

Binnengewässer – eine unterschätzte Nahrungsressource

Stabile Kohlenstoff-, Stickstoff- und Schwefelisotope aus dem Kollagen menschlicher und tierischer Knochenreste aus der urnenfelderzeitlichen Nekropole von Neckarsulm

OLAF NEHLICH und JOACHIM WAHL

Einleitung und Vorbemerkung

Die spätbronzezeitliche Nekropole von Neckarsulm ‚Trendpark Süd‘ wurde im Frühjahr 2001 entdeckt und innerhalb von vier Monaten komplett erfasst.¹ Nach typologischen Vergleichen der Grabbeigaben lässt sich der Fundplatz in den älteren Abschnitt der Urnenfelderzeit (Hallstatt A1) datieren.² In dieser Periode ist die Brandbestattung die vorherrschende Bestattungsform. In Neckarsulm wurden demgegenüber ausschließlich Körpergräber angetroffen, die Skelette z. T. vollständig im anatomischen Verband, z. T. stark durch Grabräuber gestört und vielfach nur fragmentarisch überliefert; das Knochenmaterial selbst zumeist stark verwittert.³

Eine weitere Besonderheit des vorliegenden Ensembles ist die Häufigkeit von Doppel- und Mehrfachbestattungen. Aus 32 Gräbern konnten insgesamt 50 Individuen geborgen werden.⁴ Darunter achtmal zwei, dreimal drei und einmal fünf Personen, die jeweils gemeinsam beigesetzt worden waren. Zu den Beigaben gehören neben der Keramik auch Gewandnadeln, Schwerter, (Rasier-)Messer, Bronzeringe, eine Lanzenspitze sowie – u. a. Kleinfunden – ein goldener Fingerring. Sie grenzen den chronologischen Ansatz auf einen relativ engen Belegungszeitraum von ca. 50 Jahren ein,⁵ was einer Dauer von zwei bis drei Generationen entspricht. Die Schwerträger werden gemeinhin als Angehörige einer privilegierten Bevölkerungsgruppe eingestuft.

Zur anthropologischen Untersuchung der Skelettreste aus Neckarsulm liegen bislang nur Vorberichte und eine vorläufige Zusammenfassung der Ergebnisse vor.⁶ Die Resultate der zwischenzeitlich vorgenommenen Isotopenanalysen sind erst cursorisch präsentiert worden.⁷ Nach Abschluss der

1 Vgl. A. NETH, Ein außergewöhnlicher Friedhof der Urnenfelderzeit in Neckarsulm, Kreis Heilbronn. Arch. Ausgr. Baden-Württemberg 2001, 51–55.

2 NETH (Anm. 1) – S. KNÖPKE, Der urnenfelderzeitliche Männerfriedhof von Neckarsulm, Nordwürttemberg. Dissertation (Basel 2009).

3 Vgl. J. WAHL, Nur Männer ‚im besten Alter‘? Erste anthropologische Erkenntnisse zum urnenfelderzeitlichen Friedhof von Neckarsulm, Kreis Heilbronn. Arch. Ausgr. Baden-Württemberg 2001, 55 f. – Ders., Nur Männer ‚im besten Alter‘? Ein Sonderfriedhof der Urnenfelderzeit aus Neckarsulm. In: Ders., Karies, Kampf und Schädelkult. 150 Jahre anthropologische Forschung in Südwestdeutschland. Materialh. Arch. Baden-Württemberg 79 (Stuttgart 2007) 70–72. – S. KNÖPKE, Der urnenfelderzeitliche Männerfriedhof von Neckarsulm. Forsch. u. Ber. Vor- u. Frühgesch. Baden-Württemberg 116 (Stuttgart 2009).

4 Nach der ursprünglichen Zählung waren 33 Gräber gefunden worden. Bei dem auf der Grabung als „Grab 31“ bezeichneten Befund handelte es sich nach näherer Betrachtung um eine Grube. Sie enthielt einen Tierknochen.

5 KNÖPKE (Anm. 3).

6 WAHL 2001 (Anm. 3). – Ders. 2007 (Anm. 3). – Ders., Die menschlichen Skelettreste aus dem urnenfelderzeitlichen Männerfriedhof von Neckarsulm „Trendpark Süd“. In: KNÖPKE 2009 (Anm. 3) 339–351.

7 J. WAHL/O. NEHLICH/T. D. PRICE/C. M. PUSCH, Fürsten, Fakten, Forschungslücken – Anthropologische Schlaglichter zur Urnenfelder- und Hallstattzeit in Südwestdeutschland. Arch. Inf. Baden-Württemberg 59 (Esslingen 2010) 45–51.

laufenden Auswertungen der gewonnenen Strontiumdaten,⁸ die Anhaltspunkte dafür liefern sollen, ob einzelne Personen bzw. ein bestimmter Personenkreis einen Migrationshintergrund haben oder ihre Nahrung aus Regionen mit geologisch abweichendem Grundgestein bezogen, ist eine Synopse geplant. In diesem Kontext soll dann auch eine Gegenüberstellung mit chronologisch vergleichbaren Grabfunden aus dem näheren und weiteren Umfeld einfließen.⁹

Der anthropologische Befund

Die Aussagemöglichkeiten des Skelettmaterials sind aufgrund des schlechten Erhaltungszustands eingeschränkt. Von einigen Individuen sind lediglich die Unterschenkelregion oder Fußknochen im anatomischen Verband überliefert. Trotz mehrerer Anläufe, war auch eine DNA-Analyse nur in einem Fall erfolgreich.¹⁰ So konnte zumindest die auf morphologischen Kriterien basierende Geschlechtsdiagnose von Individuum 18/1 bestätigt werden.

Alter, Geschlecht und Körperhöhe

Die Ergebnisse der individuellen Alters- und Geschlechtsdiagnosen gehen aus Tabelle 1 hervor. Demnach sind auf dem Gräberfeld von Neckarsulm weder Neugeborene noch Kinder und Jugendliche bis zu einem Alter von ca. 15 Jahren, noch Frauen beigesetzt worden. Es muss daraufhin als Sonderfriedhof bezeichnet werden. Als Selektionsfaktor hinsichtlich des Sterbealters könnte vielleicht die Pubertät eine Rolle gespielt haben, die aufgrund der Auswertung von Wachstumsdaten an prähistorischen Skelettresten in früherer Zeit bei einem Alter rund 14–15 Jahren angesetzt werden kann.¹¹ Das jüngste Individuum (21/2) ist mit 17–19 Jahren in ‚spätjuvenilem‘ Alter gestorben und gemeinsam mit einem der drei Männer beigesetzt worden (21/1), die durch die Beigabe eines Schwertes ausgewiesen sind. Die älteste Person (18/2) dürfte etwa 70 Jahre alt geworden sein und fand seine letzte Ruhestätte ebenso in einem Doppelgrab mit einem Schwerträger (18/1).

-
- 8 T. D. PRICE/J. WAHL, Die Strontiumisotopenverhältnisse auf dem spätbronzezeitlichen Männerfriedhof von Neckarsulm (Arbeitstitel). In Vorbereitung. – Zu den methodischen Grundlagen siehe z.B. M. J. DENIRO/S. EPSTEIN, Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 42, 1978, 495–506. – M. J. DENIRO/S. EPSTEIN, Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45, 1981, 341–351. – M. MINAGAWA/E. WADA, Stepwise enrichment of ¹⁵N along food chains. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, 1984, 1135–1140. – S. H. AMBROSE, Isotopic Analysis of Paleodites: Methodological and Interpretive Considerations. In: M. K. SANDFORD (Hrsg.), *Investigations of ancient human tissue (Pennsylvania 1993)* 59–130. – H. BOCHERENS/D. DRUCKER, Trophic level isotopic enrichments for carbon and nitrogen in collagen. *Internat. Journal Osteoarch.* 13, 2003, 46–53. – T. D. PRICE/J. WAHL/C. KNIPPER/E. BURGER-HEINRICH/G. KURZ/R. A. BENTLEY, Das bandkeramische Gräberfeld vom ‚Viesenhäuser Hof‘ bei Stuttgart-Mühlhausen: Neue Untersuchungsergebnisse zum Migrationsverhalten im frühen Neolithikum. *Fundber. Baden-Württemberg* 27, 2003, 23–58. – C. KNIPPER, Die Strontiumisotopenanalyse: Eine naturwissenschaftliche Methode zur Erfassung von Mobilität in der Ur- und Frühgeschichte. *Jahrb. RGZM* 51, 2004, 589–685. – G. MÜLDNER/M. P. RICHARDS, Fast or feast: reconstructing diet in later medieval England by stable isotope analysis. *Journal Arch. Scien.* 32, 2005, 39–48. – Nach bisherigen Erkenntnissen liegt etwa ein Drittel aller beprobten Individuen aus Neckarsulm außerhalb der ‚local range‘. Vgl. WAHL 2009 (Anm. 6) 347 f.
- 9 In Frage kommen hierfür z. B. die Nekropolen von Bad Friedrichshall, Mannheim-Sandhofen, Dautmergen, Wiesbaden-Erbenheim und Gemmrigheim sowie die Funde aus dem Steinkistengrab von Oberrimsingen und aus dem niederländischen Wassenaar.
- 10 Bei dieser Knochenprobe waren acht Aufbereitungsschritte erforderlich, um entsprechende Strukturen der Kern-DNA zu isolieren. Alle übrigen Proben (n = 9; Grab 2/1-3, 18/2, 21/1+2 und 22/1-3), die in Labors in Tübingen und München analysiert wurden, blieben ohne Ergebnis.
- 11 Vgl. M. ŠTĚLOUKAL/H. HÁNAKOVÁ, Die Länge der Längsknochen altslawischer Bevölkerungen – Unter besonderer Berücksichtigung von Wachstumsfragen. *Homo* 29, 1978, 53–69. – J. WAHL, Süderbrarup. Ein Gräberfeld der römischen Kaiserzeit und Völkerwanderungszeit in Angeln. II Anthropologische Untersuchungen. *Offa-Bücher* 64 (Neumünster 1988). – B. WELTE, Metrische Untersuchungen zu Wachstumstendenzen bei frühneolithischen Kindern und Jugendlichen. Magisterarbeit (Tübingen 2009).

