Zeitschrift: Archäologie Bern : Jahrbuch des Archäologischen Dienstes des Kantons Bern = Archéologie bernoise : annuaire du Service archéologique du canton de Berne

Herausgeber: Archäologischer Dienst des Kantons Bern

Band: - (2020)

Artikel: Bioarchäologische Untersuchungen der Knochen aus dem Dolmen von Oberbipp, Steingasse

Autor: Lösch, Sandra / Siebke, Inga / Furtwängler, Anja

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-895388

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bioarchäologische Untersuchungen der Knochen aus dem Dolmen von Oberbipp, Steingasse

SANDRA LÖSCH, INGA SIEBKE, ANJA FURTWÄNGLER, NOAH STEURI, ALBERT HAFNER, SÖNKE SZIDAT, JOHANNES KRAUSE

Nachdem die Ausgrabung des Dolmens Oberbipp, Steingasse im Winter 2012/13 abgeschlossen war und damit feststand, dass es sich anhand erster Beobachtungen um etwa 30 Bestattungen handelte, war allen Beteiligten das Forschungspotenzial dieses einzigartigen Befundes klar. Die gute Erhaltung dieser neolithischen Individuen und die bei ihrer Ausgrabung angewandte moderne Technik machten die Notwendigkeit bioarchäologischer Knochenanalysen unbestritten.[1] Daher wurde im Jahr 2013 ein Forschungsantrag von Sandra Lösch aus der Abteilung Anthropologie des Instituts für Rechtsmedizin der Universität Bern (IRM) in Kooperation mit Albert Hafner vom Institut für Archäologische Wissenschaften (IAW) und dem Oeschger-Zentrum für Klimaforschung (OCCR) der Universität Bern sowie mit Johannes Krause vom Max-Planck-Institut für Menschheitsgeschichte (MPI) in Jena (DE) und dem Institut für Ur- und Frühgeschichte und Archäologie des Mittelalters der Universität Tübingen (DE) erarbeitet. Parallel dazu wurden die Knochen im Archäologischen Dienst des Kantons Bern (ADB) während dieser Zeit gereinigt und die archäologischen Funde aus dem Dolmen konservatorisch betreut. Der Antrag mit dem Titel «Multidisciplinary research approach to the Swiss Oberbipp dolmen in the context of the Neolithic revolution in Central Europe» wurde zum 1. April 2014 beim Schweizerischen Nationalfonds (SNF) und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) eingereicht. Durch das Projekt sollten primär Fragen zur Anzahl der Bestatteten im Dolmen, ihrem biologischen Alter und Geschlecht, ihrer Körpergrösse sowie ihrer Krankheitsbelastung beantwortet werden. Des Weiteren sollte die Lebensweise der Bestatteten, wie Ernährung respektive Subsistenzgrundlage, Herkunft und Migration, aber auch Verwandtschaftsbeziehungen, Phänotyp sowie populationsgenetische Untersuchungen beleuchtet werden. Ebenso sollte eine Radiokarbondatierung aller Personen erfolgen, um herauszufinden, ob es sich um mehrere Bestattungsphasen innerhalb des Dolmens handelte. Das SNF-Projekt war breit angelegt und enthielt auch die Untersuchung weiterer schweizerischer und einiger internationaler neolithischer bis bronzezeitlicher Fundplätze, um die für Oberbipp gewonnenen Daten im Kontext zu vergleichen. Im Rahmen des SNF-Projekts wurden drei Doktoratsstellen beantragt, geplant waren eine anthropologische Dissertation am IRM, eine archäologische Dissertation am IAW und eine molekulargenetische Dissertation am MPI. Organisatorisch sollte zeitlich die Archäologie beginnen und jeweils ein halbes Jahr später die Anthropologie und dann die Molekulargenetik folgen. Der Forschungsantrag wurde dankenswerterweise vom SNF und der DFG Ende 2014 bewilligt, allerdings wurden weniger Mittel gesprochen als beantragt. In der Folge starteten zwei Dissertationen und eine Masterarbeit: Anja Furtwängler zur Molekulargenetik und Inga Siebke zur Anthropologie und zu stabilen Isotopenanalysen der Knochen sowie Noah Steuri zur Chronologie des Dolmens und zur Datierung der Bestattungen. Die dafür notwendige Radiokarbondatierung wurde am AMS-Radiokarbon-Datierungslabor (Lara) der Universität Bern durchgeführt und von Sönke Szidat fachlich begleitet. Ausserdem konnte Jehanne Affolter für die Bearbeitung der Silices über das SNF-Projekt angestellt werden. Die weitere archäologische Auswertung wurde dankenswerterweise unter der Verantwortung von Marianne Ramstein vom ADB übernommen; sie hatte von Beginn an die Ausgrabung betreut und war mit dem Material ohnehin vertraut. Dabei konnte sich der ADB auf die im SNF-Projekt erarbeiteten Ergebnisse stützen, wie beispielsweise die

