträgt das Ca/P-Verhältnis jedoch im Mittel lediglich 1,4 und ist mit Ausnahme der beiden Proben 633-58 und 633-77 deutlich erniedrigt. Diese Abweichungen vom Erwartungswert sind überwiegend durch einen verminderten Ca-Gehalt der Proben bedingt. Zwar ist auch der Phosphorgehalt insgesamt niedrig und beträgt im Mittel nur noch 134 mg/g im Vergleich zu 179 mg/g im frischen Knochen (IYENGAR et al. 1978), jedoch beträgt der Ca-Gehalt im Durchschnitt mit lediglich 185 mg/g nur noch etwa 50 %

Abb. 5.33a
Histologisches Präparat der
Probe 633-77, sehr guter
mikrostruktureller Erhalt.

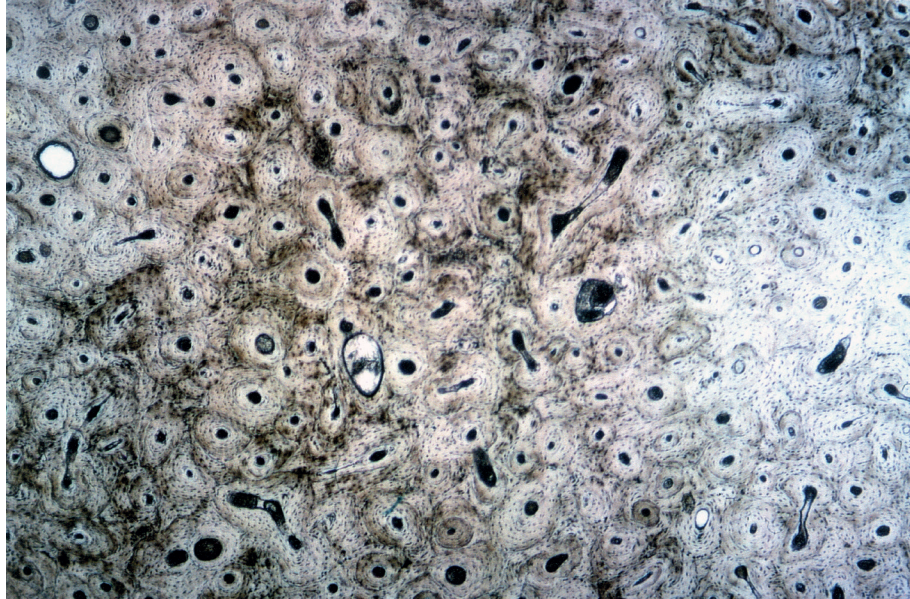
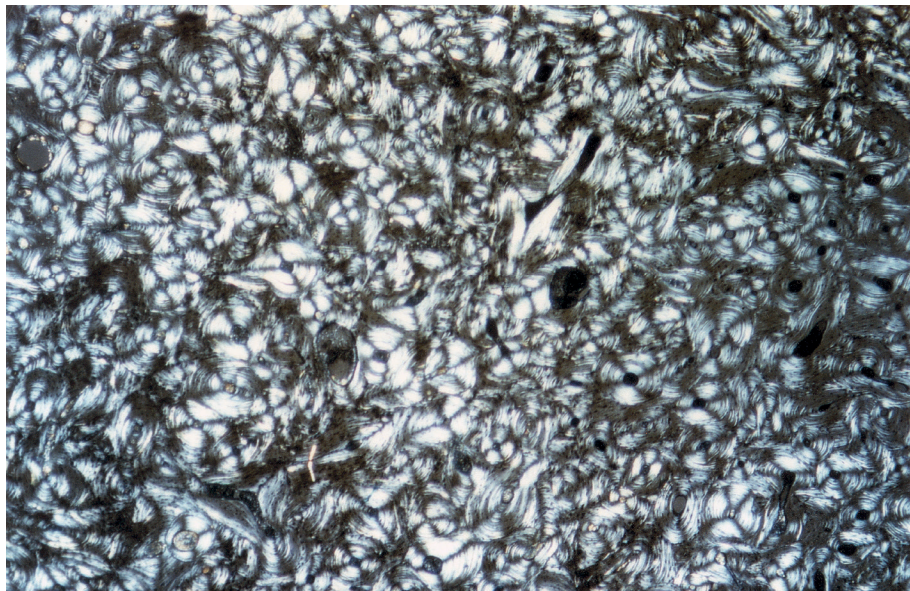


Abb. 5.33b
Dasselbe Präparat unter
polarisiertem Licht.
Optisch doppelbrechendes
Verhalten (Brewster-Kreuze)
des gesamten Querschnitts.

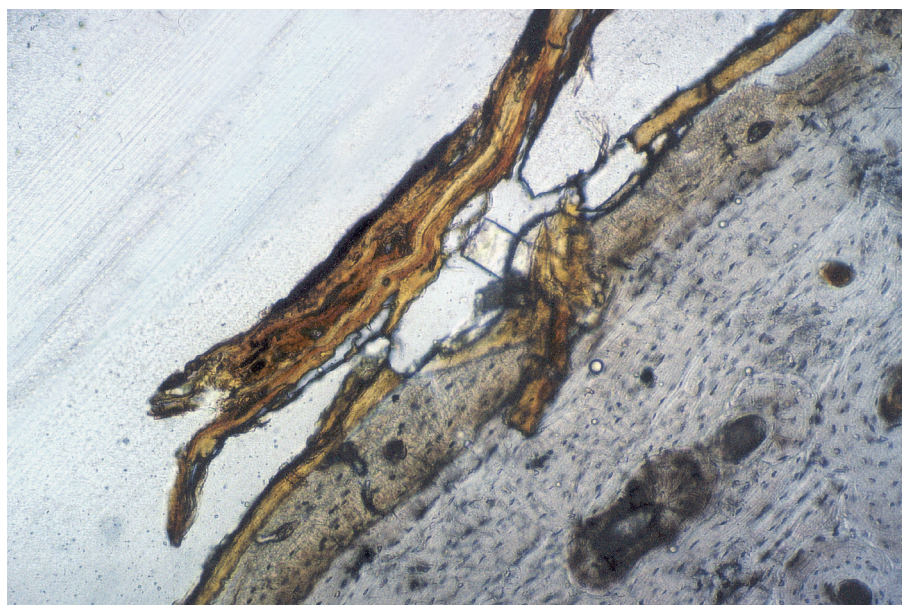


des Erwartungswertes (IYENGAR et al. 1978; s. a. 382 mg/g Ca im Standard-Referenzmaterial). Auch sämtliche Spurenelementgehalte, insbesondere jene des Eisens (Fe), liegen im unteren Bereich der normalen Variabilität in menschlichen Knochen, die Schwermetalle Blei (Pb) und Cadmium (Cd) lagen mit ihren Konzentrationen mehrheitlich unterhalb der Nachweisgrenze.

Mit größter Wahrscheinlichkeit ist die Guanobedeckung der Funde für diese fortgeschrittene Demineralisation verantwortlich. Die weitaus häufigsten chemischen Elemente im Guano sind Stickstoff und Phosphor. Im

Verlauf der Guano-Degradation werden Säure und Phosphate frei, welche in den von Guano bedeckten Mineralien Ionen freisetzen und zur Bildung von authigenen (= sekundären) Mineralien führt. Insbesondere Kationen wie Kalzium und Eisen reagieren dabei zu Kalzium- bzw. Eisenphosphaten. Nach SHAHACK-GROSS et al. (2004) finden diese Prozesse sehr rasch, und zwar innerhalb von etwa zehn Jahren, statt, woraufhin sich ein Gleichgewichtszustand einstellt. Die Spurenelementprofile der untersuchten Knochenproben sind daher zwanglos mit den speziellen Liegebedingungen der Funde

Abb. 5.34
Histologisches Präparat
der Probe 633-58 mit
anhaltenden, konservierten
Weichgewebsresten.



Probe	Ca (mg/g)	P (mg/g)	Ca/P	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)
609-24	188	145	1,3	189	n.d.	111	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
633-33	205	167	1,2	294	n.d.	64	0,6	n.d.	n.d.	n.d.
633-51	190	158	1,2	165	1	131	n.d.	38	0,2	n.d.
633-52	184	141	1,3	144	2,5	110	0,6	n.d.	n.d.	n.d.
633-53	190	120	1,6	120	10	306	0,1	n.d.	0,5	n.d.
633-58	202	101	2,0	194	2,6	73	3,5	83	n.d.	n.d.
633-77	202	101	2,0	194	3,9	73	3,5	19	n.d.	n.d.
633-79	188	155	1,2	197	2,2	131	n.d.	n.d.	0,1	n.d.
633-79a	181	146	1,2	283	4,2	109	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
633-91	193	139	1,4	150	2,2	127	6,5	28	0,5	n.d.
634-15	176	147	1,2	143	2,2	82	n.d.	30	n.d.	n.d.
634-25	157	115	1,4	168	3,6	101	n.d.	55	n.d.	n.d.
634-58	151	112	1,4	117	1,3	234	8,3	13	6	n.d.
635-4	173	123	1,4	174	1,7	89	0,7	21	n.d.	n.d.
636-11	191	141	1,4	291	4,9	100	4	26	n.d.	n.d.

Tab. 5.22 Mengen- und Spurenelementgehalte der Knochenproben aus Mebrak.
n.d. = nicht nachweisbar.

zu erklären, liefern jedoch keinerlei verlässliche Information bezüglich der frühen Mensch-Umwelt-Beziehungen mehr.

Das Knochenkollagen ist durch das Mineral prinzipiell vor der postmortalen Dekomposition geschützt und nicht umsonst das Zielmolekül für ^{14}C -Analysen, allerdings unterliegt es als organisches Molekül in Abhängigkeit von den Liegebedingungen ebenfalls dem Abbau. Deshalb ist es zwingend erforderlich, auch den Erhaltungsgrad der extrahierbaren Gelatine im Einzelfall zu prüfen. Am häufigsten wird das molare Kohlenstoff/Stickstoffverhältnis ($\text{C}/\text{N}_{\text{molar}}$)

als Maßzahl herangezogen, welches im nativen Kollagen 3,2 beträgt (SZPAK 2011). Diese hat jedoch nur dann Gültigkeit, wenn zugleich die Konzentrationen beider Elemente im Extrakt berücksichtigt werden, wobei frisches Kollagen etwa 43 % Kohlenstoff und 16 % Stickstoff enthält (AMBROSE 1993). Erfahrungsgemäß liegt der begrenzende Faktor im Stickstoffgehalt der Probe. Die absolute Menge extrahierbarer Gelatine spielt überwiegend eine untergeordnete Rolle. Mit Ausnahme der Probe 635-4 war der Stickstoffgehalt der untersuchten Knochen hoch und lag im Durchschnitt bei 13,7 % (Tab. 5.23).

Probe	% N	$\delta^{13}\text{C}$ [‰]	$\delta^{15}\text{N}$ [‰]	Ernährungsgruppe
609-24	14,2	-19,2	12,9	Gruppe 1 $\delta^{13}\text{C}$: -19,2 bis -18,0 ‰ $\delta^{15}\text{N}$: 11,6 bis 12,9 ‰
636-11	14,8	-18,3	12,6	
633-52	15,0	-18,8	12,4	
633-79a	15,3	-18,0	12,4	
633-53	15,4	-18,6	12,3	
633-33	15,3	-18,5	11,8	
634-15	7,1	-18,1	11,6	
633-91	15,4	-18,9	9,3	Gruppe 2 $\delta^{13}\text{C}$: -18,9 bis -18,7 ‰ $\delta^{15}\text{N}$: 9,3 bis 10,2 ‰
633-77	14,7	-18,8	9,7	
633-51	15,2	-18,7	10,2	
633-79	15,0	-17,0	9,1	Gruppe 3 $\delta^{13}\text{C}$: -17,0 bis -16,2 ‰ $\delta^{15}\text{N}$: 9,1 bis 10,2 ‰
634-25	14,6	-16,9	10,1	
633-58	15,2	-16,2	9,4	
635-4	3,1	-17,9	n.d.	

Tab. 5.23 Stickstoffgehalte, $\delta^{13}\text{C}$ - und $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der untersuchten Knochenproben.

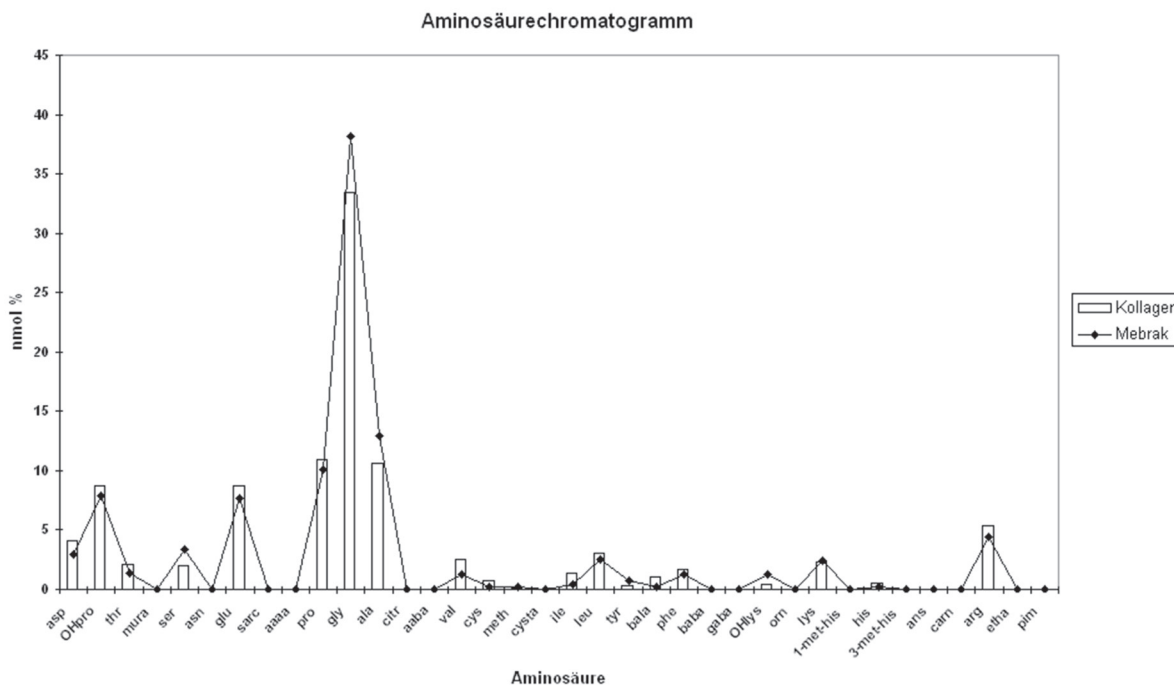


Abb. 5.35 Gemittelte Aminosäurechromatogramme der Knochenproben aus Mebrak im Vergleich zu frischem Kollagen.