Grabnr.	Ind.nr.	Alter	Geschlecht	Reiterfacette		Hockerfacette	
1	1	um 20 Jahre	unbestimmt	-	-	-	-
2	1	spätadult	männlich	-	(+)	+	o
	2	frühadult	eher männlich	-	+	-	-
	3	spätadult	eher männlich	-	-	-	-
3	1	(spät)matur (o. ä.)	männlich	-	(+)	-	-
4	1	erwachsen	eher männlich	-	-	-	-
5	1	unbestimmt	unbestimmt	-	-	-	-
6	1	erwachsen	unbestimmt	-	-	-	-
7	1	um 40 Jahre	(eher) männlich	-	-	-	-
	2	erwachsen	unbestimmt	-	-	-	-
	3	wohl erwachsen	unbestimmt	-	-	-	-
	4	erwachsen	unbestimmt	-	-	-	-
	5	erwachsen	eher männlich?	-	-	-	-
8	1	spätjuvenil o. ä.	unbestimmt	-	-	-	-
	2	unbestimmt	unbestimmt	-	-	-	-
9	1	um 60 Jahre	männlich	-	-	-	-
10	1	(früh)adult	(eher) männlich	-	-	-	-
11	1	erwachsen	unbestimmt	-	-	+	-
	2	jüngerer Erwachsener	eher männlich?	+	-	+	+
12	1	spätadult	männlich	-	-	-	-
	2	frühadult	männlich	-	-	+	+
13	1	älterer Erwachsener	eher männlich	-	-	-	-
	2	adult	eher männlich	-	-	-	-
14	1	erwachsen	eher männlich(?)	-	-	-	-
15	1	frühmatur	männlich	-	-	-	+
	2	um 30 Jahre	männlich	-	-	+	+
16	1	spät matur	männlich	+	(+)	+	+
17	1	(spät)adult	männlich	(+)	(+)	+	+
18	1	um 40 Jahre	(eher) männlich	-	-	o	-
	2	um 70 Jahre	unbestimmt	o	-	o	(+)
19	1	spätadult	männlich	(+)	-	+	+
20	1	spätadult	(eher) männlich	-	-	+	+
21	1	frühadult	männlich	-	-	+	-
	2	17–19 Jahre	unbestimmt	-	-	-	-
22	1	spätadult	männlich	(+)	+	+	+
	2	frühmatur	(eher) männlich	(+)	-	-	o
	3	(früh)matur	eher männlich?	+	+	o	(+)
23	1	frühadult	männlich	(+)	o	(+)	+
24	1	spätadult	männlich	o	-	-	-
	2	spät matur	männlich	(+)	-	-	(+)
25	1	um 30 Jahre	unbestimmt	-	-	-	+
	2	(früh)adult	eher männlich?	-	-	(+)	-
	3	(spät)matur	(eher) männlich	-	-	-	-
26	1	spät matur	männlich	-	(+)	+	+
27	1	erwachsen	unbestimmt	-	-	-	-
28	1	um 30 Jahre	männlich	-	-	-	+
29	1	um 40 Jahre	männlich	-	o	-	+
30	1	(früh)adult	eher männlich	-	-	-	-
31	kein Grab						
32	1	spätadult	männlich	-	-	-	-
33	1	um 30 Jahre	eher männlich (?)	(+)	-	-	-

Tab. 1: Individuelle Alters- und Geschlechtsdiagnosen zum Gräberfeld Neckarsulm ‚Trendpark Süd‘ (o.ä. = oder älter; - = Merkmal nicht beurteilbar; + = vorhanden; (+) = schwach ausgeprägt; o = nicht vorhanden).

Das durchschnittliche Sterbealter der Bestatteten liegt bei 39 Jahren. Die Altersverteilung in Fünfjahreskohorten zeigt jedoch eindeutig einen Schwerpunkt bei den 25- bis 40-Jährigen, die alleine die Hälfte der Verstorbenen stellen. Bei den Individuen, deren Skelettreste eine morphologische Geschlechtsdiagnose zulassen, handelt es sich ausnahmslos um Männer: 25 x männlich, 7 x eher männlich und 5 x männlich?. Kein einziges Individuum weist Merkmalsvarianten auf, die typischerweise als weiblich zu klassifizieren sind. 13 Individuen müssen als ‚unbestimmt‘ eingestuft werden. Von Letzteren sind fünfmal überhaupt kein Knochenmaterial oder lediglich millimetergroße Knochensplitter überliefert. Es verbleiben acht aufgrund uneindeutig ausgeprägter oder fehlender Geschlechtsmerkmale und/oder ihrer Grauzitigkeit potenziell weibliche Individuen (Grab 1, Ind. 7/2–4, 11/1, 18/2, 21/2 und 25/1).¹² Von diesen wiederum fügen sich fünf aufgrund physischer Vergleiche (Körperhöhe, Robustizitätsindex) u. a. Parameter unauffällig in die vorhandene Variationsbreite der Männer ein und könnten demnach dem männlichen Kontingent zugeordnet werden. Es verbleiben lediglich drei Skelette (Ind. 7/2, 11/1 und 25/1), die, allen Diagnosemöglichkeiten zum Trotz, weiterhin als ‚unbestimmt‘ gelten müssen.¹³

Basierend auf den Längenmaßen der großen Langknochen lässt sich bei 44 Individuen aus Neckarsulm die Körperhöhe schätzen. Die Variationsbreite liegt demnach zwischen 1,63 m und 1,77 m, der Mittelwert bei 172,1 cm. Etwa die Hälfte aller Männer ist mit 1,73 m oder mehr größer als der Durchschnitt der männlichen Bevölkerung Südwestdeutschlands in dieser Zeit.¹⁴

Sonstige Eigenschaften, Pathologie und Traumatologie

Die Robustizität der Neckarsulmer kann allgemein als mittel–robust angegeben werden. Die Ausprägung der Muskelansatzstellen variiert zwischen sehr schwach (Ind. 7/3) und sehr kräftig (Grab 17) und pendelt sich im Schnitt auf mittel(–kräftig) ein. Die Männer aus Neckarsulm lassen sich damit als relativ groß, eher schlankwüchsig und relativ muskulös einstufen.

Im Hinblick auf körperliche Aktivitäten wurden zwei Phänomene in unerwartet großer Häufigkeit beobachtet, die so genannten Hocker- und Reiterfacetten (siehe Tab. 1), die sich als erweiterte Gelenkflächen im Bereich des distalen Schienbeinendes und am Talus bzw. am Oberschenkelkopf ansprechen lassen. Nachdem nicht von allen Individuen die entsprechenden Knochenpartien erhalten sind, reduziert sich das Gesamtkontingent der diesbezüglich ansprechbaren Skelette. So finden sich Hockerfacetten bei 21 von 23 und Reiterfacetten noch bei immerhin 14 von 17 diesbezüglich beurteilbaren Individuen. Das bedeutet, bei über 90% der Männer können Hocker- und bei mehr als 80% Reiterfacetten festgestellt werden. Auf welche konkreten körperlichen Tätigkeitsmuster diese Befunde in Neckarsulm zurückgehen könnten, bedarf noch weiterer Diskussionen.

Hinsichtlich der pathologischen und traumatischen Befunde sei auf die jüngst erschienene Arbeit von WAHL 2009 verwiesen.¹⁵ An dieser Stelle sollen lediglich einige wenige Daten dazu mitgeteilt werden: Nur etwa jeder fünfte Neckarsulmer hatte Karies. Die Kariesintensität liegt bei einem sehr niedrigen Wert von 1,3%, was auf eine wenig kohlenhydrathaltige Nahrung schließen lässt. Die Zahnkronenabrasion ist in den meisten Fällen altersgemäß, stärker als zu erwarten nur bei drei

12 18/2 ist mit Rasiermesser und Nadel, 21/2 ebenfalls mit einer einzelnen Nadel ausgestattet. Damit gilt 18/2 auch nach archäologischen Gesichtspunkten als männlich. Alle anderen, hier noch zur Diskussion stehenden Individuen sind beigabenlos. Vgl. KNÖPKE (Anm. 3), so dass auch von dieser Seite aus keine Annäherung an die geschlechtliche Zuordnung möglich ist.

13 Auch unter der Annahme, es handele sich bei allen fraglichen Individuen um Frauen, würde sich daraus für das Neckarsulmer Gräberfeld kein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis ergeben. Es deutet vielmehr alles darauf hin, dass wir es mit einem Männerfriedhof zu tun haben, in dem offensichtlich auch grazilere Vertreter des ‚starken Geschlechts‘ vertreten sind.

14 Der Durchschnittswert für 28 UK-zeitliche Männer aus verschiedenen Fundorten mit Brand- und Körpergräbern in Baden-Württemberg liegt bei knapp 1,72 m.