1 Ramstein/Rüttimann/Lösch 2013, 103–106.

Radiokarbondatierungen und die anthropologischen Untersuchungen der Knochen.

Durch das geförderte Forschungsprojekt sind mehrere Peer-reviewed-Publikationen in internationalen Fachzeitschriften entstanden und weitere sind derzeit in Bearbeitung. Im Rahmen der folgenden Beiträge stellen die Projektmitarbeitenden ihre Ergebnisse zusammenfassend vor.

1

Anthropologische Analyse der Skelette aus dem Dolmen von Oberbipp

INGA SIEBKE UND SANDRA LÖSCH

Auf dem Gebiet der heutigen Schweiz sind weitere Megalithgräber bekannt, doch liegen insbesondere aus den Grabungen des 19. respektive des frühen 20. Jahrhunderts nur wenige anthropologische Informationen vor.[2] Zudem sind die bekannten Grabkomplexe allesamt tendenziell jünger als der Dolmen von Oberbipp, geht man von deren Radiokarbondatierungen aus.[3]

Im Gegensatz zu den zahlreichen, gut erforschten und international bekannten Seeufersiedlungen des Schweizer Neolithikums sind anthropologisch untersuchte oder ausführlich publizierte Skelettserien aus dieser Epoche selten, mit Ausnahme von Sion VS, Petit-Chasseur und Spreitenbach AG, Moosweg.[4] Dies macht die Auswertung der Skelette von Oberbipp besonders spannend und lässt vielversprechende Ergebnisse zur Lebens- und Subsistenzweise der damaligen Menschen erwarten. Im Rahmen eines vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) geförderten interdisziplinären Projektes (CR31I3L_157024) konnten die Skelette von Oberbipp analysiert und ausgewertet werden. Hierzu wurde die Anzahl der im Dolmen niedergelegten Personen ermittelt und geprüft, ob alle Altersklassen sowie Männer und Frauen gleichermassen darin bestattet wurden. Des Weiteren wurden die Körpergrösse und der allgemeine Gesundheitszustand der Verstorbenen untersucht. Die anthropologischen Informationen sollten Aufschluss über mögliche Sozialstrukturen, spezielle Bestattungsriten und den generellen Gesundheitszustand liefern und wurden mithilfe von schweizerischen und zentraleuropäischen Daten aus ähnlichen Zeitstellungen vergleichend diskutiert.

1.1

Oberbipps anthropologische Bedeutung für die Schweizer Jungsteinzeitforschung

Zum Spätneolithikum in Mitteleuropa wird derzeit anthropologisch intensiv geforscht.[5] Zu Beginn des Neolithikums in der Schweiz, um etwa 5500 v. Chr., änderten die Menschen ihre Lebensweise grundsätzlich, wurden sesshaft und begannen Ackerbau und Viehzucht zu betreiben.[6] Genetische Untersuchungen früher Neolithiker aus Mitteleuropa geben Hinweise auf Migration(en) aus dem Gebiet des fruchtbaren Halbmonds.[7] Dieser neue Genpool ergänzt den früheren Genpool der Jäger und Sammler, welcher bis dato in Westeuropa zu finden war (Kap. 4.8). Um etwa 2800 v. Chr., zum Ende der Jungsteinzeit, gibt es erneut genetische Hinweise auf Einwanderung, diesmal aus nordöstlicher Region, der pontischen Steppe.[8]