Das beste Qualitätskriterium für den Erhaltungsgrad des Kollagens ist jedoch stets die Erstellung eines Aminosäureprofils, da hierdurch ein selektiver Verlust einzelner Aminosäuren (der Bausteine von Eiweißstoffen) oder Kontaminationen durch exogene organische Stoffe (z. B. mikrobielle Verunreinigungen) eindeutig festgestellt werden können. Die Aminosäureprofile der Proben aus Mebrak

waren sämtlich kollagentypisch und enthielten bestenfalls Spuren von Abbauprodukten physiologischer Aminosäuren. Bakterientypische Aminosäuren (Muraminsäure = mura; Pimelinsäure = pim) waren nicht nachweisbar (Abb. 5.35). Lediglich von den Proben 633-33 und 633-79 konnten keine Chromatogramme erstellt werden, da die absoluten Gelatineausbeuten sehr gering waren und daher der Isotopenanalyse

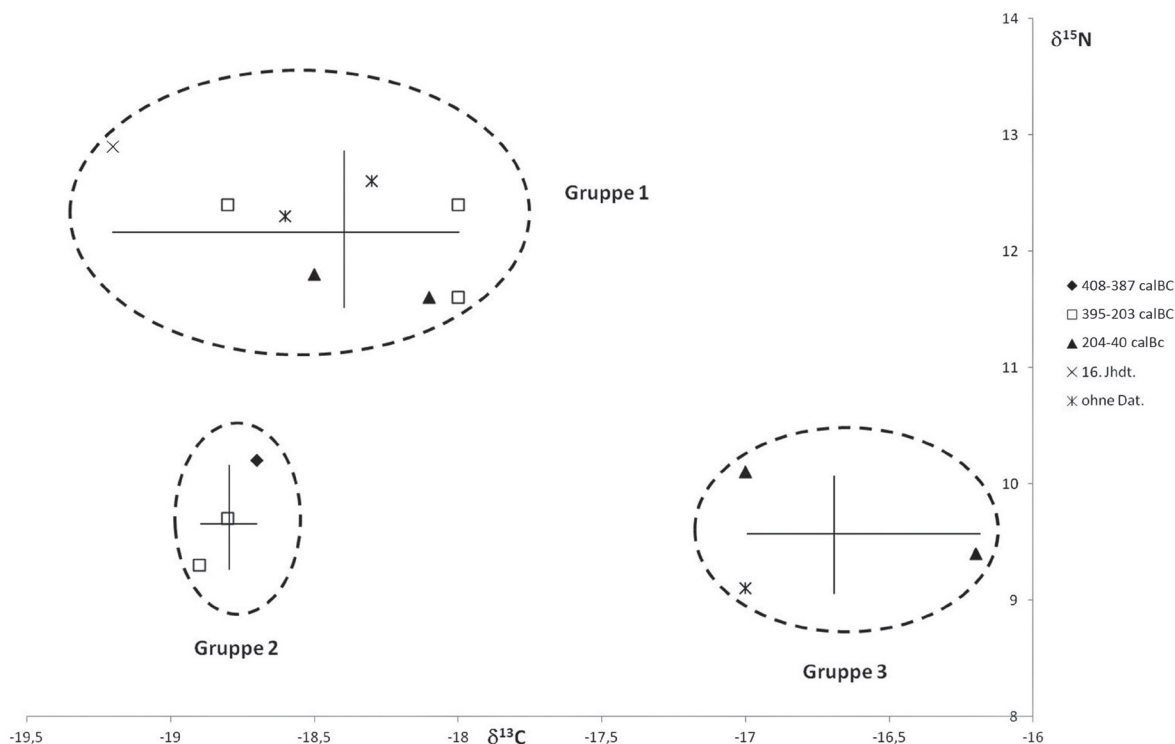


Abb. 5.36 Verteilung der Kohlenstoff- und Stickstoffisotopen.
Linien verdeutlichen die Variabilität der Isotopen in den drei Ernährungsgruppen.
Legende: Datierung s. Tab. 5.21.

vorbehalten wurden. Die gemessenen Kohlenstoff- und Stickstoffisotopen sind demnach valide und für eine Rekonstruktion der individuellen Nahrungspräferenz tauglich.

Insgesamt hat also die Guanobedeckung in der Höhle zu einer messbaren Demineralisation der Knochen geführt, welche aber offenbar rechtzeitig zum Stillstand kam, so dass weder die Mikrostruktur noch die Integrität des Kollagens nennenswerte Dekompositionsartefakte aufwiesen.

Ernährungsrekonstruktion

Im bivariaten Plot der Kohlenstoff- und Stickstoffisotopen (Tab. 5.23, Abb. 5.36) ist eine eindeutige und überschneidungsfreie Gruppenbildung zu erkennen. Die Mehrzahl der untersuchten Proben findet sich in der Gruppe 1 mit $\delta^{13}\text{C}$ -Werten, welche um einen Durchschnitt von $-18,4$ ‰ variieren, und $\delta^{15}\text{N}$ -Werten, welche sämtlich höher als 11 ‰ sind. Diese Gruppe unterscheidet sich hinsichtlich $\delta^{13}\text{C}$ nicht signifikant von Gruppe 2, aber hoch signifikant von beiden anderen Gruppen in Bezug auf $\delta^{15}\text{N}$

($p = 0,008$; Kruskal-Wallis-Test). Das einzelne Individuum aus dem 16. Jahrhundert weist von allen Proben den niedrigsten $\delta^{13}\text{C}$ - ($-19,2$ ‰) und den höchsten $\delta^{15}\text{N}$ -Wert ($12,9$ ‰) auf. Damit erfüllt dieses Individuum auch in Bezug auf die Isotopenverhältnisse im Kollagen den Status einer Außengruppe, ohne jedoch einen statistischen Ausreißer darzustellen. Die Individuen der Gruppen 2 und 3 sind beide durch signifikant niedrigere Stickstoffisotopen $\leq 10,2$ ‰ gekennzeichnet, welche sich aber zwischen diesen Gruppen nicht unterscheiden. Gruppe 3 hingegen ist in Bezug auf die positiveren $\delta^{13}\text{C}$ -Werte hochsignifikant von den Gruppen 1 und 2 verschieden ($p = 0,016$; Kruskal-Wallis-Test). Aufgrund der absolut geringen Probenzahl statistisch nicht belegbar deutet sich visuell an, dass sich in Bezug auf die Kohlenstoffisotopen in der Gruppe 1 eine Tendenz zu positiveren Werten als in der Gruppe 2 zu zeigen scheint. Es ergibt sich allerdings keinerlei Clusterbildung in Bezug auf die Zeitstellung der Individuen. Für den ältesten Fund (635-04, Datierung 516-409 calBC, siehe Tab. 2 im Anhang) konnte wegen der geringen Stickstoffausbeute leider kein $\delta^{15}\text{N}$ -Wert erhoben werden. Bezüglich $\delta^{13}\text{C}$ ist dieser

Fund mit -17,9 ‰ aber jenen der Gruppe 1 am ähnlichsten. Somit zeichnet sich ein komplexes Ernährungsmuster in der erwachsenen Bevölkerung Mebraks ab, welches zeitlich nicht differenzierbar ist.

Unterschiedliche Ernährungsstrategien innerhalb einer Bevölkerung können z. B. sozialer Natur sein, wenn ein schichten-, geschlechts- oder altersspezifischer differentieller Zugang zu bestimmten Grundnahrungsmitteln besteht. Da alle untersuchten Individuen ausgewachsen waren, die Stichprobe insgesamt aber klein ist und nicht alle geschlechtsbestimmt sind, kann dies nicht wirklich geprüft werden. Im Hinblick auf die ökogeographischen Umweltparameter des Fundortes dürften die drei unterschiedlichen Ernährungsstrategien, welche durch die Isotopenanalyse erkennbar sind, plausibel entweder eine Antwort auf die speziellen Umweltbedingungen mit den schwierigen klimatischen Verhältnissen darstellen und/oder eine kulturelle Anpassung in Form eines transhumanen Wirtschaftssystems.

Leider lagen keine Tierknochenfunde zur begleitenden Analyse vor, so dass die Ernährungsrekonstruktion hypothetisch bleiben muss. Die Transhumanz hat sich in großen Höhenlagen weltweit seit der Frühgeschichte bewährt. Anbauprodukte aus den Tallagen sowie gegebenenfalls auch aquatische Ressourcen aus den Flusstälern werden mit tierischen Produkten aus den Höhenlagen (Fleisch, Milch- und Milchprodukte, Fell/Leder, Dung...) ausgetauscht und ergänzt. Theoretisch könnte man daher für jedes Individuum eine Mischisotopie erwarten, welche die Höhenstratifizierung des Siedlungsraumes verwischt. Da sich aber bei dem untersuchten Kollektiv eine klare und überschneidungsfreie Gruppierung in Bezug auf die hauptsächliche Eiweißquelle in der langjährigen Grundnahrung ergibt, müssen die Bestatteten definierten Siedlungsräumen bzw. Produktionszonen zugeordnet werden, welche sich in gruppentypischen Ernährungsmustern manifestieren.

Die acht Individuen einschließlich des einzelnen Skelettes aus dem 16. Jahrhundert der Gruppe 1 haben aufgrund der hochsignifikant erhöhten $\delta^{15}\text{N}$ -Werte regelmäßig mehr oder anderes tierisches Protein als die Individuen aus den Gruppen 2 und 3 konsumiert. Zwar ist der Konsum von Süßwasserfisch mangels Begleitanalysen nicht vollständig auszuschließen, jedoch sind die Kohlenstoffisotopien von aquatischen Ressourcen häufig durch noch negativere Werte ausgezeichnet. Die erhöhten $\delta^{15}\text{N}$ -Werte sind deshalb spar-

samer durch den Konsum des Fleisches von Weidevieh und von Sekundärprodukten wie Milch, Käse etc. zu erklären. Das Individuum aus dem 16. Jh. hat aufgrund seines $\delta^{13}\text{C}$ -Wertes von -19,2 ‰ seinen vegetabilen Nahrungsanteil eindeutig überwiegend aus C_3 -Pflanzen (Getreide, z. B. Gerste) gewonnen, die übrigen Individuen dieser Ernährungsgruppe haben eine Tendenz zu leicht positiveren Werten bis -18 ‰. Es spricht zunächst nichts gegen die Interpretation, dass die pflanzliche Grundnahrung der Individuen aus der Ernährungsgruppe 1, wie auch jene aus der Gruppe 2, im Wesentlichen auf C_3 -Pflanzen (z. B. Getreide) beruhte.

Mit Stickstoffisotopien zwischen rund 9 ‰ und 10 ‰ haben auch die Individuen aus den Gruppen 2 und 3 eine Mischkost zu sich genommen, die aber im Gegensatz zu den Menschen aus Gruppe 1 weniger oder anderes tierisches Protein enthielt. Der vegetabile Teil der Pflanzennahrung, welche regelmäßig von den Menschen der Gruppe 3 konsumiert wurde, muss jedoch anderer Natur gewesen sein, denn diese hatten $\delta^{13}\text{C}$ -Werte ≥ -17 ‰, während in der Gruppe 2 kein solcher Wert positiver als -18,7 ‰ war (**Abb. 5.36**). Es muss daher im Prinzip zwei Sorten von Primärproduzenten gegeben haben, welche vor allem in der Ernährung der Individuen der Gruppe 3 von Relevanz waren.

Theoretisch sind drei Szenarien denkbar. Wie einleitend ausgeführt, sind unterirdische Pflanzenteile oder auch Nüsse um bis zu +3 ‰ mit ^{13}C angereichert. Dies würde die positiven $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der drei Individuen aus der Gruppe 3 nur dann erklären, wenn diese ihre pflanzliche Nahrung zu einem sehr hohen Teil aus solchen Quellen bestritten hätten. Da die botanischen Begleitfunde keine konkreten Befunde zum Anteil solcher Pflanzennahrung erbrachten (siehe dazu Kap. 7.1.2), kann somit der reale Anreicherungsfaktor nicht bestimmt werden.

Alternativ könnte eine Mischkost aus C_3 - und C_4 -Pflanzen angenommen werden, wobei durchaus auch Importe aus tiefergelegenen Anbaugebieten in Betracht gezogen werden können. Eine Mischisotopie von $\delta^{13}\text{C}$ aus zwei hauptsächlichen vegetabilen Grundnahrungsmitteln (C_3 - und C_4 -Pflanzen) lässt sich aus nachstehender linearer Kombination auflösen:

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{Nahrung}} = f_{\text{C}_3} \times \delta^{13}\text{C}_{\text{C}_3} + f_{\text{C}_4} \times \delta^{13}\text{C}_{\text{C}_4} \quad (1)$$

wobei sich die prozentualen Anteile der C_3 - und C_4 -Pflanzen zu 100 % ergänzen

$$(f_{\text{C}_3} + f_{\text{C}_4} = 1 \text{ bzw. } 100 \%) \quad (2)$$

Die Isotopie des Kohlenstoffs in der Nahrung wird durch Subtraktion von 5 ‰ aus der Isotopie des Konsumenten grob geschätzt (Tab. 5.24; siehe auch Einleitung). Die Lösung einer solchen Gleichung mit zwei Unbekannten ergibt für den individuellen prozentualen Konsum von C₄-Pflanzen als vegetables Grundnahrungsmittel

$$C_4 (\%) = 100 \times (\delta^{13}C_{\text{Nahrung}} - \delta^{13}C_{C_3}) / (\delta^{13}C_{C_4} - \delta^{13}C_{C_3}). \quad (3)$$

Die nachstehenden Überlegungen sind höchst approximativen und hypothetischen Charakters, da keinerlei Basisdaten für die Isotopien in den Grundnahrungsmitteln der Bestatteten erhoben werden können. Für eine Abschätzung des Zustandekommens der erhöhten Kohlenstoffisotopien in der Ernährungsgruppe 3 muss daher auf publizierte Daten zurückgegriffen werden, welche nicht aus dem fraglichen Kleinraum stammen. Die resultierenden Schätzungen sind aber durchaus plausibel.