15 Siehe Anm. 3

Personen (Grab 3, 28 und Ind. 7/1), schwächer dagegen bei sieben Individuen (darunter der Schwertträger 22/1), was auf höherwertige Nahrung mit einem geringeren Anteil abrasiver Bestandteile hindeuten könnte.

Hinweise auf Mangelercheinungen sind eher selten und schwach ausgeprägt. Auch degenerative Veränderungen im Bereich der Wirbelsäule und Gelenke erscheinen moderat und altersgemäß. Deutlich schwächer als zu erwarten treten diese bei vier Männern auf (Ind. 2/1, 2/3, 18/2 und 22/3), ein Befund, der eher für sozial Höhergestellte typisch ist. Markant stärkere Verschleißerscheinungen als dem Sterbealter entsprechend sind dagegen nur bei drei Individuen anzutreffen (Grab 17, 23 und 29). Damit lässt sich allgemein feststellen, dass die Männer aus Neckarsulm zwar körperlich aktiv aber keinen lang andauernden, schweren körperlichen Belastungen ausgesetzt und offensichtlich relativ gesund waren.

Traumatische Veränderungen sind nur in wenigen Fällen ansprechbar, u. a. eine Stauchungsfraktur am linken Sprunggelenk des ca. 40-jährigen Schwertträgers 18/1 oder eine Luxation der rechten Schulter des frühmaturen Mannes 22/2. Erwähnenswert ist zudem noch eine Perforation auf der Ventralseite des rechten Oberschenkelknochens des frühadulten Mannes 12/2, die am ehesten als von Grabräubern verursachte Sondenspur gedeutet werden kann. Verletzungen am frischen Knochen liegen nicht vor. Somit lässt sich für keines der 50 Individuen ein Hinweis auf eine mögliche Todesursache infolge Gewalteinwirkung ableiten.

Demographie und archäologische Deutung

Abgesehen von dem Jugendlichen 21/2 und der im Grenzbereich juvenil/adult eingestuft Person aus Grab 1 sind auf dem Friedhof von Neckarsulm ausschließlich Erwachsene beigesetzt worden. Die Altersverteilung der als adult oder älter bestimmten Individuen entspricht in groben Zügen den aus anderen prähistorischen Nekropolen bekannten Verhältnissen. Die anthropologische Geschlechtsbestimmung deutet durchgehend auf männliches Geschlecht und das wird von Seiten der Archäologie insofern bestätigt, als die vorliegenden Beifunde durch Analogien mit anderen Fundstellen als typisch für Männergräber oder geschlechtsunspezifisch angesehen werden können.¹⁶ Nur in wenigen Fällen muss infolge mangelhafter Knochenerhaltung eine Ansprache von osteologischer Seite unterbleiben. Dasselbe gilt vom archäologischen Ansatz her für ein Drittel ($n = 17$) der Individuen, die ohne Beigaben beerdigt oder in der Folgezeit beraubt wurden.

Nachdem das Gräberfeld vom ‚Trendpark Süd‘ vollständig erfasst wurde und sich der Belegungszeitraum auf zwei bis drei Generationen eingrenzen lässt, sei es gestattet, auch den demographischen Hintergrund modellhaft anzureißen: Unter der Annahme, dass alle im Erwachsenenalter verstorbenen männlichen Individuen bestattet wurden, könnten für eine den Erwartungen entsprechende Referenzpopulation rund 50 Frauen und zwischen 82 und 150 Subadulte geschätzt werden. In die üblichen Formeln zur Berechnung der zugehörigen Bevölkerungsgröße¹⁷ müssten dann insgesamt 182 bis 250 Gestorbene eingesetzt werden. Bei einer Generationendauer von 20–25 Jahren würden zwei bis drei Generationen einen Belegungszeitraum von 40–75 Jahren ergeben. Bei einer durchschnittlichen Lebenserwartung von 25 Jahren ergäbe sich daraus eine Populationsgröße zwischen minimal knapp 70 und maximal rund 170 Personen. Wenn in Neckarsulm nur ausgesuchte Männer beerdigt wurden, erhöhen sich diese Zahlen.

Eine Diskussion der möglichen Organisationsformen, die der bestatteten Männergruppe zugrunde liegen könnten, mündet mit Blick auf soziologische und ethnographische Vergleiche in zwei Typen:

¹⁶ Vgl. KNÖPKE (Anm. 3) 255.

¹⁷ Beispielsweise nach der Formel von ACSÁDI und NEMESKÁRI 1970 in B. HERRMANN/G. GRUPE/S. HUMMEL/H. PIEPENBRINK/H. SCHUTKOWSKI, *Prähistorische Anthropologie. Leitfaden der Feld- und Labormethoden* (Berlin, Heidelberg, New York 1990) 311.

Männerbund oder Gefolgschaft¹⁸ (Letztere noch differenziert hinsichtlich einer steilen oder flachen Hierarchie). In der jüngst vorgelegten, archäologischen Bearbeitung des Gräberfeldes wird eine Gefolgschaft mit flacher Hierarchie favorisiert.¹⁹ Demnach würde es sich hier um eine Kriegergruppe mit Männern aus verschiedenen Verwandtschaftsverbänden handeln, was durchaus mit den bisherigen Ergebnissen der Strontiumisotopie konform gehen würde, wonach ein relativ hoher Anteil „fremder“ Elemente gefunden wurde.²⁰ Die Schwert- bzw. Waffenträger stellen in diesem Szenario die Repräsentanten oder Oberhäupter wirtschaftlich herausgehobener Familien dar.

Stabile Isotope

Stabile Isotope sind dauerhafte (nicht zerfallende), natürlich auftretende Varianten eines chemischen Elementes, die sich lediglich in der Anzahl der Neutronen im Atomkern unterscheiden. Die leichte Variante eines Elementes (gleiche Anzahl an Neutronen und Protonen) wird als leichtes Isotop bezeichnet, wohingegen Isotope mit einem oder mehreren zusätzlichen Neutronen die schweren Varianten darstellen. Elemente können ein (z.B. Kohlenstoff, Stickstoff, etc.) oder mehrere (z.B. Schwefel, Sauerstoff, etc.) schwere stabile Isotope haben.²¹ Das Verhältnis von leichten zu schweren Isotopen wird in einem Isotopenverhältnis-Massenspektrometer gemessen und zu einem international vereinbarten Standard skaliert.²² Die meistanalysierten Isotope in der Archäometrie sind Kohlenstoff- und Stickstoffisotope.

Kohlenstoff- und Stickstoffisotopenverhältnisse

Nachdem DENIRO und EPSTEIN (1978; 1981)²³ einen Zusammenhang der Kohlenstoff- und Stickstoffisotopenverhältnisse zwischen den Werten der Nahrung und denen des Konsumenten festgestellt haben, wurde die Analyse stabiler Isotope seit Ende der siebziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts vielseitig in der Archäologie eingesetzt. Von wichtiger Bedeutung ist die Ermittlung der Umstellung von Subsistenzmustern, die mit einem kulturellen Umschwung einhergehen,²⁴ ebenso wurden die Unterschiede innerhalb von Gruppen – zwischen den Geschlechtern, Altersgruppen oder nach Sozialstatus – untersucht.²⁵

Die Ergebnisse der Isotopenanalyse des organischen Anteils des Knochens (das Knochenkollagen) können uns Informationen zu den Ernährungsverhältnissen eines bestimmten Individuums oder ganzer Gruppen liefern. Das Knochenkollagen spiegelt durchschnittlich die Isotopenverhältnisse der Ernährung in den letzten 10 bis 20 Lebensjahren des Individuums vor seinem Tode wider,²⁶ wobei die Aminosäuren des Knochenkollagens zumeist vom proteinhaltigen Anteil der Nahrung stammen.²⁷

18 Vgl. KNÖPKE (Anm. 3) 250–254.

19 Ebd.

20 Vgl. Anm. 8.

21 G. FAURE/T. M. MENSING, *Isotopes* (Chichester 2005).

22 Z. SHARP, *Principles of stable isotope geochemistry* (Prentice Hall 2007).

23 M. J. DENIRO/S. EPSTEIN, Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 42, 1978, 495–506. – M. J. DENIRO/S. EPSTEIN, Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. Ebd. 45, 1981, 341–351.

24 M. P. RICHARDS/R. J. SCHULTING/R. E. HEDGES, Sharp shift in diet at onset of Neolithic. *Nature* 425, 2003, 366. – H. TAUBER, ¹³C evidence for dietary habits of prehistoric man in Denmark. *Nature* 292, 1981, 332 f.

25 J. H. BARRETT/M. P. RICHARDS, Identity, Gender, Religion and Economy. *Europ. Journal Arch.* 7, 2004, 249–271. – G. MÜLDNER/M. P. RICHARDS, Fast or feast: reconstructing diet in later medieval England by stable isotope analysis. *Journal Arch. Science* 32, 2005, 39–48. – M. RICHARDS/R. E. M. HEDGES/T. MOLLESON/J. VOGEL, Stable Isotope Analysis Reveals Variations in Human Diet at the Poundbury Camp Cemetery Site. Ebd. 25, 1998, 1247–1252.

26 R. E. M. HEDGES/J. G. CLEMENT/C. D. L. THOMAS/T. C. O'CONNELL, Collagen Turnover in the Adult Femoral Mid-Shaft: Modeled From Anthropogenic Radiocarbon Tracer Measurements. *Am. Journal Phys. Anthr.* 133, 2007, 808–816.