1.2

Dolmen als Grabform – erste Hinweise zur Sozialstruktur

Dolmen sind überirdische Grabkammern, die aus grossen Steinen errichtet wurden, um als Bestattungsort zu dienen. Sie wurden normalerweise über mehrere Generationen hinweg genutzt und dienten vermutlich einer Dorfgemeinschaft oder aber einer Elite als Begräbnisplatz. Es ist denkbar, dass nur sozial höhergestellte Individuen einer Gemeinschaft in Dolmen bestattet wurden, während die Allgemeinheit einen für uns heute nicht mehr nachweisbaren Totenritus erfuhr.[9] Aber auch Zerstörung von Dolmen, zum Beispiel durch Steinraub, in nachfolgenden Epochen oder eine generelle Forschungslücke könnten eine mögliche Erklärung für die vergleichsweise geringe Anzahl an menschlichen Knochenfunden im Vergleich zu den vielen bekannten Siedlungsplätzen[10] dieser Epoche sein.

2 Schwegler 2016.
3 Falquet/Burri-Wyser 2016, 167, Abb. 173.
4 Meyer/Alt 2012, 104–157; Favre/Mottet 2011.
5 Berthold et al. 2008; Schroeder et al. 2019; Haak et al. 2008.
6 Stöckli 2016.
7 Haak et al. 2010.
8 Allentoft et al. 2015; Haak et al. 2015.
9 Fernández-Crespo/de-la-Rúa 2015, 604–617.
10 Stöckli 2016.

Es wird allgemein davon ausgegangen, dass die Skelette vorangegangener Bestattungen innerhalb eines Dolmens (teilweise) zur Seite geräumt wurden, um Platz für kürzlich verstorbene Personen zu schaffen, wie etwa im Dolmen M XII von Sion VS, Petit-Chasseur.[11] Dies erschwert die anthropologische Untersuchung, da die Skelette häufig nicht mehr im anatomischen Verband vorliegen und meist vermischt sind. Zudem ist die Erhaltung der Knochen oftmals mässig bis schlecht, unter anderem bedingt durch die lange Liegezeit. Eine zusätzliche Herausforderung stellt der archäologische Nachweis von Störungen der Grablege nach Aufgabe des Dolmens dar, wie im Fall von Oberbipp (vgl. Ramstein et al. 2020, *Der Dolmen von Oberbipp, Steingasse*, in diesem Jahrbuch).

1.3 Die Knochen im Dolmen

Die menschlichen Knochen aus dem Dolmen von Oberbipp bilden die Grundlage der anthropologischen und biochemischen Untersuchungen (Kap. 2–4). Die Skelette befanden sich in einer kompakten Schicht innerhalb der Grabkammer, und während der Ausgrabung konnten Bestattungsphasen weder archäologisch noch anthropologisch differenziert werden. Die Knochen wurden vor Ort von Anthropologen ausgegraben und einer ersten groben Untersuchung unterzogen, um mögliche zusammenhängende Skelettverbände zu dokumentieren. Die Toten waren ursprünglich in der etwa 2 m² grossen Grabkammer in gestreckter Rückenlage bestattet worden. Dabei befand sich der Kopf meist im Südosten zum Eingang, während die Füsse im Nordwesten am hinteren Abschluss der Kammer lagen.[12] Auch wenn die untersten Knochen zumindest teilweise im ursprünglichen Verband vorgefunden wurden, wurde kein komplettes Skelett angetroffen. Viele der Überreste lagen einzeln und oft sogar fragmentiert vor, und die Knochenoberflächen sind durch Verwitterungsprozesse verändert. Die anthropologische Begutachtung vor Ort zeigte, dass die Bestattungsschicht durch nachträgliche Verlagerungen von einzelnen Knochen innerhalb des Dolmens gestört war (Abb. 1). Es liessen sich anhand der anatomischen Zusammenhänge und der Ausgrabungsdokumentation dennoch mindestens sechs übereinanderliegende Bestattungslagen identifizieren.