Für die Abschätzung eines möglichen Hirsekonsums wurden die von LIU et al. (2016) publizierten Daten für Gerste (*Hordeum vulgare*: δ¹³C ca. -24 ‰) und Rispenhirse (*Panicum miliaceum*: δ¹³C ca. -10 ‰) in Formel (3) eingesetzt, da die Schätzung der δ¹³C-Werte der Grundnahrung aus den Kollagendaten der Menschen dem publizierten Wert für Gerste sehr nahe kommt. Die Ergebnisse sind in Tab. 5.24 zusammengefasst. Die ausschließlich auf C₃-Pflanzen basierende Ernährung des Individuums aus dem 16. Jh. bestätigt sich. Nach einer solchen Abschätzung

wäre ein potentieller Konsum von Hirse in den Ernährungsgruppen 1 und 2 deutlich unter 10 % geblieben, hätte aber bei den drei Individuen aus der Ernährungsgruppe 3 immerhin zwischen 14 und 20 % ausgemacht. Dieses Szenario ist kompatibel mit den archäobotanischen Analysen der Pflanzenreste aus dem Höhlengrab (siehe Kap. 7.1.2): Das Vorkommen mehrerer C₄-Pflanzenarten, welche sowohl Menschen als auch Tieren zur Verfügung gestanden haben können, konnte nachgewiesen werden. Wildhirsen wie *Setaria viridis* u. a. wurden den Verstorbenen mitgegeben und dürften daher in der Gesamtschau sogar zu den Grundnahrungsmitteln gehört haben. *Setaria viridis* hat ähnlich positive δ¹³C-Werte wie Rispenhirse, die allerdings bei höherer Aridität auch negativer (um -13 ‰) ausfallen können (z. B. WANG et al. 2008).

Als dritte Alternative kann angenommen werden, dass sich die positiveren δ¹³C-Werte der Individuen aus der Gruppe 3 aus einem unterschiedlichen Weidemanagement ergeben haben, was zugleich ein unterschiedliches Einzugsgebiet der Bestatteten implizieren würde. Obgleich die eurasischen Steppen von C₃-Gräsern dominiert werden und C₄-Gräser lediglich in den Hochgrassteppen weniger chinesischer Provinzen häufig sind (PFADENHAUER & KLÖTZLI 2015), sind im Untersuchungsgebiet zur fraglichen Zeitstellung dennoch Gräser (Poaceae spec.) zu erwarten, von denen einige den C₄-Photosyntheseweg haben und die

Probe	δ ¹³ C [‰]	% C ₄ -Pflanzen	% C ₄ -Pflanzen	% C ₄ -Fleisch	% C ₄ -Fleisch
609-24	-24,2	0		10,3	10,3
636-11	-23,3	5,7	Gruppe 1: 1,4 - 7,1 %	16,6	Gruppe 1: 13,1 - 18,6 %
633-52	-23,8	1,4		13,1	
633-79a	-23	7,1		18,6	
633-53	-23,6	2,9		14,5	
633-33	-23,5	3,6		15,2	
634-15	-23,1	6,4		17,9	
634-58	-23	7,1		18,6	
633-91	-23,9	0,7	Gruppe 2: 0,7 - 2,1 %	12,4	Gruppe 2: 12,4- 13,8 %
633-77	-23,8	1,4		13,1	
633-51	-23,7	2,1		13,8	
633-79	-22	14,3	Gruppe 3: 14,3 - 20 %	25,5	Gruppe 3: 25,5 – 31,0 %
634-25	-21,9	15		26,2	
633-58	-21,2	20		31	
635-4	-22,9	7,9		19,3	

Tab. 5.24 Schätzung des potentiellen Anteils von Hirse an der vegetabilen Grundnahrung der Individuen aus Mebrak, bzw. Anteil des Fleisches von Herbivoren mit reiner C₄-Pflanzennahrung (siehe NEWSOME et al. 2004).

$$\delta^{13}C [\text{‰}] = \delta^{13}C_{\text{Nahrung des Menschen}}$$

für die menschliche Ernährung weitgehend ungeeignet sind. Das Halten von Tieren auf Flächen, welche von solchen C_4 -Gräsern dominiert werden, wäre eine geschickte Form des Weidemanagements, welche geeignet ist, die Konkurrenz über Nahrungspflanzen zwischen Mensch und Haustier zu minimieren. Ein messbarer Anteil von C_4 -Pflanzen in der Ernährung von Herbivoren (Haus- und Wildtiere) setzt sich mit einem Trophiestufeneffekt von etwa +1 ‰ in deren Fleisch fort und bestimmt damit wiederum die Kohlenstoffisotopie der menschlichen Konsumenten. Für eine grobe Abschätzung der Plausibilität dieser Alternativerklärung können wiederum lediglich Literaturwerte eingesetzt werden. Die $\delta^{13}C$ -Werte von Weidegräsern betragen im weltweiten Durchschnitt -26,7 ‰ für C_3 -Gräser und -12,2 ‰ für C_4 -Gräser (CERLING et al. 1997; STILL & POWELL 2010). Das Fleisch der Tiere hätte damit $\delta^{13}C$ -Werte von -25,7 bzw. -11,2 ‰. Sollten also die Kohlenstoffisotopien der Menschen aus der Ernährungsgruppe 3 nicht unmittelbar aus dem vegetabilen Nahrungsanteil resultieren, sondern hingegen mittelbar aus dem Fleischkonsum, ist wiederum eine analoge Grobabschätzung der prozentualen Anteile (Formeln 1-3) möglich. Diese muss in jedem Fall eine Maximalschätzung sein, da mangels Tierknochenanalysen für die Isotopenmischung die Annahme gemacht werden muss, dass die Tiere sich jeweils ausschließlich von C_3 - bzw. C_4 -Gräsern ernährt haben (Tab. 5.24). Fleisch von Tieren, welche sich ausschließlich mit C_4 -Gräsern ernährt hätten, würde nach dieser Abschätzung in den Gruppen 1 und 2 weniger als 20 % der tierischen Grundnahrungsmittel betragen haben, in der Gruppe 3 hingegen ein Viertel bis knapp ein Drittel. Selbstverständlich sind auch diese Abschätzungen hypothetisch, die Ergebnisse aber durchaus realistisch. Wahrscheinlich ist, dass C_4 -Pflanzen sowohl als Grundnahrungsmittel (Wildhirschen) als auch in der Tierernährung der drei Menschen in der letztgenannten Gruppe einen signifikanten Beitrag hatten.

Aus den Isotopendaten lässt sich in der Gesamtschau schließen, dass die in der Höhle bestatteten Menschen drei verschiedenen Ernährungsstrategien folgten, welche sich zwanglos mit unterschiedlichen Wirtschaftsstrategien erklären lassen. Sämtliche untersuchten Individuen hatten eine Mischkost mit ausreichendem Anteil an tierischem Protein, wobei die erhöhten $\delta^{15}N$ -Werte der Menschen aus der Gruppe 1 am sparsamsten mit dem regelmäßigen Konsum von Sekundärprodukten (Milch, Käse...) erklärbar sind. Dies wäre eine Strategie, welche sich für

einen Standort in größeren Höhenlagen eignen würde. Gleichzeitig wäre damit eine Erklärung für die tendenziell erhöhten $\delta^{13}C$ -Werte dieser Menschen gegeben: Aus modernen botanischen Studien ist bekannt, dass pflanzliche Kohlenstoffisotopien einen Höhengradienten aufweisen, für dessen Ursache Faktoren wie differentielle Bodenfeuchte, Lufttemperatur und atmosphärische CO_2 -Konzentration diskutiert werden. In einer rezenten Studie aus Nepal wurde gezeigt, dass Kiefernnadeln in zunehmender Höhenlage weniger gegen ^{13}C diskriminieren und in der Folge positivere $\delta^{13}C$ -Werte aufweisen. Im konkreten Fall betrug die Differenz rund 1 ‰ über einen Höhengradienten von 800 Metern (SAH & BRUMME 2003).

Mit $\delta^{15}N$ -Werten zwischen etwa 9 und 10 ‰ hätten die jeweils drei Individuen aus den Ernährungsgruppen 2 und 3 angesichts des internen Trophiestufeneffektes laktierender Säugetiere (s. o.) dann überwiegend das Fleisch der Haustiere konsumiert, wobei in der Gruppe 3 die pflanzliche Grundnahrung der Menschen und/oder jene der Haustiere von C_4 -Pflanzen geprägt war. Die Ernährungsrekonstruktion der Menschen aus der Höhle lässt angesichts der unterschiedlichen Datierungen der einzelnen Skelette die Interpretation einer über mehrere Generationen stabile, erfolgreiche kleinräumige und ökologisch adaptive Subsistenzstrategie zu.

Zusammenfassung

Für die Ernährungsrekonstruktion konnten Proben von 14 Femora aus dem prähistorischen Höhlengrab von Mebrak 63 untersucht werden. Dazu kam eine jüngere Probe aus der Terrassensiedlung von Mebrak. Makroskopisch waren die Skelette in einem sehr guten Erhaltungszustand, aufgrund der Guanobedeckung der Skelette jedoch bereits fortgeschritten demineralisiert. Der Erhaltungsgrad des Kollagens war dagegen ausreichend für eine Ernährungsrekonstruktion im Hinblick auf die individuell bevorzugte Eiweißquelle. Die in der Höhle bestatteten Menschen hatten drei verschiedene Ernährungsstrategien, welche sich zwanglos mit unterschiedlichen Wirtschaftsstrategien erklären lassen. Für sieben der untersuchten Individuen aus dem Höhlenraum war ein regelmäßiger Konsum von Milch und Milchprodukten erkennbar (Gruppe 1), eine Strategie, welche sich für einen Standort in größeren Höhenlagen eignet. Die übrigen sechs Individuen aus der Höhle

dürften vermehrt das Fleisch der Haustiere konsumiert haben, wobei drei (Gruppe 3) davon aufgrund ihrer Kohlenstoffisotopie einen Einfluss von C₄-Pflanzen zeigten. Angesichts der unter-

schiedlichen Datierung der Skelette zeigt sich eine über mehrere Generationen stabile, erfolgreiche kleinräumige und ökologisch adaptive Subsistenzstrategie.

Anmerkungen zu Kapitel 5

¹ <http://www.independent.co.uk/news/world/asia/a-meeting-of-civilisations-the-mystery-of-chinas-celtic-mummies-413638.html>)

² Für die Durchführung der Tests zur Erhaltung der alten DNA in Göttingen danke ich Prof. Dr. Joachim Burger und Prof. Dr. Susanne Hummel.

³ Zeitnah mit dem Abschluss der anthropologischen Untersuchungsergebnisse entstanden auch die nunmehr vorgelegten Manuskripte. Eine gründlich Überarbeitung bzw. Aktualisierung war nur begrenzt möglich.

Literatur zu Kapitel 5

ACSÁDI & NEMESKÉRI 1970

G. Acsádi & J. Nemeskéri, History of human life span and mortality (Budapest 1970).

ADLER 1967

P. Adler, Die Chronologie der Gebissentwicklung. In: E. Harndt & H. Weyers (Hrsg.), Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde im Kindesalter (Berlin 1967) 38–74.

AHLQUIST & DAMSTEN 1969

J. Ahlquist & O. Damsten, A modification of Kerley's method for the microscopic determination of age in human bone. *J. Forensic Sci.* 14, 1969, 205–212.

AIELLO & DEAN 1990

L. Aiello & C. Dean, An introduction to human evolutionary anatomy (London 1990).

ALDENDERFER & ENG 2016

M. Aldenderfer & J.T. Eng, Death and burial among two ancient high-altitude communities of Nepal. In: G.R. Schug & S.R. Walimbe (Eds.), *A Companion to South Asia in the Past* (New York 2016) 374–397.

ALEXANDERSEN 1988

V. Alexandersen, Description of the human dentitions from the late mesolithic grave-fields at Skateholm, Southern Sweden. In: L. Larsson (Eds.), *The Skateholm project I. Man and environment* (Lund 1988) 106–163.

ALLISON et al. 1984

M.J. Allison, G. Focacci, B. Arriaza, V. Standen, M. Rivera, M. & J.M. Lowenstein, Chinchorro, momias de preparación complicada: Métodos de momificación. *Chungara: Revista de Antropología Chilena* 13, 1984, 155–173.

ALT 1989

K.W. Alt, Zur Problematik odontologischer Verwandtschaftsanalysen in der prähistorischen Anthropologie am Beispiel der Aplasie/Hypodontie. *Z. Morph. Anthropol.* 78, 1989, 43–71.

ALT 1997a

K.W. Alt, Kategorien und Konzepte dentalanthropologischer Studien. In: K.W. Alt & J.C. Türp (Hrsg.), *Die Evolution der Zähne: Phylogenie, Ontogenie, Variation*. (Berlin 1997) 679–687.

ALT 1997b

K.W. Alt, Odontologische Verwandtschaftsanalyse. Individuelle Charakteristika der Zähne in ihrer Bedeutung für Anthropologie, Archäologie und Rechtsmedizin (Stuttgart 1997).

ALT 2001

K.W. Alt, Karies in Vergangenheit und Gegenwart. Zur Epidemiologie einer Volksseuche. In: A. Kemkes-Grottenthaler & W. Henke (Hrsg.), *Pein und*

Plagen. Aspekte einer Historischen Epidemiologie (Gelsenkirche-Schwelm 2001) 156–213.