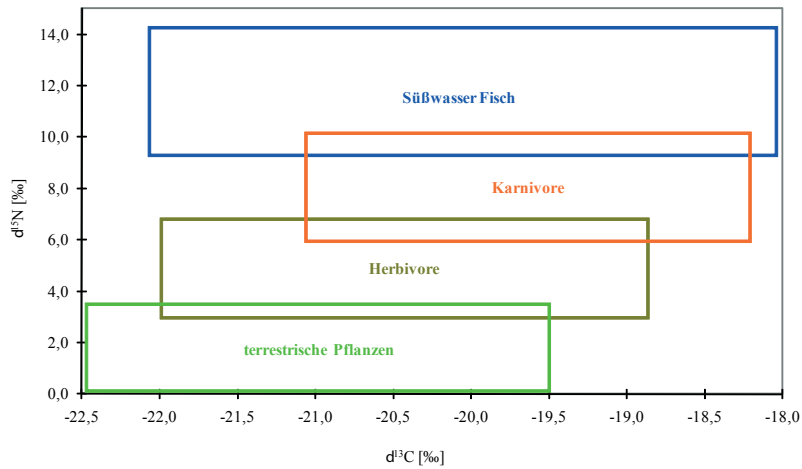


Abb. 1: Theoretisch zu erwartende Werte für ein mitteleuropäisches terrestrisches Nahrungsnetzwerk (nach AMBROSE [Anm. 8]).

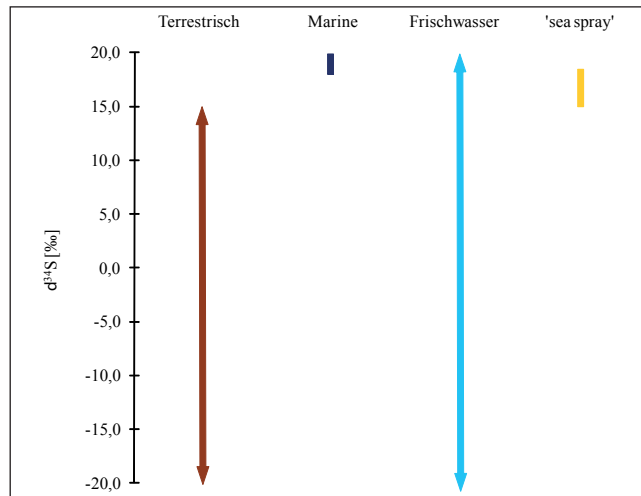


Abb. 2: Mögliche Wertebereiche des Schwefelisotopenverhältnisses für höhere Lebewesen (einschließlich des Menschen).

Um die Qualität der Ergebnisse zu evaluieren, werden die Anteile an Kohlenstoff (C), Stickstoff (N) und Schwefel (S) des archäologischen Knochenkollagens mit modernen Daten verglichen und bestimmte Qualitätskriterien überprüft. Hierzu dienen die Anteile der jeweiligen Elemente, sowie die atomaren Verhältnisse von C:N, C:S und N:S.²⁸

- 27 S. H. AMBROSE/L. NORR, Experimental Evidence for the Relationship of the Carbon Isotope Ratios of Whole Diet and Dietary Protein to Those of Bone Collagen and Carbonate. In: J. B. LAMBERT/G. GRUPE (Hrsg.), Prehistoric Human Bone – Archaeology at the Molecular Level (Berlin 1993) 1–38.
- 28 M. J. DENIRO, Postmortem preservation and alteration of in vivo bone collagen isotope ratios in relation to palaeodietary reconstruction. Nature 317, 1985, 806–809. – G. VAN KLINKEN, Bone Collagen Quality Indicators for Palaeodietary and Radiocarbon Measurement. Journal Arch. Science 26, 1999, 687–695. – O. NEHLICH/M. P. RICHARDS, Establishing collagen quality criteria for sulphur isotope analysis of archaeological bone collagen. Archaeological and Anthropological Sciences 1, 2009, 59–75.

Der Kohlenstoff aus der Atmosphäre und dem Erdreich wird von Pflanzen und Tieren in Biomoleküle eingebunden und erfährt dabei eine Verschiebung der Verhältnisse von leichten zu schweren Kohlenstoffisotopen je nach Stoffwechselprozess und Habitat. Die Verhältnisse im Kohlenstoffisotop (^{13}C) bei marinen Lebewesen unterscheiden sich von denen, die terrestrisch leben,²⁹ wohingegen meistens Süßwasserlebewesen nicht von terrestrischen Tieren aus der Region unterschieden werden können, da hier klimatische Bedingungen zu ähnlich sind. Kohlenstoffisotopenverhältnisse von -23 ‰ bis -18 ‰ entsprechen im prähistorischen Mitteleuropa einer terrestrisch/süßwasser-basierten Ernährungsgrundlage. Erhöhte Werte im Kohlenstoffisotopenverhältnis (16 ‰) zeigen einen Anteil an marinem Fisch an.³⁰ Zwischen dem Kohlenstoffisotopenverhältnis der Nahrung und dem des Gewebes des Konsumenten besteht in der Regel ein Unterschied von 1–2 ‰.³¹

Das Stickstoffisotopenverhältnis (^{15}N) gibt die Position im Nahrungsnetzwerk an und nimmt entlang der Nahrungskette um 3–5 ‰ je Stufe zu.³² Es erlaubt daher die Art der konsumierten Nahrung zu rekonstruieren: Ausschließlich Pflanzen fressende Tiere (Herbivore) haben die geringsten Werte (ca. 1–7 ‰, abhängig von den Bodenbedingungen), rein Fleisch fressende Tiere (Karnivore) haben die höchsten Isotopenverhältnisse im Stickstoff (etwa 10–17 ‰) und alles fressende Tiere (Omnivore) sind intermittierend. Um die lokalen Bedingungen für die Ernährungsrekonstruktion zu bestimmen, ist es nötig, Tierfunde aus dem archäologischen Kontext der Funde zu analysieren, da diese als Basislinie für das Nahrungsnetzwerk dienen.³³ Eine Besonderheit im Nahrungsnetzwerk stellen neugeborene Säugetiere dar. Hier erscheint das gestillte oder gesäugte Neugeborene eine Stufe höher im Stickstoffisotopenverhältnis als die Mutter, da es vollkommen durch die Mutter ernährt wird.³⁴ Die Kombination von Kohlenstoff- und Stickstoffisotopenverhältnissen erleichtert die Rekonstruktion der Ernährung. Ein typisches Netzwerk ist in Abbildung 1 dargestellt.

Schwefelisotopenverhältnisse

Die Analyse von Schwefelisotopenverhältnissen (^{34}S) aus Knochenkollagen ist eine relativ neue Methode, die sich gerade als Standardverfahren etabliert. Da der Anteil an Schwefel in Proteinen sehr gering (unter 1% Gewichtsanteil) ist, war die Analyse in der Vergangenheit aufgrund technischer Schwierigkeiten nicht möglich.³⁵

Das Schwefelisotopenverhältnis variiert regional sehr stark und wird durch Faktoren wie Geologie, Hydrologie, aber auch habitatbezogene Bedingungen beeinflusst. Anorganische Schwefelverbindungen aus dem lokalen Gestein werden über das Grund- und Regenwasser von Pflanzen aufgenommen und in Biomoleküle eingebaut. Hierbei kann es zu einer geringen Verschiebung der Isotopenverhältnisse kommen,³⁶ die dann entlang der Nahrungskette wiederzufinden sind. Nur geringfügig

29 M. J. SCHOENINGER/M. J. DENIRO, Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, 1984, 625–639.

30 S. H. AMBROSE, Isotopic Analysis of Paleodiets: Methodological and Interpretive Considerations. In: M. K. SANDFORD (Hrsg.), *Investigations of ancient human tissue*. (Langhorn/Pensylvania, U.S.A. 1993) 59–130.

31 H. BOCHERENS/D. DRUCKER (Anm. 8). – C. M. KELLNER/M. J. SCHOENINGER, A simple carbon isotope model for reconstructing prehistoric human diet. *Am. Journal Phys. Anthr.* 133, 2007, 1112–1127.

32 M. MINAGAWA/E. WADA, Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, 1984, 1135–1140.

33 AMBROSE (Anm. 30).

34 M. L. FOGEL/N. TUROSS/D. W. OWSLEY, Nitrogen Isotope Tracers of Human Lactation in Modern and Archaeological Populations. *Annual Report of the Director of Geophysical Laboratory at the Carnegie Institute of Washington* 89, 1989, 111–117. – B. T. FULLER/J. L. FULLER/D. A. HARRIS/R. E. M. HEDGES, Detection of breastfeeding and weaning in modern human infants with carbon and nitrogen stable isotope ratios. *Am. Journal Phys. Anthr.* 129, 2006, 279–293.

35 M. P. RICHARDS/B. T. FULLER/R. E. M. HEDGES, Sulphur isotopic variation in ancient bone collagen from Europe: implications for human palaeodiet, residence mobility, and modern pollutant studies. *Earth and Planetary Science Letters* 191, 2001, 185–190.