Für weiterführende biochemische Analysen, wie Untersuchung von stabilen Isotopenverhältnissen und alter DNA sowie Radiokarbondatie-

11 Favre/Mottet 2011, 47–65.
12 Ramstein/Rüttimann/Lösch 2013, 103–106.

Abb. 1: Oberbipp, Steingasse. Rekonstruktion einiger Bestattungen im Dolmeninneren 144. Die im hinteren Bereich des Dolmens gefundenen Schädelknochen liefern Hinweise auf die Umlagerung von Knochen. M. 1:20.

rungen, wurden die rechten Felsenbeine (lat. *pars petrosa*), der Schädelknochen, in dem sich das Innenohr befindet, und die rechten Oberschenkelknochen (lat. *femora*) beprobt. Das Felsenbein hat sich durch seine hohe Dichte und – bei korrekter Probenentnahme – geringe Kontaminationswahrscheinlichkeit als sehr geeignet für molekulargenetische Untersuchungen an archäologischen Skeletten herausgestellt.[13] Durch diese Beprobungsstrategie wurde sichergestellt, dass möglichst viele Personen aus dem Dolmen erfasst und nicht mehrfach mittels biochemischer Analysen untersucht wurden. Zudem sollte der Verlust von Knochen durch diese invasiven Untersuchungen so gering wie möglich gehalten werden.

1.4 Methoden zur Untersuchung der Skelette

In einem ersten Schritt wurde geprüft, ob alle Knochen des menschlichen Skeletts im Dolmen vorhanden und ob sie anatomisch annähernd korrekt verteilt sind. Das Fehlen von kleinen oder bestimmten Knochen kann auf Sekundärbestattungen hindeuten, bei denen die Bestatteten nicht unmittelbar nach dem Tod im Grab niedergelegt werden, sondern erst nach einer gewissen Zeit, beispielsweise nachdem die Körper nicht mehr durch Sehnenverbände zusammengehalten werden. Die Verwesung kann dabei schon weit fortgeschritten oder abgeschlossen sein, und Knochen können bei der Umlagerung verloren gehen oder intentionell entfernt werden. Ebenso könnte das selektive Vorkommen spezifischer Knochen auf eine Sekundärbestattung oder gar eine Deponierung oder «Ausräumung» hinweisen.

Da es sich in Oberbipp um vermischte Knochen handelte, musste die Anzahl der Bestattungen im Dolmen mittels des am häufigsten vorkommenden Skelettelements bestimmt werden. Die Ermittlung der sogenannten minimalen Individuenzahl (MIZ) basiert auf der Untersuchung von morphologischen Merkmalen an Knochen; selbst wenn nur Fragmente vorliegen, können diese oftmals nach Körperseite und Altersentwicklung identifiziert werden. Unter Berücksichtigung des altersspezifischen Knochenwachstums kann so der Knochen oder das Merkmal eines Knochens genutzt werden, um die MIZ von Kollektivgräbern zu bestimmen.

Die Altersbestimmung am Skelett erfolgte anhand der Schemata für Knochenentwicklung.[14] Normalerweise kann das biologische Alter an einem vollständigen Skelett relativ gut bestimmt werden, vor allem bei Subadulten (<20 Jahre). Im Kontext von verworfenen Bestattungen gestaltet sich eine Einteilung schwieriger, folglich wurden für Oberbipp folgende Altersklassen definiert: Neugeborene (neonat bis 0,5 Jahre), Kleinkinder (0,5–6 Jahre), Kinder (7–13 Jahre), Jugendliche (14–20 Jahre) und Erwachsene (>20 Jahre). Zudem wurde die Abnutzung der Backenzähne zur Alterseinschätzung miteinbezogen.[15]

Die Geschlechtsbestimmung wurde mittels geschlechtsspezifischer morphologischer Merkmale am Unterkiefer durchgeführt,[16] des Weiteren wurden Kopf und Schaft des Oberschenkelknochens (F18, F6 und F8) vermessen.[17] Wenn die DNA-Erhaltung es zuliess, wurde das Geschlecht zusätzlich molekulargenetisch am rechten Felsenbein bestimmt (Kap. 4.4).

Die Körperhöhe wurde mithilfe von Messungen (F1) an kompletten Oberschenkelknochen[18] und mittels einer Regressionsformel[19] ermittelt.