ALT 2002a

K.W. Alt, Paläopathologie. In: H. Beck, D. Geuenich & H. Steuer (Hrsg.), *Reallexikon der Germanischen Altertumskunde*. Bd. 22 (Berlin 2002) 462–464

ALT 2002b

K.W. Alt, Paläoepidemiologie. In: H. Beck, D. Geuenich & H. Steuer (Hrsg.), *Reallexikon der Germanischen Altertumskunde*. Bd. 22 (Berlin 2002) 459–462.

ALT 2005

K.W. Alt, Paläopathologie. In: K.H. Leven (Hrsg.), *Antike Medizin. Ein Lexikon* (München 2005) 663–665.

ALT 2009a

K.W. Alt, Der Mensch als Forschungsobjekt – Wissenschaft und Ethik in der Anthropologie. In: A. Wiczorek, W. Rosendahl & H. Wiegand (Hrsg.), *Mumien und Museen. Kolloquium zur Ausstellung Mumien – Der Traum vom ewigen Leben. Mannheimer Geschichtsblätter, Sonderveröffentlichung 2* (Heidelberg 2009) 83–92.

ALT 2009b

K.W. Alt, Prähistorische Anthropologie im 21. Jahrhundert. Methoden und Anwendungen. In: O. Heinrich-Tamaska, N. Krohn & S. Ristow (Hrsg.), *Dunkle Jahrhunderte in Mitteleuropa?* (Hamburg 2009) 239–258.

ALT & PICHLER 1995

K.W. Alt & S. Pichler, Unusual tooth wear pattern – abrasive food, chronic vomiting or teeth as tool? In: B. Jacob, W. Bonte, W. Huckenbeck & P. Pieper (Eds.), *Advances in Forensic sciences 3. Proceedings of the 13th Meeting of the International Association of Forensic Sciences, in Düsseldorf, August 22nd to 28th 1993. Forensic Criminology 1* (Berlin 1995) 268–271.

ALT & PICHLER 1998

K.W. Alt & S. Pichler, Artificial modifications of human teeth. In: ALT et al. 1998, 387–415.

ALT & RÜHLI 2010

K.W. Alt & F.J. Rühli, Mummy insights – X-ray analysis and computed tomography. In: A. Wiczorek & W. Rosendahl (Hrsg.), *Mummies of the World* (München 2010) 216–225.

ALT & RÜHLI 2015

K.W. Alt, & F.J. Rühli, Mumieneinblicke – Röntgenanalytik und Computertomographie. In: WICZOREK & ROSENDAHL 2015, 221–230.

ALT & VACH 2004

K.W. Alt & W. Vach, Verwandtschaftsanalyse im alemannischen Gräberfeld von Kirchheim/Ries. *Basler Hefte zur Archäologie* 3 (Basel 2004).

ALT & VACH 2006

K.W. Alt & W. Vach, Binnen- und Verwandtschaftsstruktur im bandkeramischen Gräberfeld von Ensisheim „Les Octrois“ (Haut Rhin). In: K.W. Alt, R.M. Arbogast, C. Jeunesse & S. van Willigen (Hrsg.), Grab- und Bestattungssitten des donauländischen Neolithikums. Actes de la table ronde de Fribourgen-Breisgau 17,18 Octobre 1998. Cahier de l'Association pour la Promotion de la Recherche Archéologique en Alsace 20 (Zimmersheim 2006) 27-54.

ALT et al. 1998

K.W. Alt, F.W. Rösing & M. Teschler-Nicola (Eds.), Dental Anthropology. Fundamentals, Limits, and Prospects (Wien, New York 1998).

ALT et al. 2003

K.W. Alt, J. Burger, A. Simons, W. Schön, G. Grupe, S. Hummel, B. Grosskopf, W. Vach, C. Buitrago Téllez, C.H. Fischer, S. Möller-Wiering, S.S. Shrestha, S.L. Pichler & A. von den Driesch (2003), Climbing into the past – first Himalayan mummies discovered in Nepal. *J. Archaeol. Sci.* 30, 2003, 1529-1535.

ALT et al. 2008a

K.W. Alt, N. Nicklisch, P. Held, C. Meyer, A. Rossbach & M. Burwinkel, Zähne als Gesundheits- und Mortalitätsrisiko. In: J. Piek & T. Terberger (Hrsg.), Traumatologische und pathologische Veränderungen an prähistorischen und historischen Skelettresten – Diagnosen, Ursachen und Kontext (Rhaden/Westf. 2008) 25-42.

ALT et al. 2008b

K.W. Alt, R. Brenn, B. Lohrke, W. Müller, M. Rausch-
kolb & H. Steuer, Die mittelalterliche Bergbaubevölkerung des 12. Jahrhunderts von Sulzburg, Kr. Breisgau-Hochschwarzwald. Anthropologische und archäo-metrische Studien. Freiburger Beiträge zur Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends 13 (Rhaden/Westf. 2008).

ALT et al. 2013a

K.W. Alt, R. Garve & J.C. Türp, Ist die Abnutzung der Zahnhartsubstanzen ein pathologischer Prozess? Eine dentalanthropologische Perspektive. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 68, 2013, 550-558.

ALT et al. 2013b

K.W. Alt, M. Benz, W. Müller, M. Berner, M. Schultz, C. Knipper, H.-G.K. Gebel, H.J. Nissen & W. Vach, Earliest evidence for social endogamy in the 9,000-year old population of Basta, Jordan. *PLOS One* 8(6), 2013. doi:10.1371/journal.pone.0065649

ALT et al. 2014

K.W. Alt, C. Knipper, D. Peters, W. Müller, A.F. Maurer, I. Kollig, N. Nicklisch, C. Müller, S. Karimnia, G. Brandt, C. Roth, M. Rosner, B. Mende, B. Schöne, T. Vida & U. von Freeden, Lombards on the move – an integrative study of the migration period cemetery at

Szólád, Hungary. *PLOS ONE* 9(11), 2014. doi:10.1371/journal.pone.0110793

ALT et al. 2016

K.W. Alt, S. Zesch, R. Garrido-Pena, C. Knipper, A. Szécsényi-Nagy, C. Roth, C. Tejedor-Rodríguez, P. Held, I. García-Martínez-de-Lagrán, D. Navitainuck, H. Arcusa Magallón, & M.A. Rojo-Guerra, A community in life and death: the Late Neolithic megalithic tomb at Alto de Reinoso (Burgos, Spain). *PLOS ONE* 11(1), 2016. doi:10.1371/journal.pone.0146176

AMBROSE 1993

S.H. Ambrose, Isotopic analysis of paleodiets: Methodological and interpretive considerations. In: M.K. Sandford (Eds.), Investigations of Ancient Human Tissue: Chemical Analyses in Anthropology (Langhorne 1993) 59-130. Archaeological and Ethnographical Museum of Tenerife (Hrsg.; 1995) Proceedings of the First World Congress on Mummy Studies, 1992, Vol. 1 and 2. Archaeological and Ethnographical Museum of Tenerife, Santa Cruz, Tenerife, Canary Islands.

ARRIAZA 1995

B.T. Arriaza, Beyond death: The Chinchorro mummies of ancient Chile (Washington, D.C. 1995).

AUFDERHEIDE 2003

A.C. Aufderheide, The scientific study of mummies (Cambridge 2003).

AUFDERHEIDE & RODRIGUEZ-MARTIN 1998

A.C. Aufderheide & C. Rodriguez-Martin, The Cambridge encyclopedia of human palaeopathology (Cambridge 1998).

BEALL 2013

C. Beall, Human adaptability studies at high altitude: Research designs and major concepts during fifty years of discovery. *Am. J. Hum. Biol.* 25(2), 2013, 141-147.

BEATTIE & GEIGER 1989

O. Beattie & J. Geiger, Der eisige Schlaf. Das Schicksal der Franklin-Expedition (Köln 1989).

BEN-DAVID & FLAHERTY 2012

M. Ben-David & E.A. Flaherty, Stable isotopes in mammalian research: a beginner's guide. *J. Mammal.* 93(2), 2012, 312-328.

BERNHARD 1991

W. Bernhard, Ethnische Anthropologie von Afghanistan, Pakistan und Kashmir (Stuttgart 1991).

BERNHARD 1993

W. Bernhard, Anthropologie von Südwestasien. Bd. 4 (München 1993).

Literatur zu Kapitel 5

- BERNHARD & KANDLER 1986W. Bernhard & A. Kandler, Ethnogenese europäischer Völker (Stuttgart, New York 1986).
- BIGHAM et al. 2013
A.W. Bigham, M.J. Wilson, C.G. Julian, M. Kiyamu, E. Vargas, F. Leon-Velarde, M. Rivera-Chira, C. Rodriguez, V.A. Browne, E. Parra, T.D. Brutsaert, L.G. Moore & M.D. Shriver, Andean and Tibetan patterns of adaptation to high altitude. *Am. J. Hum. Biol.* 25(2), 2013, 190–197.
- BLANEY 1986
S.P.A. Blaney, An allometric study of the frontal sinus in Gorilla, Pan and Pongo. *Folia Primatol.* 74, 1986, 81–96.
- BÖSL et al. 2006
C. Bösl, G. Grupe & J. Peters, A Late Neolithic vertebrate food web based on stable isotope analyses. *Int. J. Osteoarchaeol.* 16, 2006, 296–315.
- BOCQUET-APPEL 2008
J.P. Bocquet-Appel, Introduction. In: J.P. Bocquet-Appel (Eds.), *Recent Advances in Palaeodemography. Data, Techniques, Patterns* (Dordrecht 2008) 1–8.
- BOCQUET-APPEL & MASSET 1982
J.P. Bocquet-Appel & C. Masset, Farewell to paleodemography. *J. Hum. Evol.* 11, 1982, 321–333.
- BOGIN 2001
B. Bogin, *The growth of humanity* (New York 2001).
- BOGIN et al. 1992
B. Bogin, M. Wall & R.B. MacVean, Longitudinal analysis of adolescent growth of Ladino and Mayan school children in Guatemala: Effects of Environment and Sex. *Am. J. Phys. Anthropol.* 89, 1992, 447–457.
- BOWLES 1977
G.T. Bowles, *The people of Asia* (London 1977).
- BOYLSTON 2000
A. Boylston, Evidence for weapon related trauma in British archaeological samples. In: M. Cox & S. Mays (Eds.), *Human osteology in archaeology and forensic medicine* (London 2000) 357–380.
- BRAMANTI et al. 2000
B. Bramanti, S. Hummel, T. Schultes & B. Herrmann, STR Allelic Frequencies in a German Skeleton Collection. *Anthropol. Anz.* 58(1), 2000, 45–49.
- BRATHER et al. 1999
S. Brather, Ch. Bücker & M. Hoepfer (Hrsg.), *Archäologie als Sozialgeschichte. Studien zu Siedlung, Wirtschaft und Gesellschaft im frühgeschichtlichen Mitteleuropa. Festschrift für Heiko Steuer. Studia honoraria 9* (Rahden/Westf. 1999).
- BRÄUER 1988
G. Bräuer, Osteometrie. In: KNUSSMANN 1988, 160–232.
- BRÄUER & KNUSSMANN 1988
G. Bräuer & R. Knußmann, Grundlagen der Anthropometrie. In: R. KNUSSMANN 1988, 129–159.
- BROTHWELL et al. 1968
D.R. Brothwell, T. Mollerson & C. Metreweli, Radiological aspects of normal variation in earlier skeletons: an exploratory study. In: D.R. Brothwell (Hrsg.), *The skeletal biology of earlier populations* (Oxford 1968) 149–172.
- BROTHWELL & SANDISON 1967
D.R. Brothwell & A.T. Sandison, *Diseases in antiquity* (Springfield 1967) 673–701.
- BUIKSTRA & BECK 2006
J.E. Buikstra & L.A. Beck, *Bioarchaeology: the Contextual Study of Human Remains* (Amsterdam 2006).
- BUIKSTRA & UBELAKER 1994
J.E. Buikstra & D.H. Ubelaker, Standards for data collection from human skeletal remains: Proceedings of a Seminar at The Field Museum of Natural History (Fayetteville 1994).
- BURGER 1997
J. Burger, Nachweis von DNA-Einzelkopiesequenzen aus prähistorischen Zähnen. Liegemilieu als Faktor für den Erhalt von DNA. *Anthrop. Anzeiger* 55(2), 1997, 193–198.
- BURGER et al. 1999
J. Burger, S. Hummel, B. Herrmann & W. Henke, DNA preservation: A microsatellite-DNA study on ancient skeletal remains. *Electrophoresis* 20, 1999, 1722–1728.
- BURTON & HAHN 2016
J.H. Burton & R. Hahn, Assessing the “local” ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratio for humans. In: G. Grupe & G.C. McGlynn (Eds.), *Isotopic Landscapes in Bioarchaeology* (Berlin u. a. 2016) 113–121.
- BURTON & WRIGHT 1995
J.H. Burton & L.E. Wright, Nonlinearity in the relationship between bone Sr/Ca and diet: Paleodietary implications. *Am. J. Phys. Anthropol.* 96, 1995, 273–282.
- CARLI-THIELE 1996
P. Carli-Thiele, Spuren von Mangelerkrankungen an steinzeitlichen Kinderskeletten. *Fortschritte in der Paläopathologie und Osteoarchäologie. Band I* (Göttingen 1996).
- CASELITZ 1983
P. Caselitz, Die menschlichen Skelettreste von Dominikanerkloster zu Schleswig. *Ausgrabungen in Schleswig. Berichte und Studien 1* (Schleswig 1983).