36 B. A. TRUST/B. FRY, Stable sulphur isotopes in plants: a review. *Plant, Cell and Environment* 15, 1992, 1105–1110.

ändert sich das Isotopenverhältnis hierbei.³⁷ Die bisher bekannte Bandbreite der Schwefelisotopenverhältnisse in Organismen reicht von -20 ‰ bis +22 ‰. Wobei Individuen marinen Ursprungs bei etwa +20 ‰ liegen.³⁸ Terrestrische und in Süßwasser lebende Tiere haben Werte um 0 ‰ und können lokal sehr stark variieren, abhängig von regionalen Besonderheiten. Lebewesen nahe der Küste haben meistens erhöhte Isotopenverhältnisse von etwa 14 ‰ bis 18 ‰, da in Küstenregionen Meerwassersulfate mit terrestrischen vermischt werden (*sea spray effect*) und das Isotopenverhältnis des Organismus zum Meerwasserwert hin anreichert.³⁹ Süß- oder Frischwasserökosysteme sind hochvariabel und extrem von lokalen Bedingungen geprägt und belegen daher einen extrem großen Bereich. Dennoch können Habitate einer Region unterschieden werden, da die Schwankungsbreite einer Nahrungsressource normalerweise gering ist (unter 5 ‰), aber die möglichen geohydrologischen Einflüsse sehr viel variabler sein können. Die theoretisch zu erwartenden Schwefelisotopenverhältnisse für die verschiedenen Lebensräume sind in Abbildung 2 dargestellt.

Die Analyse der Schwefelisotopenverhältnisse im archäologischen Kontext ermöglicht es, die oftmals unbeachtete Nahrungsquelle aus Süßwasserökosystemen als mögliche Ressource zu bewerten. Da im Knochenkollagen als einzige schwefelhaltige Aminosäure lediglich Methionin vorkommt und diese essentiell ist (sie muss mit der Nahrung aufgenommen werden), ist der Schwefelisotopenwert des Kollagens ein Abbild des durchschnittlichen Wertes der Nahrung. Die Schwefelisotopenverhältnisse der verschiedenen Habitate haben sehr unterschiedliche Ursprünge und können daher extrem variieren. Dienten die verschiedenen Habitate als Nahrungsquellen, so finden sich deren Schwefelisotopensignaturen im Kollagen der Konsumenten wieder.⁴⁰ Die Kombination aller drei Isotopensysteme ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ und $\delta^{34}\text{S}$) erlaubt daher eine sehr detailgetreue Rekonstruktion der Ernährung (prä-)historischer Gruppen.

Material und Methode

Aus dem Gräberfeld von Neckarsulm wurden insgesamt 57 Knochenproben analysiert. Hierbei handelte es sich um 52 menschliche Knochen und 5 Tierfunde (siehe Tab. 2). Die Individuen aus den Gräbern 5 und 8 sowie teilweise 7 konnten infolge der schlechten Skeletterhaltung bzw. aufgrund von Störungen und daraufhin unsicherer Individualisierung der geborgenen Überreste nicht beprobt werden.

Das Kollagen aus archäologischem Knochenmaterial wurde nach der Methode von LONGIN (1971) folgend mit Modifikationen (nach BROWN et al. 1988 und RICHARDS/HEDGES 1999) extrahiert.⁴¹ Die Analyse der Kohlenstoff- und Stickstoffisotope erfolgte durch Verbrennung des Kollagens in einem Elementanalysator (Flash EA 2112 III), der einem Delta XP Massenspektrometer vorgeschaltet war.

37 M. P. RICHARDS/B. T. FULLER/M. SPONHEIMER/T. ROBINSON/L. AYLIFFE, Sulphur isotopes in palaeodietary studies: a review and results from a controlled feeding experiment. *Internat. Journal Osteoarch.* 13, 2003, 37–45.

38 H. R. KROUSE/M. K. HERBERT, Sulphur and Carbon Isotope Studies of Food Webs. In: B. V. KENNEDY/G. M. LEMOINE (Hrsg.), *Diet and subsistence: current archaeological perspectives*. Proceedings of the Nineteenth Annual Conference of the Archaeological Association of the University of Calgary (Calgary 1988) 315–325

39 Y. MIZUTANI/T. A. RAFTER, Oxygen isotopic composition of sulphates, part 5, Isotopic composition of sulphate in rain water. Gracefield, New Zealand. *New Zealand Journal Sci.* 12, 1969, 69–80.

40 Siehe hierzu Y. HU/H. SHANG/H. TONG/O. NEHLICH/W. LIU/C. ZHAO/J. YU/C. WANG/E. TRINKAUS/M. P. RICHARDS, Stable isotope dietary analysis of the Tianyuan 1 early modern human. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106, 2009, 10971–10974 – O. NEHLICH/D. BÖRIC/S. STEFANOVIĆ/M. P. RICHARDS, Sulphur isotope evidence for freshwater fish consumption: A case study from the Danube Gorges, SE Europe. *Journal Arch. Sci.* Manuskript im Druck.

41 R. LONGIN, New Method of Collagen Extraction for Radiocarbon Dating. *Nature* 230, 1971, 241 f. – T. BROWN/D. NELSON/J. VOGEL/J. SOUTHON, Improved Collagen Extraction by Modified Longin Method. *Radiocarbon* 30, 1988, 171–177. – M. RICHARDS/R. HEDGES, Stable Isotope Evidence for Similarities in the Types of Marine Foods Used by Late Mesolithic Humans at Sites Along the Atlantic Coast of Europe. *Journal Arch. Sci.* 26, 1999, 717–722.

S-EVA	Submitter-ID	Gehalt Kollagen [%]	Gehalt C [%]	Gehalt N [%]	Gehalt S [%]	C:N	C:S	N:S
7472	NU-H-1-1	0.8	39.60	13.78	0.17	3.4	619	185
6765	NU-H-2-1	0.6	31.16	10.68	0.20	3.4	426	125
6765 I	NU-H-2-1	0.9						
6766	NU-H-2-2	0.2	30.70	10.23	-	3.5	-	-
6766 I	NU-H-2-2	0.3						
6767	NU-H-2-3	2.1	42.42	15.35	0.21	3.2	529	164
7473	NU-H-3-1	3.7	45.58	16.38	0.20	3.2	606	187
7474	NU-H-4-1	2.7	44.28	15.77	0.19	3.3	598	183
n.s.	NU-H-5-1							
7475	NU-H-6-1	1.5	30.42	10.71	0.13	3.3	609	184
7476	NU-H-7-1	0.2	11.01	2.89	0.08	4.4	385	87
7477	NU-H-7-2	0.1	-	-	-	-	-	-
7478	NU-H-7-3	0.1	-	-	-	-	-	-
7479	NU-H-7-4	1.2	20.79	7.01	0.11	3.5	505	146
7480	NU-H-7-5	-						
n.s.	NU-H-7-6							
n.s.	NU-H-7-7							
n.s.	NU-H-8-1							
n.s.	NU-H-8-2							
7481	NU-H-9-1	1.5	9.50	2.98	0.08	3.7	337	91
7482	NU-H-10-1	1.1	37.30	12.87	0.12	3.4	806	239
7483	NU-H-11-1	6.0	46.21	16.74	0.20	3.2	574	178
7484	NU-H-11-2	2.6	46.22	16.31	0.21	3.3	585	177
7485	NU-H-12-1	4.9	45.49	16.29	0.23	3.3	529	162
7486	NU-H-12-2	4.5	45.36	16.36	0.20	3.2	594	184
7487	NU-H-13-1	2.1	34.54	12.16	0.17	3.3	546	165
7488	NU-H-13-2	1.1	26.43	9.11	0.13	3.4	538	159
7489	NU-H-14-1	0.7	32.90	11.31	0.13	3.4	701	207
7490	NU-H-15-1	3.8	45.52	16.41	0.21	3.2	609	188
7491	NU-H-15-2	5.0	46.97	16.86	0.24	3.3	530	163
7492	NU-H-16-1	7.7	45.66	16.56	0.22	3.2	589	183
7493	NU-H-17-1	1.7	43.11	15.82	0.17	3.2	713	224
7494	NU-H-18-1	2.4	42.75	15.26	0.18	3.3	568	174
7495	NU-H-18-2	1.5	44.02	15.38	0.26	3.3	443	133
7496	NU-H-19-1	4.7	43.29	15.63	0.20	3.2	579	179
7497	NU-H-20-1	4.8	44.64	16.14	0.24	3.2	504	156
7498	NU-H-21-1	1.8	40.76	14.70	0.21	3.2	515	159
7499	NU-H-21-2	2.4	43.41	15.48	0.19	3.3	553	169
7500	NU-H-22-1	3.5	41.21	14.91	0.20	3.2	532	165
7501	NU-H-22-2	2.2	39.85	14.14	0.18	3.3	537	163
7502	NU-H-22-3	5.0	42.46	15.37	0.17	3.2	542	168
7503	NU-H-23-1	5.3	43.58	15.82	0.20	3.2	566	176
7504	NU-H-24-1	3.4	44.12	15.88	0.22	3.2	532	164
7505	NU-H-24-2	3.6	44.60	15.97	0.21	3.3	524	161

S-EVA	Submitter-ID	Gehalt Kollagen [%]	Gehalt C [%]	Gehalt N [%]	Gehalt S [%]	C:N	C:S	N:S
7506	NU-H-25-1	0.9	38.93	13.64	0.17	3.3	611	183
7507	NU-H-25-2	6.3	43.52	15.42	0.23	3.3	494	150
7508	NU-H-25-3	4.6	44.61	16.10	0.23	3.2	510	158
7509	NU-H-26-1	5.9	41.93	15.09	0.22	3.2	472	146
7510	NU-H-27-1	1.8	38.24	13.59	0.20	3.3	516	157
7511	NU-H-28-1	3.4	42.19	15.03	0.24	3.3	441	135
7512	NU-H-29-1	4.5	44.58	16.07	0.24	3.2	473	146
7513	NU-H-30-1	4.9	44.19	16.01	0.22	3.2	505	157
n. s.	NU-H-31-1							
7514	NU-H-32-1	3.6	40.46	14.59	0.20	3.2	555	172
7515	NU-H-33-1	4.1	42.92	15.62	0.23	3.2	499	156
7516	NU-A-1	0.8	40.95	14.59	0.16	3.3	683	209
7517	NU-A-2	1.6	43.45	15.38	0.24	3.3	457	139
7518	NU-A-3	3.7	42.84	15.41	0.24	3.2	478	147
7519	NU-A-4	1.2	40.31	14.10	0.16	3.3	672	201
7520	NU-A-5	1.7	42.72	15.10	0.22	3.3	484	147

Tab. 2: Auflistung der Proben mit prozentualer Ausbeute an Kollagen, gerechnet von der Auswaage an Knochen und dem resultierenden Kollagen (Fraktion größer 30kDa), Angabe der prozentualen Gehalte an Kohlenstoff, Stickstoff und Schwefel der Probe und den atomaren Verhältnissen C:N, C:S und N:S.