Zusätzlich wurden Knochen und Zähne auf pathologische Veränderungen untersucht, wie beispielsweise Mangelerscheinungen oder Karies. Auch Läsionen, die auf traumatische Ereignisse zurückzuführen sind, wurden dokumentiert.

1.5 Strategie zur Auswertung der menschlichen Überreste

Insgesamt wurden über 2000 Knochenfragmente und 83 nahezu komplette Knochen (Abb. 2) aus der Grabkammer geborgen. Die Verteilung der verschiedenen bestimmbaren Skelettelemente ist in Abb. 3 dargestellt. Dabei fällt auf, dass alle Knochen des menschlichen Skeletts im Dolmen vorhanden waren, jedoch

13 Gamba et al. 2014.
14 Scheuer/Black 2004; Szilvássy 1988, 421–435.
15 Brothwell 1981, 71–72.
16 Sjøvold 1988, 458, Tab. 46.
17 Martin 1914, 217–218.
18 Martin 1914, 216.
19 Pearson 1899, 196, Tab. XIV. – Male und Tab. XV. – Female.

Nahezu komplette Knochen je Körperregion

Skelett-bereich	Knochen	>75 % des Knochens vorhanden
Kopf	Unterkiefer	6
Axial-skelett	Kreuzbein	1
	1. Halswirbel	3
	2. Halswirbel	6
linke Seite	Schlüsselbein	7
	Oberarm	5
	Oberschenkel	4
	Kniescheibe	13
	Schienbein	5
rechte Seite	Schlüsselbein	2
	Oberarm	2
	Speiche	1
	Elle	1
	Oberschenkel	8
	Kniescheibe	14
	Schienbein	5

Abb. 2: Oberbipp, Steingasse. Verteilung geborgener, nahezu kompletter Knochen.

fragile Knochen, wie etwa des Gesichtsschädels, Rippen, aber auch Hüftknochen deutlich unterrepräsentiert sind. Dies scheint mitunter nicht nur an der Beschaffenheit der einzelnen Skelettelemente zu liegen, sondern scheint ebenfalls störungsbedingt zu sein – in der Grabkammer gab es Störungen durch Tiere, Menschen und wohl auch einfliessendes Wasser.[20] In wenigen Fällen konnten getrennt geborgene Knochenfragmente im Labor nachträglich zusammengefügt werden, dennoch ist keine einzige Bestattung durch ein vollständiges Skelett repräsentiert. Daher wird die Auswertung der MIZ, der Alters- und Geschlechtsverteilung und die Körperhöhenrekonstruktion anhand einzelner Skelettelemente durchgeführt.

1.6 Die Bestattungen im Dolmen

Das generelle Vorkommen aller Teile des menschlichen Körpers, auch der kleineren Knochen, deutet darauf hin, dass im Dolmen Primärbestattungen zu finden waren. Die Verlagerung von Schädeln und eine Durchmischung vor allem im hinteren Bereich verweisen auf eine nachträgliche Umlagerung der menschlichen Überreste innerhalb des Dolmens. Dies ist bei Mehrfachbestattungen in Dolmen des Öfteren beobachtet worden.[21] Die Oberschenkelknochen sind relativ gut erhalten und liegen