- CASELITZ 1998
P. Caselitz, Caries – ancient plague of humankind. In: ALT et al. 1998, 203–226.
- CAUT et al. 2008
S. Caut, E. Angulo & F. Courchamp, Discrimination factors (Delta N-15 and Delta C-13) in an omnivorous consumer: effect of diet isotopic ratio. *Functional Ecology* 2, 2008, 255–263.
- CAVALLI-SFORZA & CAVALLI-SFORZA 1996
L. Cavalli-Sforza & F. Cavalli-Sforza, Verschieden und doch gleich. Ein Genetiker entzieht dem Rassismus die Grundlage (München 1996).
- CERLING et al. 1997
T.E. Cerling, J.M. Harris, B.J. MacFadden, M.G. Leakey, J. Quade, V. Eisenmann & J.R. Ehleringer, Global vegetation change through the Miocene/Pliocene boundary. *Nature* 389(6647), 1997, 153–158.
- CERNUSAK et al. 2009
L.A. Cernusak, G. Tcherkez, C. Keitel, W.K. Cornwell, L.S. Santiago, A. Knohl, M.M. Babour, D.G. Williams, P.B. Reich, D.S. Ellsworth, T.E. Dawson, H.G. Griffiths, G.D. Farquhar & I.J. Wright, Why are non-photosynthetic tissues generally ¹³C enriched compared with leaves in C3 plants? Review and synthesis of current hypotheses. *Functional Plant Biology* 36, 2009, 199–213.
- CHAMBERLAIN 2006
A. Chamberlain, *Demography in Archaeology* (Cam-bridge 2006).
- CHHEM & BROTHWELL 2008
R.K. Chhem & D.R. Brothwell, *Paleoradiology. Imaging Mummies and Fossils* (Berlin 2008).
- CIPRIANO-BECHTLE et al. 1996
A. Cipriano-Bechtler, G. Grupe & P. Schröter, Altern und Lebenserwartung im Frühen Mittelalter. *Homo* 46, 1996, 267–279.
- CONDON et al. 1986
K. Condon, D.K. Charles, J.M. Cheverud & J.E. Buikstra, Cementum annulation and age determination in *Homo sapiens*. II. Estimates and accuracy. *Am. J. Phys. Anthropol.* 71, 1986, 321–330.
- COX & MAYS 2000
M. Cox & S. Mays, *Human Osteology in Archaeology and Forensic Science* (London 2000).
- CROWDER & STOUT 2011
C. Crowder & S. Stout, *Bone histology. An anthropological perspective* (Boca Raton 2011).
- CUNNINGHAM 1854
A. Cunningham, *Ladak, physical, statistical and historical* (London 1854).
- CZARNETZKI 1972
A. Czarnetzki, Epigenetische Skelettmerkmale im Populationsvergleich II. Frequenzunterschiede zwischen den Geschlechtern. *Z. Morph. Anthropol.* 63, 1972, 341–350.
- CZARNETZKI 1996
A. Czarnetzki, *Stumme Zeugen ihrer Leiden* (Tübingen 1996).
- CZARNETZKI 2000
A. Czarnetzki, Apologie. Epigenetische Merkmale. *Bulletin Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie* 1, 2000, 1–88.
- DAINELLI 1932
G. Dainelli, My expedition in the Eastern Karakoram, 1930. *Himalayan Journal* 4, 1932, 46–54. (aus Bernhard 1991).
- DAINELLI & BIASUTTI 1925
G. Dainelli & R. Biasutti, I tipi umani. Relazioni scientifiche della spedizione Italiana de Filippi, nell'Himalaia, Caracorùm e Turchestàn Cinese (1913-1914). Ser. II, Vol. 9 (Bologna 1925). (aus Bernhard 1991).
- DANFORTH 1999
M. Danforth, Coming up short: stature and nutrition among the ancient Maya of the southern Lowlands. In: C. White (Hrsg.), *Reconstructing Ancient Maya Diet* (Salt Lake City 1999) 103–117.
- DAVID 1979
A.R. David, The Manchester Museum Mummy Project (Manchester 1979).
- DAVID 1997
A.R. David, Disease in Egyptian mummies: the contribution of new technologies. *Lancet* 349, 1997, 1760–1763.
- DAVID 2008
A.R. David, *Egyptian Mummies and Modern Science* (Cambridge 2008).
- DEMPSTER 1999
D.W. Dempster, New concepts in bone remodeling. In: M.J. Seibel, S.P. Robins & J.B. Bilezikian (Eds.), *Dynamics of Bone and Cartilage Metabolism* (San Diego 1999) 261–273.
- DITTMAR 1994
M. Dittmar, Mikroevolution der Aymara-Bevölkerung Südamerikas: Eine univariate und multivariate statistische Analyse von morphometrischen, dermatoglyphischen und serologischen Merkmalen unter besonderer Berücksichtigung der Beziehung der Aymaravorfahren zur prähistorischen Tiwanaku-Bevölkerung. *Deutsche Hochschulschriften* 553 (Frankfurt a. M. 1994).

Literatur zu Kapitel 5

- DOPPLER 2008
S. Doppler, Alters-, Aktivitäts- und Krankheitsmerkmale in der menschlichen Knochenmikrostruktur: Eine vergleichende Studie einer individualaltersbekanntesten historischen Population mit rezenten Menschen. Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München (München 2008). (https://edoc.ub.uni-muenchen.de/9239/1/Doppler_Stefanie.pdf)
- DRENHAUS 1988
U. Drenhaus, Methoden der Paläodemographie. In: R. KNUSSMANN 1988, 602–616.
- ELIAS et al. 1982
R.W. Elias, Y. Hirao & C.C. Patterson, The circumvention of natural biopurification of calcium along nutrient pathways by atmospheric inputs of industrial lead. *Geochim. Cosmochim. Acta* 46, 1982, 2561–2580.
- ENDRIS 1979
R. Endris, *Praktikum forensische Odontostomatologie* (Heidelberg 1979).
- EVANS & KNIGHT 1981
K.T. Evans & B. Knight, *Forensic Radiology* (London 1981).
- EZZO 1994
J.A. Ezzo, Putting the „chemistry“ back into archaeological bone chemistry analysis: Modeling potential paleodietary indicators. *J. Anthropol. Archaeol.* 13, 1994, 1–34.
- FAZEKAS & KÓSA 1978
I. Fazekas, & F. Kósa, *Forensic Fetal Osteology* (Budapest 1978).
- FEREMBACH et al. 1979
D. Ferembach, I. Schwidetzki & M. Stloukal, Empfehlungen für die Alters- und Geschlechtsdiagnose am Skelett. *Homo* 30, 1979, 1–32.
- FIELD 1970
H. Field, Contributions to the physical anthropology of the peoples of India. *Field Research Projects* (Coconut Grove 1970).
- FISCHER 2012
C. Fischer, Tollund Man: gift to the gods (Lancashire 2012).
- FLECKINGER 2011
A. Fleckinger, *Ötzi 2.0: Eine Mumie zwischen Wissenschaft, Kult und Mythos* (Stuttgart 2011).
- GAWLIK et al. 1982
D. Gawlik, D. Behne, P. Brätter, W. Gatschke & H. Gessner, The suitability of the iliac crest biopsy in the element analysis of bone and marrow. *J. Clin. Chem. Clin. Biochem.* 20, 1982, 499–507.
- GEBÜHR 2002
M. Gebühr, *Moorleichen in Schleswig-Holstein* (Neumünster 2002).
- GELDDHAUSER et al. 1996
B. Geldhauser, S. Guckenhan & R. Heudorfer, Hiebverletzungen und Trepanationen. In: CZARNETZKI 1996, 183–205.
- GERSTENBERGER et al. 1999
J. Gerstenberger, S. Hummel, T. Schultes, B. Häck & B. Herrmann, Reconstruction of a historical genealogy by means of STR analysis and Y-haplotyping of ancient DNA. *Europ. J. Hum. Genet.* 7, 1999, 469–477.
- GERSTENBERGER et al. 2002
J. Gerstenberger, S. Hummel & B. Herrmann, Reconstruction of residence patterns through genetic typing of skeletal remains of an early medieval population. *Ancient Biomolecules* 4, 2002, 25–31.
- GLIENKE 2012
J. Glienke, *Morphologische Verwandtschaftsanalyse zweier linienbandkeramischer Gräberfelder und eines Massengrabes des Mittelelbe-Saale-Gebietes*. Unpubl. Magisterarbeit Johannes Gutenberg-Universität Mainz (Mainz 2012).
- GRESKA et al. 1985
L.P. Greska, H. Spielvogel & L. Paredes-Fernandez, Maximal exercise capacity in adolescent European and Amerindian high-altitude natives. *Am. J. Phys. Anthropol.* 67, 1985, 209–216.
- GROSSKOPF 1990
B. Grosskopf, Individualaltersbestimmung mit Hilfe von Zuwachsringen im Zement bodengelagerter menschlicher Zähne. *Z. Rechtsmed.* 103, 1990, 351–359.
- GROSSKOPF & HUMMEL 1992
B. Grosskopf & S. Hummel, Altersdiagnose an Leichenbränden. *Beobachtungen an Zuwachsringen im Zahnzement*. *Arch. Korrbbl.* 22, 1992, 567–569.
- GROSSKOPF & MCGLYNN 2011
B. Grosskopf & G. McGlynn, Age diagnosis based on incremental lines in dental cementum: A critical reflection. *Anthropologischer Anzeiger / Journal of Biological and Clinical Anthropology* 68, 275–289.
- GRUPE 2014
G. Grupe, Application of isotopic mixing models for palaeodietary and paleoecological studies. *Anthropol. Anzeiger* 71, 2014, 21–39.
- GRUPE & HERRMANN 1986
G. Grupe & B. Herrmann, Die Skelettreste aus dem neolithischen Kollektivgrab von Odagsen, Stadt Einbeck, Ldkr. Northeim. *Nachr. Niedersachsen Urgesch.* 55, 1986, 41–91.

- GRUPE et al. 2005
G. Grupe, K. Christiansen, I. Schröder & U. Wittwer-Backofen, *Anthropologie: Ein einführendes Lehrbuch* (Heidelberg 2005).
- GRUPE et al. 2015
G. Grupe, M. Harbeck & G.C. McGlynn, *Prähistorische Anthropologie* (Berlin Heidelberg 2015).
- HAAK et al. 2008
W. Haak, G. Brandt, H.N. De Jong, C. Meyer, R. Ganslmeier, V. Heyd, C. Hawkesworth, A.W.G. Pike, H. Meller & K.W. Alt, Ancient DNA, strontium isotopes, and osteological analyses shed light on social and kinship organization of the later stone age. *PNAS* 105 (47), 2008, 18226-18231.
- HAAS et al. 1980
J.D. Haas, E.A. Frongillo, C.D. Stepick, J.L. Beard & L. Hurtado, Altitude, ethnic and sex differences in birth weight and length in Bolivia. *Human Biology* 52, 1980, 459-477.
- HAGELBERG et al. 1989
E. Hagelberg, B. Sykes & R. Hedges, Ancient bone DNA amplified. *Nature* 342, 1989, 485.
- HAGLUND & SORG 1997
W.D. Haglund & M.H. Sorg, *Forensic taphonomy: the postmortem fate of human remains* (Boca Raton 1997).
- HAIDLE 1997
M.N. Haidle, Mangel – Krisen – Hungersnöte. Ernährungszustände in Süddeutschland und der Nordschweiz vom Neolithikum bis ins 19. Jahrhundert. *Urgeschichtliche Materialhefte* 11 (Tübingen 1997).
- HAIDLE 2008
M.N. Haidle, Zum Umgang mit menschlichen Überresten. *Arch. Deutschland Heft* 1, 2008, 38-39
- HANIHARA 1970
K. Hanihara, Mongoloid Dental Complex in the Deciduous Dentition with Special Reference to the Dentition of the Ainu. *J. Anthrop. Soc. Nippon* 78(1), 1970, 3-17.
- HANIHARA et al. 1964
K. Hanihara, K. Kimura & T. Minamidate, The sexing of Japanese skeleton by means of discriminant function. *J. Leg. Med.* 18, 1964, 107-114.
- HANSEN & GULLOV 1989
J.P.H. Hansen & H.C. Gullov, The mummies from Qilakitsoq – Eskimos in the 15th century (Kopenhagen 1989).
- HANSEN et al. 1985
J.P.H. Hansen, J. Meldgaard & J. Nordquist, Qilakitsoq. De gronlandske mummier fra 1400-tallet (Copenhagen 1985).
- HANSEN et al. 1991
J.P.H. Hansen, J. Meldgaard & J. Nordquist, *The Greenland Mummies* (London 1991).
- HAUSER & DE STEFANO 1989
G. Hauser & G.F. De Stefano, *Epigenetic variants of the human skull* (Stuttgart 1989).
- HÄUSLER 1991
A. Häusler, Bemerkungen zum Bestattungsritual und der Paläodemographie im Neolithikum. In: F. Horst & H. Keiling (Hrsg.), *Bestattungswesen und Totenkult in ur- und frühgeschichtlicher Zeit* (Berlin 1991) 41-54.
- HENKE 1997
W. Henke, Quantitativ-morphologische Verfahren zur osteologischen Analyse – kritische Evaluierung konventioneller Verfahren und innovative Ansätze. „Ist Morphometrie noch zeitgemäß?“ *Bull. Soc. Suisse d'Anthrop.* 3(1), 1997, 1-18.
- HERRMANN 1994
B. Herrmann (Hrsg.), *Archäometrie. Naturwissenschaftliche Analyse von Sachüberresten* (Berlin 1994).
- HERRMANN et al. 1990
B. Herrmann, G. Grupe, S. Hummel, H. Piepenbrink & H. Schutkowski, *Prähistorische Anthropologie: Leitfaden der Feld- und Labormethoden* (Berlin, Heidelberg, New York 1990).
- HICKEL 1989
R. Hickel, Zahnabration und beruflich bedingte Einflüsse bei Steinbrucharbeitern (St. Augustin 1989).
- HILLSON 1979
S. Hillson, Diet and dental disease. *World Archaeology* 11, 1979, 147-162.
- HILLSON 1996
S. Hillson, *Dental Anthropology* (Cambridge 1996).
- HILLSON 2005
S. Hillson, *Teeth²* (Cambridge 2005).
- HOPPA & VAUPEL 2002
R.D. Hoppa & J.W. Vaupel, *Paleodemography. Age Distributions from Skeletal Samples* (Cambridge 2002).
- HRDLICKA 1902
A. Hrdlicka, The crania of Trenton, New Jersey, and their bearing upon the antiquity of man in that region. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist. N.Y.* 16, 1902, 23-62.
- HYLANDER 1977
W. Hylander, The adaptive significance of Eskimo craniofacial morphology. In: A.A. Dahlberg & T. Grabder (Hrsg.), *Oro-facial growth and development* (Den Haag 1977) 129-169.