Der analytische Fehler der Doppelmessung des Kollagens war besser als $\pm 0,2\%$. Die Schwefelisotope wurden auf einem ‚Delta V plus‘ mit gekoppeltem ‚Heka EuroVector‘ als Elementanalysator gemessen. Der Fehler für die Messungen der Schwefelisotope aus anorganischem Material betrug weniger als $\pm 0,2\%$, bei organischen Standardmaterialien (auf Grund des geringeren Anteils des Schwefels) $\pm 0,4\%$. Für Knochenkollagen beträgt die Standardabweichung $\pm 0,6\%$.

Extraktionsergebnisse und Qualitätskontrolle

Insgesamt waren 57 Proben zur Analyse übersandt worden, 52 menschlichen und fünf tierischen Ursprungs. Die Tierknochen können zweifelsfrei dem Gräberfeld zugeordnet werden. Die menschlichen Proben enthielten genügend Material für eine Analyse (siehe Tab. 2). Obwohl die prozentualen Ausbeuten unter 1% als problematisch angesehen werden,⁴² muss für die hier angewandte Ultrafiltration ein größerer Verlust an degradiertem Material eingerechnet werden.⁴³ Eine wesentlich detailliertere Aussage über die Qualität des gewonnenen Kollagens lässt sich durch die prozentualen Gehalte der gemessenen Elemente und deren Verhältnisse treffen. VAN KLINKEN (1999) konnte zeigen, dass dies eine geeignete Qualitätskontrolle für die Kohlenstoff- und Stickstoffisotopenanalyse zulässt. Für die Analyse der Schwefelisotopenverhältnisse sind ähnliche Kriterien entwickelt worden.⁴⁴ Bis auf die beiden Proben NU-H-7-1 und NU-H-9-1, die sehr stark degradiertes Kollagen aufweisen, entsprechen alle Daten den *in vivo* Verhältnissen von Kollagen. Die beiden kritischen Proben wurden für die weiterführenden Analysen aus dem Datensatz entfernt.

42 S. H. AMBROSE, Preparation and Characterization of Bone and Tooth Collagen for Isotopic Analysis. *Journal Arch. Scien.* 17, 1990, 431–451.

43 MÜLDNER/RICHARDS (Anm. 25).

44 NEHLICH/RICHARDS (Anm. 28).

Diskussion der Daten

Die Ergebnisse der Analyse stabiler Kohlenstoff-, Stickstoff- und Schwefelisotope aus Knochenkollagen der Individuen aus Neckarsulm sind in den Abbildungen 3–6 dargestellt. Die jeweilige Darstellung erfolgt mit der Markierung der theoretisch zu erwartenden Werte der Ernährungsweise basierend auf den analysierten Tieren aus dem Kontext.

Kohlenstoff- und Stickstoffisotopenverhältnisse

Als Grundlage für die Ernährungsrekonstruktion konnten fünf herbivor-terrestrische Tiere beprobt werden. Die analysierten Kohlenstoff- und Stickstoffisotopenverhältnisse dieser Tiere zeigen eindeutig ein zu erwartendes terrestrisches Ernährungssignal an. Die Daten der Tiere decken einen Bereich von $-22,5\text{‰}$ bis $-21,0\text{‰}$ im Kohlenstoff und von $6,1\text{‰}$ bis $7,7\text{‰}$ im Stickstoff ab. Die Streuung des terrestrischen Signals spricht für ein geringes und homogenes Einzugsgebiet, wobei ein mehr offenes Habitat als Lebensraum von dem analysierten Rind angenommen werden kann. Die Isotopenwerte für das Rotwild entsprechen einem geschlossenen Wald, da die Kohlenstoffisotopenverhältnisse in geschlossenen Waldhabitaten im Gegensatz zu offenen Graslandschaften geringer sind.⁴⁵ Die Werte entsprechen bereits veröffentlichten Daten für die nahen Fundorte Herxheim und Trebur, die allerdings in das Neolithikum datieren.⁴⁶ Leider waren keine Knochenreste von Tierarten aus anderen Ökosystemen vorhanden, so dass für diese Habitate keine Abschätzung des Einflusses auf die Ernährung im Detail erfolgen kann.

Eine rein auf diesen terrestrischen Tieren basierende Ernährung würde bei den menschlichen Individuen Werte von kleiner als -19‰ im Kohlenstoff und 9‰ bis 11‰ im Stickstoff erwarten lassen. Dies ist für die analysierten Individuen von Neckarsulm nicht der Fall. Die menschlichen Skelettproben ergaben Werte im Kohlenstoffisotopenverhältnis von $-19,5\text{‰}$ bis $-17,1\text{‰}$ und im Stickstoffisotop von $9,5\text{‰}$ bis $13,2\text{‰}$. Der ermittelte Bereich deutet auf verschiedene Nahrungsquellen hin (siehe Abb. 3).

Der größte Anteil der Nahrung der menschlichen Individuen von Neckarsulm stammt demnach von terrestrischen Tieren, allerdings ist zudem mindestens eine weitere Nahrungsquelle vorhanden. Einerseits könnten die hohen Stickstoffwerte vom Verzehr sehr junger (noch gesäugter) Tiere stammen, aber die höheren Kohlenstoffisotopenverhältnisse sind so nicht erklärbar. Eine andere Möglichkeit ist der Konsum von Fisch und anderen im und vom nahen Fluss lebenden Tieren. Verglichen mit den Daten aus Herxheim⁴⁷ sind die hier ermittelten Stickstoffisotopenwerte wesentlich höher und deuten auf einen erhöhten Konsum an tierischen Proteinen (Süßwasserfisch) hin (Abb. 3). Anhand der Kohlenstoff- und Stickstoffisotopenverhältnisse alleine ist es in diesem Fall nicht möglich, alle Nahrungsquellen eindeutig zu identifizieren.

Schwefelisotopenverhältnisse

Der Mittelwert des $\delta^{34}\text{S}$ für die terrestrischen Tierproben liegt bei $2,2 \pm 1,1\text{‰}$ und deckt einen Bereich von $1,1\text{‰}$ bis $3,5\text{‰}$ ab (eingerahmer Bereich in Abb. 4). Dies stellt das bioverfügbare Schwefelisotopenverhältnis dar, welches durch die Landtiere bereitgestellt wird. Der Wertebereich von

45 M. J. SCHOENINGER/U. T. IWANIEC/K. E. GLANDER, Stable isotope ratios indicate diet and habitat use in New World monkeys. *Am. Journal Phys. Anthr.* 103, 1997, 69–83.

46 C. DÜRRWÄCHTER /O. E. CRAIG/G. TAYLOR/M. J. COLLINS/J. BURGER/K. W. ALT, Ernährungsrekonstruktion in neolithischen Populationen anhand der Analyse stabiler Isotope: Trebur (HST/GG) und Herxheim (späte LBK). *Ber. Komm. Arch. Landesforsch. Hessen* 7, 2002/2003, 43–45.

47 C. DÜRRWÄCHTER/O. E. CRAIG/M. J. COLLINS/J. BURGER/K. W. ALT, Beyond the grave. *Journal Arch. Scien.* 33, 2006, 39–48.

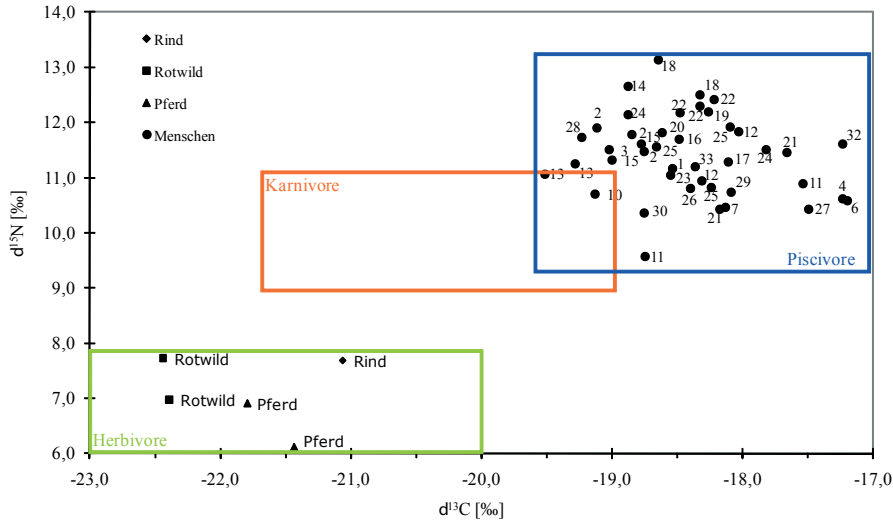


Abb. 3: Graphik der Daten für die Kohlenstoff- und Stickstoffisotopenuntersuchungen der Individuen aus Neckarsulm. Darstellung der Tier- und Menschendaten mit den theoretischen Bereichen für die Ernährungsart in der Region (gemessen an ermittelten Daten).