IKRAM & DODSON 1998

S. Ikram & A. Dodson, *The Mummy in Ancient Egypt: Equipping the Dead for Eternity* (London, New York 1998).

IYENGAR et al. 1978

G.V. Iyengar, W.E. Kollmer & H.J.M. Bowen, *The Elemental Composition of Human Tissues and Body Fluids. A Compilation for Adults* (Weinheim, New York 1978).

JANTZEN et al. 2011

D. Jantzen, U. Brinker, J. Orschiedt, J. Heinemeier, J. Piek, K. Hauenstein, J. Krüger, G. Lidke, H. Lübke, R. Lampe, S. Lorenz, M. Schult & T. Terberger, A Bronze Age battlefield? Weapons and trauma in the Tollense Valley, north-eastern Germany. *Antiquity* 85, 2011, 417–433.

JEONG et al. 2016

C. Jeong, A.T. Ozga, D.B. Witonsky, H. Malmström, H. Edlund, C.A. Hofman, R.W. Hagan, M. Jakobsson, C.M. Lewis, M.S. Aldenderfer, A. Di Rienzo & C. Warinner, Long-term genetic stability and a high-altitude East Asian origin for the peoples of the high valleys of the Himalayan arc. *PNAS* 113, 2016, 7485–7490.

JIMÉNEZ-BROBEIL & QUMAOU 2009

S.A. Jiménez-Brobeil & A. Oumaoui, Possible relationship of cranial traumatic injuries with violence in the South-East Iberian Peninsula from the Neolithic to the Bronze Age. *Am. J. Phys. Anthropol.* 140, 2009, 465–475.

JONES & HARRIS 1998

G. Jones & R.J. Harris, Archeological human remains. Scientific, cultural, and ethical considerations. *Curr. Anthropol.* 39, 1998, 253–263.

JORDAN et al. 2000

G.R. Jordan, N. Loveridge, K.L. Bell, J. Power, N. Rushton & J. Reeve, Spatial clustering of remodeling osteons in the femoral neck cortex: A cause of weakness in hip fracture? *Bone* 26, 2000, 305–313.

JÜRGENS 1988

H.W. Jürgens, Demographische Gliederung und Mes-sung. In: R. KNUSSMANN 1988, 593–602.

KAGERER 2000

P. Kagerer, *Die Zahnzementzuwachsringe - Stumme Zeugen oder dechiffrierbare Annalen in der Paläopathologie, Paläodemographie und Rechtsmedizin?* Unpubl. Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München (München 2000).

KAGERER & GRUPE 2001

P. Kagerer & G. Grupe, Age-at-death diagnosis and determination of life-history parameters by incremental lines in human dental cementum as an identi-

fication aid. *Forensic Sci. Int.* 118, 2001, 75–82.

KEMKES-GROTTENTHALER 2002

A. Kemkes-Grottenthaler, Aging through the ages: historical perspectives on age indicator methods. In: R.D. Hoppa, J.W. Vaupel (Eds.), *Paleodemography: age distributions from skeletal samples* (Cambridge 2002) 48–72.

KHAIRAT et al. 2013

R. Khairat, M. Ball, C.C. Chang, R. Bianucci, A.G. Nerlich, M. Trautmann, S. Ismail, G.M. Shanab, A.M. Karim, Y.Z. Gad & C.M. Pusch, First insights into the metagenome of Egyptian mummies using next generation sequencing. *J. Appl. Genet.* 54, 2013, 309–325.

KIMURA et al. 2009

R. Kimura, T. Yamaguchi, M. Takeda, O. Kondo, T. Toma, K. Haneji, T. Hanihara, H. Matsukusa, S. Kawamura, K. Maki, M. Osawa, H. Ishida & H. Oota, A Common Variation in EDAR Is a Genetic Determinant of Shovel-Shaped Incisors. *Am. J. Hum. Genet.* 85(4), 2009, 528–535.

KNUDSON et al. 2005

K.J. Knudson, T.A. Tung, K.C. Nystrom, T.D. Price & P.D. Fullagar, The origin of the Juch'uympa Cave mummies: strontium isotope analysis of archaeological human remains from Bolivia. *J. Archaeol Sci* 32, 2005, 903–913.

KNUSSMANN 1988

R. Knußmann, *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Bd. I. Wesen und Methoden der Anthropologie* (Stuttgart 1988).

KOPPE & SCHUMACHER 1992

T. Koppe & K. Schumacher, Untersuchungen zum Pneumatisationsgrad des Viscerocranium beim Menschen und bei den Pongiden. *Acta Anat. Nipp.* 67, 1992, 725–734.

KOPPE et al. 1999

T. Koppe, H. Nagai & K.W. Alt, *The paranasal sinuses of higher primates. Development, function, and evolution* (Chicago 1999).

KORNEXL et al. 1997

B.E. Kornexl, T. Werner, A. Roßmann & H.L. Schmidt, Measurement of stable isotope abundances in milk and milk ingredients - a possible tool for origin assignment and quality control. *Z. Lebensm. Unters. Forsch. A* 205, 1997, 19–24.

KÖLBEL 1997

J. Kölbl, *Paläopathologische und -epidemiologische Untersuchungen an frühmittelalterlichen Zahn- und Kieferresten aus Pleidelsheim, Kreis Ludwigsberg.* Dissertation Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. B. (Freiburg 1996). (<https://freidok.uni-freiburg.de/dnb/download/532>)

KREUTZ 1997

K. Kreutz, Ätiologie und Epidemiologie von Erkrankungen des Kindesalters bei der bajuwarischen Population von Straubing (Niederbayern). Bd. 1. Beiträge zur Paläopathologie 2 (Göttingen 1997).

KRITSCHER 1983

H. Kritscher, Grössen- und Formvarianten der Stirnhöhlen bei einzelnen Rassen des Menschen. Mitt. Anthropol. Ges. Wien 113, 1983, 45–49.

LARSEN 1985

C.S. Larsen, Dental modifications and tool use in the western Great Basin. Am. J. Phys. Anthropol. 67, 1985, 393–402.

LARSEN et al. 1991

C.S. Larsen, R. Shavit & M.C. Griffin, Dental caries evidence for dietary change: an archaeological context. In: M.A. Kelley, C.S. Larsen (Eds.), *Advances in Dental Anthropology* (New York 1991) 179–202.

LAUGHLIN et al. 1979

W.S. Laughlin, J.B. Jørgensen & B. Fröhlich, Aleuts and Eskimos: survivors of the Bering Land Bridge Coast. In: W.S. Laughlin & A.B. Harper (Eds.), *The First Americans: Origins, Affinities and Adaptations* (New York 1979) 91–104.

LEICHER 1928

H. Leicher, Die Vererbung anatomischer Varianten der Nase, ihrer Nebenhöhlen und des Gehörorgans. In: O. Korner (Hrsg.), *Die Ohrenheilkunde der Gegenwart und ihre Grenzgebiete in Einzeldarstellungen*. Bd. 12 (München 1928).

LEWIS 2007

M.E. Lewis, Little waifs. Weaning and Dietary Stress. In: M.E. Lewis (Eds.), *The bioarchaeology of children. Perspectives from biological and forensic anthropology* (Cambridge 2007) 97–132.

LINDSAY et al. 1994

R. Lindsay, M. Feldkamp, D. Harris, J. Robertson & M. Rallison, Utah growth study: growth standards and the prevalence of growth hormone deficiency. *J. Pediatrics* 125, 1994, 29–35.

LIU et al. 2016

X. Liu, R.E.B. Reid, E. Lightfoot, G. Motuzaite Matuzeviciute & M.K. Jones, Radical change and dietary conservatism: Mixing model estimates of human diets along the Inner Asia and China's mountain corridors. *The Holocene* 26, 2016, 1556–1565.

LIVERSIDGE et al. 1998

H.M. Liversidge, B. Herdeg & F.W. Rösing, Dental age estimation of non-adults. A review of methods and principles. In: ALT et al. 1998, 419–442.

LOVEJOY 1985

C.O. Lovejoy, Dental wear in Libben population: Its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age at death. *Am. J. Phys. Anthropol.* 68, 1985, 47–56.

LUKACS 1989

J.R. Lukacs, Dental pathology. Methods for reconstructing dietary pattern. In: M.Y. Iscan & K.A.R. Kennedy (Hrsg.), *Reconstruction of life from the skeleton* (New York 1989) 261–286.

LUKACS 1992

J.R. Lukacs, Dental paleopathology and agricultural intensification in South Asia: New evidence from Bronze Age Harappa. *Am. J. Phys. Anthropol.* 87, 1992, 133–150.

LYNNERUP et al. 1999

N. Lynnerup, P. Homøe & Skovgaard, The frontal sinus in ancient and modern Greenlandic Inuit. *Int. J. Anthropol.* 14, 1999, 47–54.

MAIXNER et al. 2016

F. Maixner, B. Krause-Kyora, D. Turaev, A. Herbig, M.R. Hoopmann, J.L. Hallows, U. Kusebauch, E.E. Vigl, P. Malfertheiner, F. Megraud, N. O'Sullivan, G. Cipollini, V. Coia, M. Samadelli, L. Engstrand, B. Linz, R.L. Moritz, R. Grimm, J. Krause, A. Nebel, Y. Moodley, R. Rattei & A. Zink, The 5300-year-old *Helicobacter pylori* genome of the Iceman. *Science* 351(6269), 2016, 162–165.

MALLORY & MAIR 2000

J.P. Mallory & V.H. Mair, *The Tarim mummies: ancient China and the mystery of the earliest peoples from the West* (London 2000).

MARESH 1940

M.M. Maresh, Paranasal sinuses from birth to late adolescence. *Am. J. Disease of Children* 60, 1940, 55–78.

MAYS 1999

S.A. Mays, Linear and appositional long bone growth in earlier human populations: a case study from medieval England. In: R.D. Hoppa, C. Fitzgerald (Hrsg.), *Human growth in the past: studies from bones and teeth* (Cambridge 1999) 290–312.

MEYER & ALT 2012

C. Meyer & K.W. Alt, Anthropologische Untersuchung der menschlichen Skelettfunde aus dem endneolithischen Kollektivgrab von Spreitenbach: Osteologischer Individualbefund und Populationscharakteristik. In: T. Doppler (Hrsg.), *Spreitenbach-Moosweg* (Aargau, Schweiz): Ein Kollektivgrab um 2500 v. Chr. *Antiqua* 51, 2012, 104–157.

MEYER et al. 2015

C. Meyer, C. Lohr, D. Gronenborn & K.W. Alt, The massacre mass grave of Schöneck-Kilianstädten

reveals new insights into collective violence in Early Neolithic Central Europe. *PNAS* 112, 2015, 11217–11222.

MILES 1963

A.E.W. Miles, The dentition in the assessment of individual age in skeletal material. In: D.R. Brothwell (Hrsg.), *Dental anthropology* (Oxford, New York, Paris 1963) 191–209.

MIEHE et al. 2002

G. Miehe, S. Miehe & F. Schlütz, Vegetationskundliche und palynologische Befunde aus dem Muktinath-Tal (Tibetischer Himalaya, Nepal). Ein Beitrag zur Landschaftsgeschichte altweltlicher Hochgebirgshalbwüsten. *Erdkunde* 56, 2002, 268–285

MOORE et al. 1998

L.G. Moore, S. Niermeyer & S. Zamudio, Human adaptation to high altitude: Regional and life-cycle perspectives. *Am. J. Phys. Anthropol.* 107, 1998, 25–64.

MUELLER et al. 1980

W.H. Mueller, F. Murillo, H. Palamino, M. Badzioch, R. Chakraborty, P. Fuerst & W.J. Schull, The Aymara of Western Bolivia: V. Growth and Development in an Hypoxic Environment. *Human Biology* 52, 1980, 529–546.

NEWSOME et al. 2004

S.D. Newsome, D.L. Phillips, B.J. Culleton, T.P. Guilderson & P.L. Koch, Dietary reconstruction of an early to middle Holocene human population from the central California coast: insights from advanced stable isotope mixing models. *J. Archaeol. Sci.* 31, 2004, 1101–1115.

NICKLISCH 2006

N. Nicklisch, Rekonstruktion biologischer Verwandtschaftsstrukturen in einem eisenzeitlichen Gräberfeld im Kontext archäologischer Befunde. Unpubl. Magisterarbeit Johannes Gutenberg-Universität Mainz (Mainz 2006).

NICKLISCH et al. 2016

N. Nicklisch, R. Ganslmeier, A. Siebert, S. Friederich, H. Meller & K.W. Alt, Holes in teeth – Dental caries in Neolithic and Early Bronze Age populations in Central Germany. *Ann. Anat.* 203, 2016, 90–99. doi: 10.1016/j.aanat.2015.02.001

NICKLISCH et al. 2017

N. Nicklisch, F. Ramsthaler, H. Meller, S. Friederich & K.W. Alt, The Face of War: Trauma Analysis of a Mass Grave from the Battle of Lützen (1632). *PLOS One* 12(5), 2017. doi: 10.1371/journal.pone.0178252

NOTMAN & LUPTON 1995

D.N.H. Notman & C. Lupton, Three-dimensional computed tomography and densitometry of human mummies and associated materials. In: *Proceedings of the*

First World Congress on Mummy Studies, February 1992. Vol. 2. (Santa Cruz de Tenerife 1995) 479–484.

ORSCHIED 1998

J. Orschied, Manipulationen an menschlichen Skelettresten. Taphonomische Prozesse, Sekundärbestatungen oder Anthropophagie. *Urgeschichtliche Materialhefte* 13 (Tübingen 1998).

ORTNER 2003

D.J. Ortner, Identification of pathological conditions in human skeletal remains² (Amsterdam 2003).

ORTNER et al. 2001

D.J. Ortner, W. Butler, J. Cafarella & L. Milligan, Evidence of probable scurvy in subadults from archeological sites in North America. *Am. J. Phys. Anthropol.* 114, 2001, 343–351.

ORTNER & PUTSCHAR 1981

D.J. Ortner & W.G.J. Putschar, Identification of pathological conditions in human skeletal remains. *Smithsonian Contr. Anthropol.* 28 (Washington, D.C. 1981).

PARKER 2005

J. Parker, *The Gurkhas: The inside story of the world's most feared soldiers* (London 2005).

PEARSON 1899

K. Pearson, On the reconstruction of stature of prehistoric races. *Mathematic contributions to the theory of evolution. Trans. Roy. Soc. A* 192, 1899, 169–244.

PETER-RÖCHER 2007

H. Peter-Röcher, Gewalt und Krieg im prähistorischen Europa. Beiträge zur Konfliktforschung auf der Grundlage archäologischer, anthropologischer und ethnologischer Quellen. *Universitätsforsch. Prähist. Archäol.* 143 (Bonn 2007).

PETERSON & FRY 1987

B.J. Peterson & B. Fry, Stable isotopes in ecosystem studies. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18, 1987, 293–320.

PETZKE et al. 2010

K.J. Petzke, B.T. Fuller & C.C. Metges, Advances in natural stable isotope ratio analysis of human hair to determine nutritional and metabolic status. *Curr. Opin. Clin. Nutr.* 13, 2010, 532–540.

PFADENHAUSE & KLÖTZLI 2015

J. Pfadenhauser & F. Klötzli, *Vegetation der Erde: Grundlagen, Ökologie, Verbreitung* (Berlin u. a. 2015).

POWER 1985/86

C. Power, Diet and disease: evidence from the human dental remains in two medieval Irish populations. *J. Irish Archaeol.* 11, 1985/86, 49–53.

RAČEK 1985

M. Ráček, *Die nicht zu Erde wurden. Kulturgeschichte*

- der konservierenden Bestattungsformen (Köln 1985).
- REINHARD 1996
J. Reinhard, Peru's ice maiden: unwrapping the secrets. *National Geographic* 189(6), 1996, 62–81.
- REINHARD 1998
J. Reinhard, New Inca mummies. *National Geographic* 194(1), 1998, 128–135.
- REISS & STÜBEL 1880-1887
W. Reiß & A. Stübel, Das Totenfeld von Ancon in Peru. Ein Beitrag zur Kenntnis der Kultur und Industrie des Inca-Reiches. 15 Bände (Berlin 1880-1887).
- RENFREW 1984
C. Renfrew, *Approaches to Social Archaeology* (Edinburgh 1984).
- ROBERTS & MANCHESTER 2005
C. Roberts & K. Manchester, *The archaeology of disease* (New York 2005).
- ROCHE & SUN 2003
A.F. Roche & S.S. Sun (Eds.), *Human Growth: Assessment and Interpretation* (Cambridge 2003).
- ROOS 1973
A. Roos, Das Kieferskelettmaterial vom ehemaligen Gottesacker des Augustinerklosters. Rückschlüsse auf die Essgewohnheiten der Mönche und ihrer Zeitgenossen. *Sandoz Bulletin* 28, 1973, 64–71.
- RÖSING 1986
F.W. Rösing, Zwischenanalyse und Binnenanalyse von Bevölkerungen. In: B. Herrmann (Hrsg.), *Innovative Trends in der prähistorischen Anthropologie*. *Mitt. Bln. Ges. Anthropol. Ethnol. Urgesch.* 7, 1986, 75–80.
- RÖSING 1988
F.W. Rösing, Körperhöhenrekonstruktion aus Skelettmaßen. In: KNUSSMANN 1988, 586–599.
- RUFF et al. 2006
C.B. Ruff, B. Holt & E. Trinkaus, Who's afraid of the big bad wolf? »Wolff's Law« and bone functional adaptation. *Am. J. Phys. Anthropol.* 129, 2006, 484–498.
- RÜHLI et al. 2005
F. Rühli, B.W. Rothschild & K.W. Alt, Paläopathologie der Tuberkulose: Cranium und Postcranium. *Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie* 10(2), 2005, 53–8.
- SAH & BRUMME 2003
S.P. Sah & R. Brumme, Altitudinal gradients of natural abundance of stable isotopes of nitrogen and carbon in the needles and soil of a pine forest in Nepal. *Journal of Forest Science* 49, 2003, 19–26.
- SCHUEUR & BLACK 2000
L. Scheuer & S. Black, *Developmental Juvenile Osteology* (Amsterdam 2000).
- SCHULTES 2000
T. Schultes, Typisierung alter DNA zur Rekonstruktion von Verwandtschaft in einem bronzezeitlichen Skelettkollektiv (Göttingen 2000).
- SCHULTZ 1982
M. Schultz, Umwelt und Krankheit des vor- und frühgeschichtlichen Menschen. In: H. Wendt & N. Loacker (Hrsg.), *Kindlers Enzyklopädie. Der Mensch* Bd. 2 (Zürich 1982) 259–312.
- SCHULTZ et al. 1998
M. Schultz, P. Carli-Thiele, T.H. Schmidt-Schultz, U. Kierdorf, H. Kierdorf, W.R. Teegen & K. Kreutz, Enamel hypoplasias in archaeological skeletal remains. In: ALT et al. 1998, 387–415.
- SCHULZE 1987
C. Schulze, *Anomalien und Mißbildungen der menschlichen Zähne* (Berlin 1987).
- SCHUTKOWSKI 1993
H. Schutkowski, Sex determination of infant and juvenile skeletons. I: Morphognostic features. *Am. J. Phys. Anthropol.* 90, 1993, 199–205.
- SCHÜLLER 1921
A. Schüller, Das Röntgenogramm der Stirnhöhlen – ein Hilfsmittel für die Identitätsbestimmung von Schädeln. *Monatsschrift Ohrenheilkunde* 55, 1921, 1617–1620.
- SCOTT et al. 2000
R. Scott, G. Christy & C.G. Turner, *The Anthropology of Modern Human Teeth: Dental Morphology and Its Variation in Recent Human Populations* (Cambridge 2000).
- SEIDLER et al. 1992
H. Seidler, W. Bernhard, M. Teschler-Nicola, W. Platzer, D. zur Nedden, R. Henn, A. Oberhauser & T. Sjøvold, Some anthropological aspects of the prehistoric Tyrolean ice man. *Science* 258(5081), 1992, 455–457.
- SHAHACK-GROSS et al. 2004
R. Shahack-Gross, F. Berna, P. Karkanas & S. Weiner, Bat guano and preservation of archaeological remains in cave sites. *J. Archaeol. Sci.* 31, 2004, 1259–1272.
- SIEGMUND 2010
F. Siegmund, Die Körpergröße der Menschen in der Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas und ein Vergleich ihrer anthropologischen Schätzmethode (Norderstedt 2010).
- SILVEIRA MOREIRA 2012
R. da Silveira Moreira, *Epidemiology of Dental Caries*

Literatur zu Kapitel 5

in the World. In: M.S. Viridi (Hrsg.), Oral Health Care - Pediatric, Research, Epidemiology and Clinical Practices (Rijeka 2012). doi: 10.5772/1901

SIMONS 1996

A. Simons, Das Kollektivgrab Mebrak 63 im Mustang Distrikt, Nepal. *Eurasia Antiqua* 2, 1996, 383–395.

SIMONS 1997a

A. Simons, The Cave Systems of Mustang - Settlement and Burial Sites since Prehistoric Times. In: R. Allchin & B. Allchin (Eds.), *South Asian Archaeology 1995. Proceedings of the 13th Conference of the European Association of South Asian Archaeologists*. Cambridge 5–9 July, 1995 (New Delhi, Calcutta 1997) 851–861.

SIMONS 1997b

A. Simons, Höhlensiedlungen und Kollektivgräber: Hochgebirgsarchäologie in Mustang. *Nepal Information* 79, 1997, 36–37.

SIMONS 2003

A. Simons, Höhlensysteme im Hohen Himalaja Nepals. Ein früh tibetisches Siedlungskonzept und prähistorische Grabhöhlen. In: J. Eckert, U. Eisenhauer & A. Zimmermann (Hrsg.), *Archäologische Perspektiven. Analysen und Interpretationen im Wandel*. Festschrift für Jens Lüning zum 65. Geburtstag. *Studia honoraria* 20 (Rahden/Westf. 2003) 149–161.

SIMONS & SCHÖN 1998

A. Simons & W. Schön, Cave Systems and Terrace Settlements in Mustang, Nepal. *Settlement Periods from Prehistoric Times up to the Present Day*. *Beitr. Allg. u. Vergl. Arch.* 18, 1998, 27–47.

SIMONS at al. 1997

A. Simons, W. Schön & H.-W. Dämmer, Mit dem Seil in die Vergangenheit. *Archäologie im Hohen Himalaja*. *Forschung. Mitteilungen der DFG* 97(2-3), 1997, 30–34.

SIMONS at al. 1998a

A. Simons, W. Schön & S.S. Shrestha, Archaeological Research in Mustang. Report on the Fieldwork of the years 1994 and 1995 done by the Cologne University Team. *Ancient Nepal* 140, 1998, 65–84.

SIMONS at al. 1998b

A. Simons, W. Schön, H.-W. Dämmer & W. Taute, With a Climbing Rope into the Past. *German research. Reports of the DFG* 98(1), 1998, 28–31.

SITSEN 1931

A.E. Sitsen, Beitrag zur Kenntnis des Sinus frontalis. *Anthrop. Anz.* 7, 1931, 208–235.

SJØVOLD 1988

T. Sjøvold, Geschlechtsdiagnose am Skelett. In: *KNUSSMANN 1988*, 444–480.

SJØVOLD 1976/77

T. Sjøvold, A method for familial studies based on minor skeletal variants. *Ossa* 3/4, 1976/77, 97–107.

SMITH & DAWSON 1924

G.E. Smith & W.R. Dawson, *Egyptian mummies* (London 1924).

SPINDLER et al. 1995

K. Spindler, E. Rastbichler-Zissernig, H. Wilfing, D. zur Nedden & H. Nothdurfter, *Der Mann im Eis. Neue Funde und Ergebnisse* (Wien, New York 1995).

STEUER 1982

H. Steuer, Frühgeschichtliche Sozialstrukturen in Mitteleuropa. *Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, Phil.-Hist. Klasse, Dritte Folge* Nr. 128 (Göttingen 1982).

STILL & POWELL 2010

C.J. Still & R.L. Powell, Continental-scale distributions of vegetation stable carbon isotope ratios. In: J.B. West, T.E. Dawson & K.P. Tu (Eds.), *Isoscapes. Understanding Movement, Pattern, and Process on Earth through Isotope Mapping* (Dordrecht u. a. 2010) 179–193.

STLOUKAL & HANÁKOVÁ 1978

M. Stloukal & H. Hanáková, Die Länge der Längsknochen altslawischer Bevölkerungen unter besonderer Berücksichtigung von Wachstumsfragen. *Homo* 29, 1978, 53–69.

STOCK & SHAW 2007

J.T. Stock & C. N. Shaw, Which measures of diaphyseal robusticity are robust? A comparison of external methods of quantifying the strength of long bone diaphyses to cross-sectional geometric properties. *Am. J. Phys. Anthropol.* 134, 2007, 412–423.

STROHM & ALT 1998

T.F. Strohm & K.W. Alt, Periodontal disease - etiology, classification and diagnosis. In: *ALT et al.* 1998, 387–415.

STROTT 2002

N. Strott, *Strukturauffälligkeiten des Zahnzementes von Bestattungen des ersten katholischen Friedhofs Berlins (St. Hedwigs-Friedhof; Berlin-Mitte; 1777-1834)*. Unpubl. Diplomarbeit Ludwig-Maximilians-Universität München (München 2002).

SZÉCSÉNYI et al. 2015

A. Szécsényi-Nagy, G. Brandt, V. Keerl, J. Jakucs, W. Haak, S. Möller-Rieker, K. Köhler, B. Mende, M. Fecher, K. Oross, T. Marton, A. Osztás, V. Kiss, G. Pálfi, E. Molnár, K. Sebök, A. Czene, T. Paluch, M. Slaus, M. Novak, N. Pecina-Slaus, B. Ösz, V. Voicsek, K. Somogyi, G. Tóth, B. Kromer, E. Bánffy & K.W. Alt, Tracing the genetic origin of Europe's first farmers reveals insights into their social organization. *Proc.*