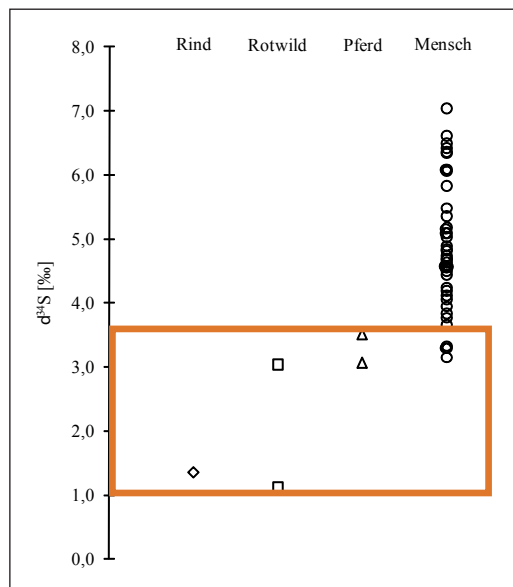


Abb. 4: Schwefelisotopenverhältnisse der analysierten Arten von Neckarsulm, grau hinterlegt ist der auf der Basis der terrestrisch lebenden analysierten Tiere ermittelte bioverfügbare Wertebereich für die Region.

2‰ im Schwefelisotopenverhältnis spricht für ein homogenes terrestrisches Habitat mit geringer Variabilität.⁴⁸ Dagegen steht der $\delta^{34}\text{S}$ Mittelwert der menschlichen Individuen mit $4,9 \pm 1,0$ ‰. Die Werte reichen hier von 3,1‰ bis 7,0‰ und zeigen somit eindeutig den Einfluss einer zweiten Nahrungsquelle an. Nur ein wirklich geringer Bereich überlappt zwischen den Werten der analysierten Tiere und einigen Menschen. Allerdings ist das Schwefelisotopenverhältnis in den menschlichen

48 V. L. MEKHTIEVA/E. Y. GAVRILOV/R. G. PANKINA, Sulfur Isotopic Composition in Land Plants. Geochemistry Internat. 13, 1976, 85–88.

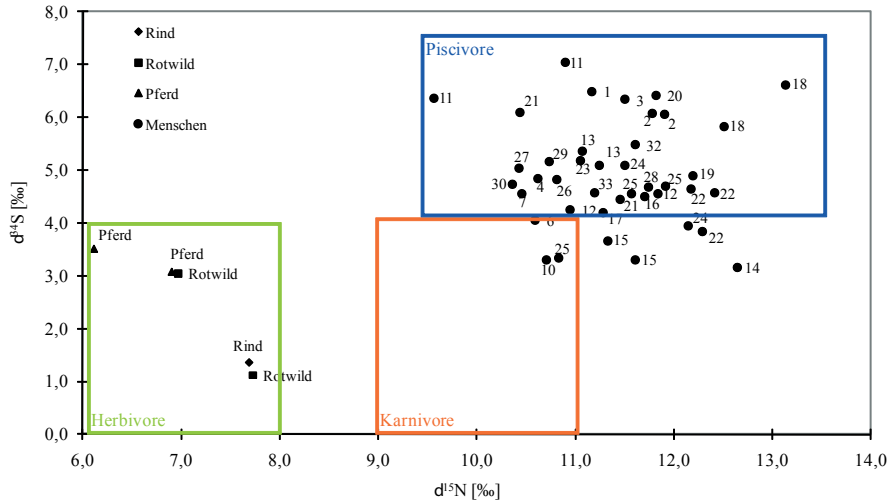


Abb. 5: Graphische Darstellung der Stickstoff- und Schwefelisotopenverhältnisse aller analysierten Proben aus Neckarsulm mit theoretisch zu erwartenden Wertebereichen.

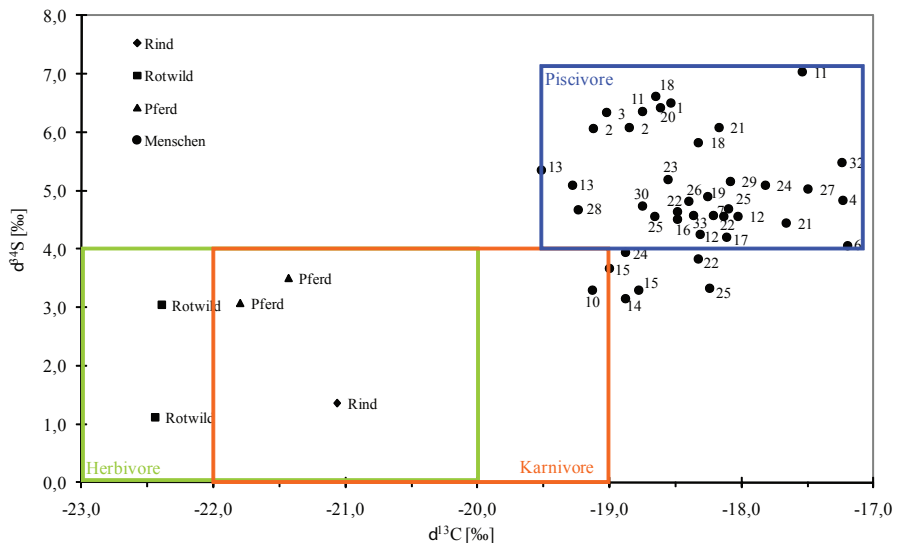


Abb. 6: Graphische Darstellung der Kohlenstoff- und Schwefelisotopenverhältnisse aller analysierten Proben aus Neckarsulm mit theoretisch zu erwartenden Wertebereichen.

Proben leicht erhöht im Vergleich zur terrestrischen Fauna. Ein um etwa 1 ‰ verminderter Wert würde für eine 100%ig terrestrische Ernährung erwartet werden.⁴⁹ Die Mehrheit liegt außerhalb des vom terrestrischen Habitat bioverfügbaren Schwefelisotopenverhältnisses. Da nun leider jegliche Information über die Bioverfügbarkeit anderer Ökosysteme fehlt, kann keine abschließende Abschätzung vorgenommen werden welches Schwefelisotopenverhältnis die zweite Nahrungsquelle hat. Dies führt zu der Schlussfolgerung, dass es sich bei den Ergebnissen um ein Mischungsverhältnis zwischen der einen und der anderen Nahrungsressource handelt. Um hier Klarheit zu schaffen, müsste Fauna der anderen Habitats ebenfalls analysiert werden.

49 RICHARDS et al. (Anm. 37). – C. BARNES/S. JENNINGS, Effect of temperature, ration, body size and age on sulphur isotope fractionation in fish. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 21, 2007, 1461–1467.

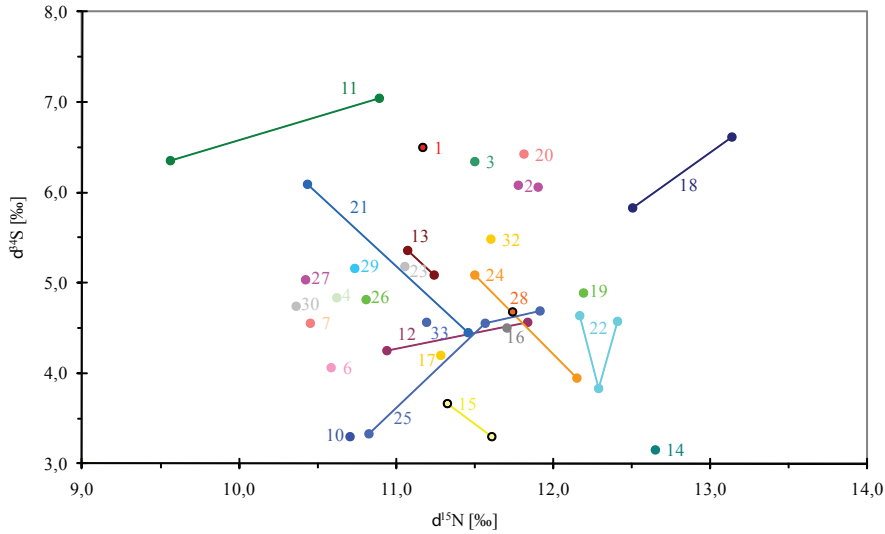


Abb. 7: Darstellung des Stickstoff- und Schwefelisotopenverhältnisses der menschlichen Individuen von Neckarsulm individualisiert nach Gräbern (Gräber mit mehreren Individuen sind mit einer Linie verbunden).