- R. Soc. B, 282(1805), 2015, 20150339. doi.org/10.1098/rspb.2015.0339
- SZILVÁSSY 1981
J. Szilvássy, Zur Entwicklung der Stirnhöhlen. *Anthrop. Anz.* 39, 1981, 138–149.
- SZILVÁSSY 1982
J. Szilvássy, Zur Variation, Entwicklung und Vererbung der Stirnhöhlen. *Ann. Naturhist. Mus. Wien* 84/A, 1982, 97–125.
- SZILVÁSSY 1986
J. Szilvássy, Eine neue Methode zur intraserialen Analyse von Gräberfeldern. In: B. Herrmann (Hrsg.), *Innovative Trends in der prähistorischen Anthropologie*. Mitt. Bln. Ges. Anthrop. Ethnol. Urgesch. 7, 1986, 51–62.
- SZPAK 2011
P. Szpak, Fish bone chemistry and ultrastructure: implications for taphonomy and stable isotope analysis. *J. Archaeol. Sci.* 38, 2011, 3358–3372.
- TOUZEAU et al. 2014
A. Touzeau, R. Amiot, J. Blichert-Toft, J.P. Flandrois, F. Fourel, V. Grossi, F. Martineau, P. Richardin & C. Lécuyer, Diet of ancient Egyptians inferred from stable isotope systematics. *J. Archaeol. Sci.* 46, 2014, 114–124.
- TROLL 1890
J. Troll, Individualaufnahmen zentralasiatischer Eingeborener. *Verhandlungen Berliner Gesellschaft Anthropologie, Ethnologie und Urgeschichte*, 1890, 227–249.
- TROTTER & GLESER 1958
M. Trotter & G.C. Gleser, A re-evaluation of stature based on measurements taken during life and of long bones after death. *Am. J. Phys. Anthropol.* 16, 1958, 79–124.
- TURNER & MACHADO 1983
C.G. Turner & L.M.C. Machado, A new dental wear pattern and evidence for high carbohydrate consumption in a Brazilian archaic skeletal population. *Am. J. Phys. Anthropol.* 61, 1983, 125–130.
- ULLRICH 1969
H. Ullrich, Interpretation morphologisch-metrischer Ähnlichkeiten an ur- und frühgeschichtlichen Skeletten in verwandtschaftlicher Hinsicht. *Z. Archäol.* 3, 1969, 48–88.
- UYTTERSCHAUT 1985
H.T. Uytterschaut, Determination of skeletal age by histological methods. *Z. Morph. Anthrop.* 75, 1985, 331–340.
- VAN DER SANDEN 1996
W. Van der Sanden, Mumien aus dem Moor. Die vor- und frühgeschichtlichen Moorleichen aus Nordwesteuropa (Amsterdam 1996).
- WAHL & GRAW 2001
J. Wahl & M. Graw, Metric sex differentiation of the pars petrosa ossis temporalis. *Int. J. Legal Med.* 114, 2001, 215–223.
- WALLACE et al. 1975
J.A. Wallace, M.J. Barrett, T. Brown, C.L. Brace, W.W. Howells, R.T. Koritzer, H. Sakura, M. Stloukal, M.H. Wolpoff & K. Žlábek, Did La Ferrassie I use his teeth as a tool? *Curr. Anthropol.* 16, 1975, 393–401.
- WALTER & DOMMISCH 2016
C. Walter & H. Dommisch, *Parodontale Diagnostik* (Berlin 2016).
- WALTON 1996
R.E. Walton, Cracked tooth and vertical fracture. In: R.E. Walton & M. Torabinejad (Eds.), *Principles and practice of endodontics* (Philadelphia 1996) 474–492.
- WANG et al. 2008
G. Wang, X. Feng, J. Han, L. Zhou, W. Tan & F. Su, Paleovegetation reconstruction using $\delta_{13}C$ of soil organic matter. *Biogeosciences* 5, 2008, 1325–1337.
- WANNER 2003
I.S. Wanner, Die Maya von Xcambó (Yukatan, Mexiko) – eine osteometrische Studie. Unpubl. Magisterarbeit Johannes Gutenberg-Universität Mainz (Mainz 2003).
- WÄCHTER et al. 1992
R. Wächter, J.C. Türp & K.W. Alt, Zur histomorphologischen und röntgenologischen Differenzierung von periapikalem Granulom und radikulärer Zyste – mit historischem Exkurs. *Parodontologie* 3, 1992, 27–42.
- WHITE et al. 2011
T.D. White, M.T. Black & P.A. Folkens, *Human Osteology³* (Burlington 2011).
- WHO 1996a
WHO, DMFT levels at 12 years 1996 (Genf 1996). http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/61182/WHO_ORH_DMFT12_96.1.pdf?
- WHO 1996b
WHO, Monitoring dental caries in adults aged 35–44 years 1996 (Genf 1996). http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/61181/WHO_ORH_Caries.35-44y_96.1.pdf?
- WIECZOREK & ROSENDAHL 2015
A. Wieczorek & W. Rosendahl, *Mumien. Der Traum vom ewigen Leben²* (Darmstadt 2015).
- WILTSCHKE-SCHROTTA 1988
K. Wiltshcke-Schrotta, Das frühbronzezeitliche Gräberfeld von Franzhausen I. Analyse der morpho-

Literatur zu Kapitel 5

logischen Merkmale mit besonderer Berücksichtigung der epigenetischen Varianten. Unpubl. Dissertation Universität Wien (Wien 1988).

WITTWER-BACKOFEN et al. 2004

U. Wittwer-Backofen, J. Gampe & J.W. Vaupel, Tooth cementum annulation for age estimation: Results from a large known-age validation study. *Am. J. Phys. Anthropol.* 123, 2004, 119–129.

YIP et al. 1988

R. Yip, J.B. Nancy & L.T. Frederick, Altitude and children growth. *J. Pediatrics* 113, 1988, 486–489.

YOSHINO et al. 1987

M. Yoshino, S. Miyasaka, H. Sato & S. Seta, Classification system of frontal sinus patterns by radiography.

Its application of unknown skeletal remains. *For. Sci. Int.* 34, 1987, 289–299.

ZBARSKI 1999

I. Zbarski, *Lenin und andere Leichen. Mein Leben im Schatten des Mausoleums* (Stuttgart 1999).

ZIERDT et al. 1996

H. Zierdt, S. Hummel & B. Herrmann, Amplification of human short tandem repeats from medieval teeth and bone samples. *Hum. Biol.* 68(2), 1996, 185–199.

ZINK 2012

A. Zink, *Die Welt der Mumien: Von Ötzi bis Lenin* (Mainz 2012).



Aufnahmen der beurteilbaren Schädel von frontal, links lateral, rechts lateral und occipital.



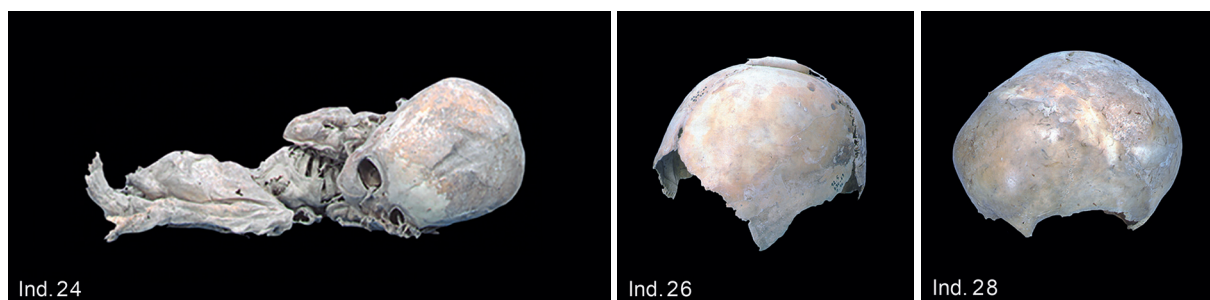
Aufnahmen der beurteilbaren Schädel von frontal, links lateral, rechts lateral und occipital.



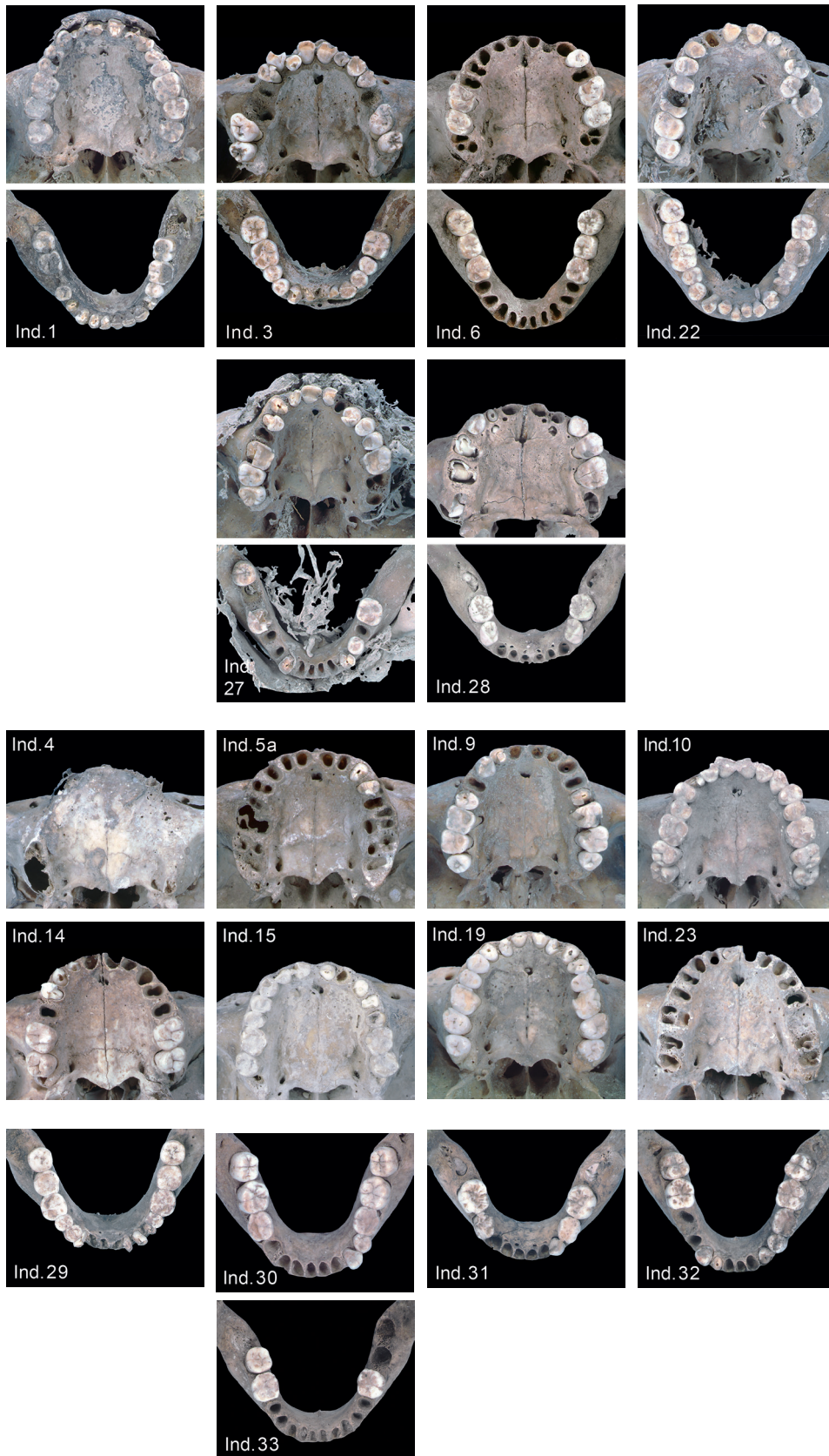
Aufnahmen der beurteilbaren Schädel von frontal, links lateral, rechts lateral und occipital.



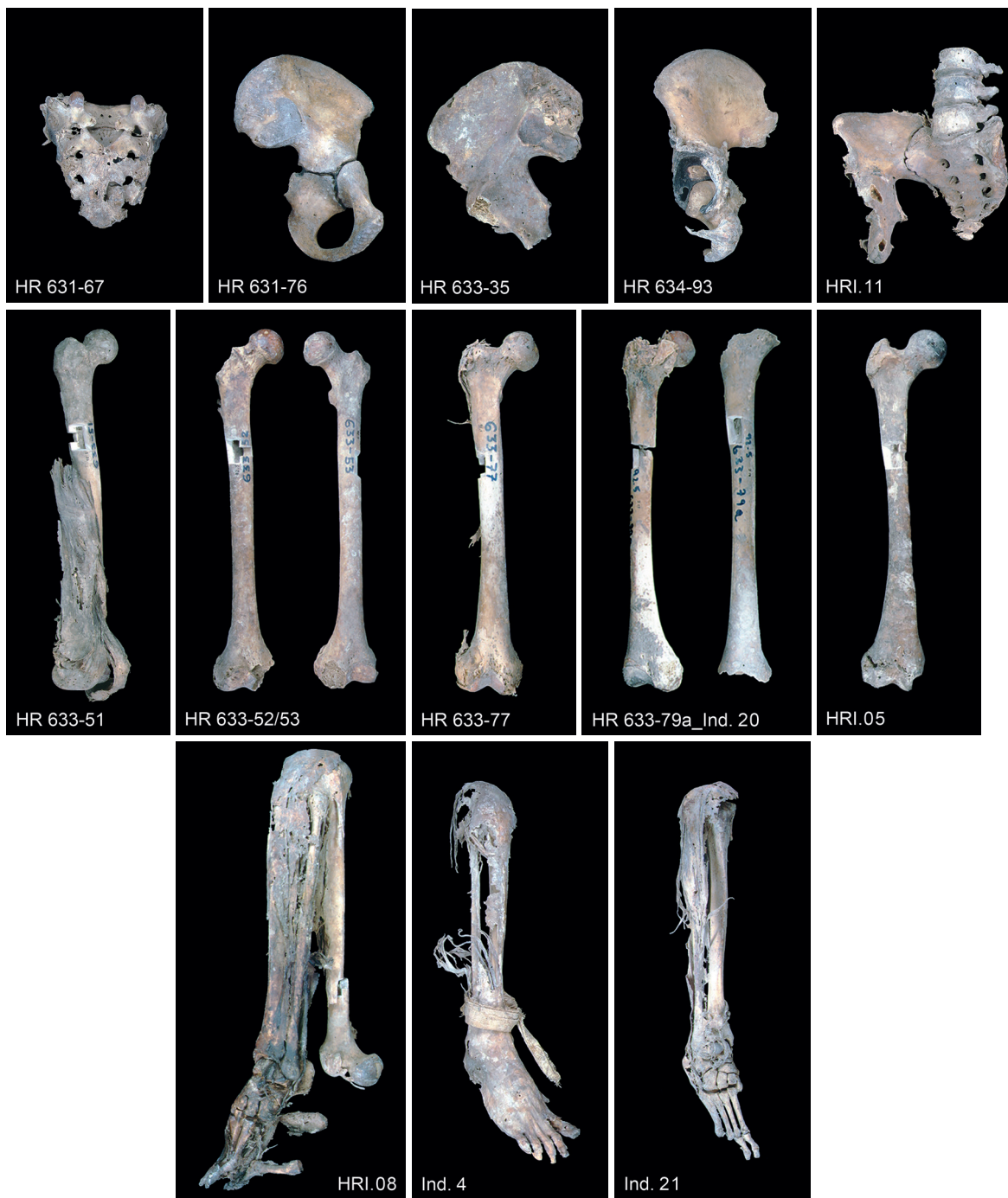
Aufnahmen der beurteilbaren Schädel von frontal, links lateral, rechts lateral und occipital.



Aufnahmen des Säuglings (Ind.24) und der Schädelreste der Individuen 26 und 28.



Aufnahmen der beurteilbaren Ober- und Unterkiefer in okklusaler Ansicht.



Aufnahmen der beurteilbaren postkranialen Knochen.



Aufnahmen der beurteilbaren postkranialen Knochen.