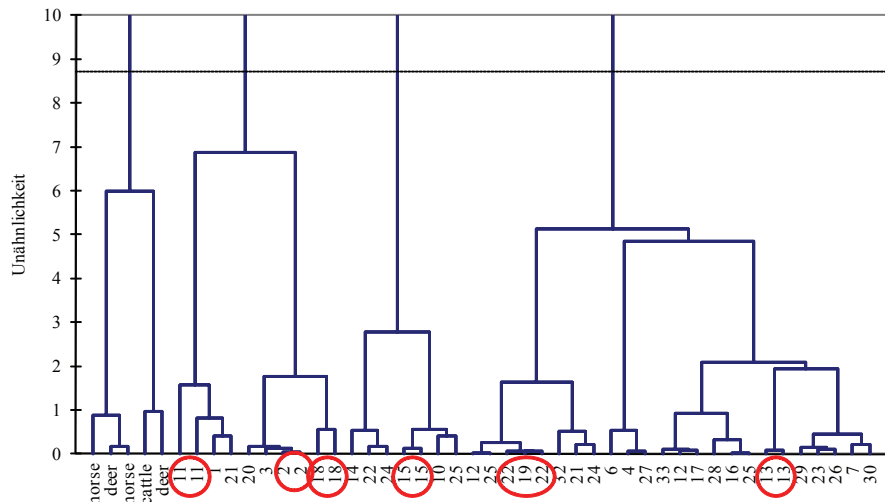


Abb. 8: Clusteranalyse der Isotopendaten der menschlichen Individuen von Neckarsulm.

Kombination der Ergebnisse

Die Kombination der Kohlenstoff- und Stickstoffisotopenverhältnisse mit den Daten der Schwefelisotopenanalyse ergibt, dass hier die Ernährung nicht vollständig auf terrestrischen Tieren beruht haben kann (siehe Abb. 5 u. 6). Es muss vielmehr eine Mischdiät aus Süßwassertieren (z.B. Fische) und terrestrischen Tieren zugrunde gelegen haben. Leider wies das Gräberfeld von Neckarsulm keinerlei Fischknochenfunde auf, so dass hier keine Daten für das Frischwasserhabitat ermittelt werden konnten. Daraus resultierend kann auch der Anteil der jeweiligen Nahrungsressource nicht exakt ermittelt werden. Als gesichert kann aber – auf Grund der außerhalb des Wertebereiches der terrestrischen Tiere liegenden menschlichen Resultate – ein größerer Anteil an Fisch oder anderen Süßwasserprodukten angesehen werden. Da der Anteil an schwefelhaltigen Aminosäuren im Fisch-

fleisch erhöht ist, werden deren Werte überproportional stark im Kollagen widergespiegelt. Das heißt, schon ein kleiner Anteil an Fisch kann das Schwefelisotopenverhältnis im Knochenkollagen stark in Richtung Fischkonsum verschieben.

Allerdings lässt sich keinerlei Trend aus den Ergebnissen herauslesen – da der zweite Endpunkt des Mischungsmodells unbekannt bleiben muss –, solange keinerlei Material dieser Nahrungsquelle untersucht werden kann. Zudem liegen alle Individuen sehr dicht beieinander und deuten somit eine sehr homogene Ernährung der Gruppe an.

Auswertung der Grabfunde

Die Werte der menschlichen Individuen streuen im Kohlenstoffisotop von -19,5‰ bis -17,1‰, im Stickstoffisotop von 9,5‰ bis 13,1‰ und im Schwefelisotop von 3,1‰ bis 7,0‰. Die geringe Streuweite der Werte aller drei Isotopensysteme kann als Zeichen für eine sehr homogene, gleichartige Diät der untersuchten Individuen als gesamte Gruppe angesehen werden. Die Regressionsanalyse weist keinerlei statistische Signifikanz auf. Für unterschiedliche Gruppen, die sich gleichartig ernähren, sind zumeist die Streubreiten der Individuen wesentlich größer, da hier mehrere Nahrungsquellen Einfluss nehmen. Es kann daher von einer recht homogenen Gruppe gesprochen werden, deren Mitglieder eine ähnliche Ernährung hatten.

Dennoch kann in der graphischen Darstellung nach Gräbern festgestellt werden, dass mehrfach Individuen aus einem Grab nahezu identische Werte in allen drei Isotopensystemen aufweisen. Das liegt an einer noch viel gleichartigeren Nahrungszusammensetzung im Vergleich zum Rest der Gruppe. Um dies zu testen, wurde eine Clusteranalyse durchgeführt, die auf Grundlage der Daten individuelle Proben, die einander am Ähnlichsten sind, aus dem Datensatz zueinander gruppiert und daraus einen Ähnlichkeitsbaum aufbaut.

Die Analyse der Individuen aus Neckarsulm weist vier Gruppen mit der größten Unähnlichkeit auf. Die Daten der Tiere bilden ein Cluster, die Individuen der Gräber 1, 2 (2/1 und 2/2), 3, 11 (11/1 und 11/2), 18 (18/1 und 18/2), 20 und 21 (21/1) bilden das Zweite. Das Dritte wird von Individuen der Gräber 10, 14, 15 (15/1 und 15/2), 22 (22/2), 24/1 und 25/2 besetzt und das vierte Cluster besteht aus 4, 6, 7, 12 (12/1 und 12/2), 13 (13/1 und 13/2), 16, 17, 19, 22 (22/1 und 22/3), 24 (24/2), 25 (25/1), 26-33. Nur wenige doppelt oder mehrfach belegte Gräber wurden mittels der Clusteranalyse in verschiedene Gruppen sortiert. Dies bedeutet, dass Individuen aus einem Grab eine sehr gleichartige Nahrungszusammensetzung hatten. Die Individuen aus den Gräbern 2, 11, 13, 15, 18 und 22 (22/1 und 22/3) haben eine derart ähnliche Diät gehabt, dass sie statistisch einander am Ähnlichsten sind und somit Schwestergruppierungen im Clusterbaum darstellen. Dies lässt die Schlussfolgerung sehr eng miteinander verwandter oder in einem Haushalt zusammenlebender Individuen zu. Da zumeist Familien-/Gruppenmitglieder eines Haushaltes die vorhandene Nahrung teilen und die Zusammensetzung selbiger nur gering variiert, lässt sich der Schluss ziehen, dass hier familiäre oder haushaltsbezogene Verbindungen zwischen den Individuen eines Grabes bestanden haben. Diese Hypothese kann nur eine genetische Untersuchung der aDNA auf genetische Verwandtschaftsverhältnisse verifizieren oder falsifizieren. Die Ergebnisse der Analyse der stabilen Isotope aus dem Knochenkollagen sprechen für eine enge Beziehung der Individuen.

Aus den Abbildungen 5 (Schwefel : Stickstoff) und 6 (Schwefel : Kohlenstoff) geht hervor, dass eine Handvoll Neckarsulmer aus dem Rahmen der ‚Piscivoren‘ herausfallen, also mit einem graduell abweichenden Nahrungsspektrum in Verbindung gebracht werden können. Es handelt sich dabei um die Gräber/Individuen 10, 14, 15/1 und 15/2, 22/2, 24/1 und 25/2. Nach anthropologischen Kriterien unterscheidet sich diese Gruppe allerdings nicht wesentlich von den anderen. Ähnliches gilt im Hinblick auf die Sr-Daten, wonach vier der sieben Individuen zu den ‚locals‘ und drei zu den ‚non-locals‘ zu stellen wären. Im Hinblick auf ihre Ausstattung deutet sich jedoch eine Abweichung an: Die Angehörigen dieser Untereinheit sind vergleichsweise spärlich ausgerüstet. Vier von ihnen (10, 14, 22/2 und 25/2) wurden ohne Beigaben und die übrigen drei lediglich mit einem Gefäß versehen.

Schlussfolgerung

Die Analyse stabiler Kohlenstoff-, Stickstoff- und Schwefelisotope aus dem Knochenkollagen der menschlichen und tierischen Individuen des Gräberfeldes Neckarsulm zeigt eine gute Erhaltung mit replizierbaren Ergebnissen. Die Werte decken einen sehr geringen Bereich ab, der eine Ernährung mit terrestrischem Anteil und einem hohen Prozentsatz an Süßwasserprodukten nahelegt. Dass die Ernährung nur teilweise auf terrestrischer Basis beruht, zeigt die Abweichung im Schwefelisotopenwert. Insgesamt betrachtet ist die Variabilität der gesamten Gruppe als sehr gering anzusehen, da es keinerlei extreme Werte gibt und die gesamte Streubreite der Datenwerte nur sehr klein ist. Dies lässt den Schluss zu, dass hier eine Gruppe bestattet wurde, die zu Lebzeiten gemeinsame Nahrungsquellen nutzte.

Aus den Daten konnte mittels Ähnlichkeitsanalyse die Erkenntnis gezogen werden, dass die Individuen aus vielen der doppelt belegten Gräber eine sehr gleichartige Ernährung hatten. Als Grund hierfür ist eine Zusammengehörigkeit dieser Menschen in einem Haushalt sehr wahrscheinlich. Auf dieser Basis scheint das Gräberfeld von Neckarsulm einen Ausschnitt einer zusammenlebenden Gruppe darzustellen, die sich von aus ihrer Umgebung erreichbaren Süßwasserprodukten und terrestrischen (domestizierten) Tieren in einer Mischdiät ernährt haben.

Schlagnwortverzeichnis

Stabile Isotope; Knochenkollagen; Urnenfelderzeit; Hallstatt A1; Männerfriedhof; Ernährungsrekonstruktion; Kohlenstoff; Stickstoff; Schwefel.

Anschriften der Verfasser

Dr. OLAF NEHLICH
Max-Planck Institut für Evolutionäre Anthropologie
Department Humanevolution
Deutscher Platz 6
04103 Leipzig
E-Mail: nehlich@eva.mpg.de

Prof. Dr. JOACHIM WAHL
Regierungspräsidium Stuttgart, Landesamt für Denkmalpflege
Arbeitsstelle Konstanz, Osteologie
Stromeyersdorfstraße 3
78467 Konstanz
E-Mail: Joachim.Wahl@rps.bwl.de