20 Ramstein/Rüttimann/Lösch 2013, 103–106.
21 Mariéthoz 2011, 169–190; Fernández-Crespo/de-la-Rúa 2015, 604–617.

Anzahl an bestimmbaren Knochenfragmenten pro Skelettelement

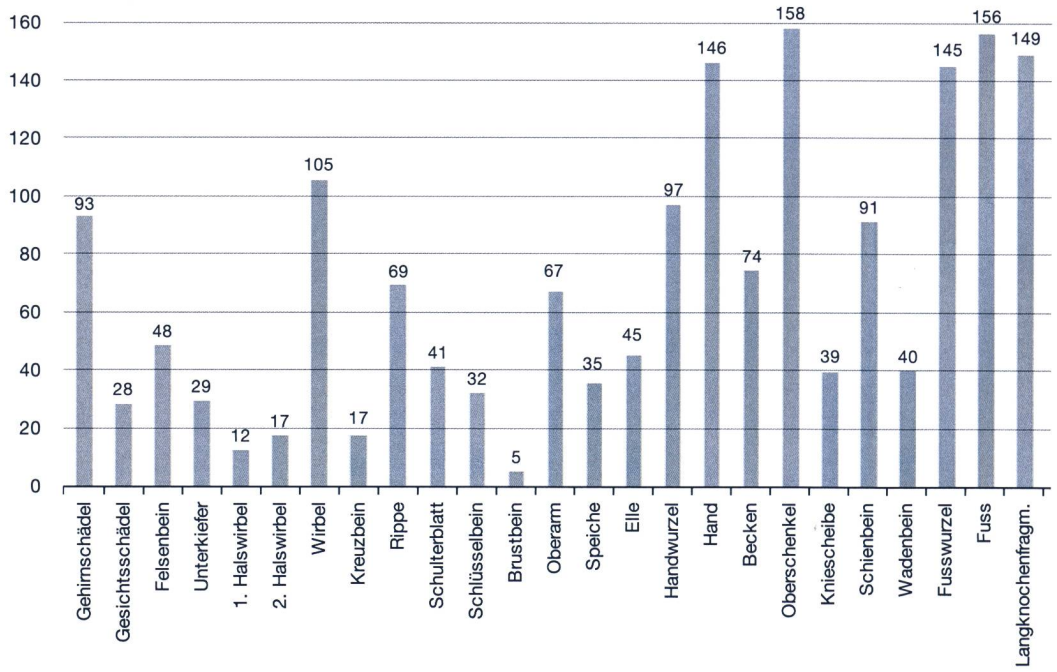


Abb. 3: Oberbipp, Steingasse. Verteilung der minimalen Anzahl an bestimmbaren Knochenfragmenten pro Skelettelement.

ausserdem am häufigsten vor (Abb. 4). Da es sich dennoch meistens um Teilstücke handelt, wurden verschiedene Merkmale herangezogen, um eine Mehrfachzählung zu vermeiden und um die Körperseite sowie das biologische Alter zu bestimmen. Daraus ergibt sich eine MIZ von 42 im Dolmen bestatteten Personen. Im internationalen Vergleich variiert die Anzahl der Personen, die in einem Dolmen bestattet wurden, stark, ist aber sicherlich abhängig von der Grabkammergrösse. Mit mindestens 42 Bestattungen liegt Oberbipp im europäischen Durchschnitt.[22] Im schweizerischen Vergleich fällt jedoch auf, dass im Dolmen von Oberbipp relativ viele Personen bestattet wurden, im Verhältnis zur Grabkammergrösse (Abb. 5). Dies könnte an unterschiedlicher Methodik zur Bestimmung der (minimalen) Individuenzahl liegen oder daran, dass es möglicherweise unterschiedlich lange Nutzungsphasen gab. Bei einigen Bestattungskomplexen sollte zudem davon ausgegangen werden, dass einige der ursprünglich Beigesetzten vermutlich bereits vergangen oder durch spätere Nutzung der Dolmen nicht mehr nachweisbar sind, wie zum Beispiel in Onnens VD, Praz Berthoud oder Laufen BL, Wahlenstrasse.[23]

Die Altersverteilung anhand der Oberschenkelknochen ergab mindestens ein Neugeborenes, zwei Kleinkinder, acht Kinder, sieben Jugendliche und 24 erwachsene Personen in der Grabkammer (Abb. 4). Da die meisten Knochen mit etwa 20 Jahren vollständig ausgewachsen sind, ist eine weitere Untergliederung der Erwachsenen bei den hier vorhandenen verlagerten Skelettteilen nicht möglich, weil dafür mehrere Knochen eines Skeletts berücksichtigt werden müssen. Die unabhängig von den Oberschenkeln betrachteten Verwachsungsstadien der Nähte an Schädelfragmenten deuten darauf hin, dass einige Personen durchaus höheres Alter von über 40 Jahren und sogar über 60 Jahren erreicht haben. Die generelle Abnutzung der permanenten Backenzähne, die ebenfalls Hinweise auf das Alter einer Person gibt,[24] deutet auf eine eher jüngere Totengemeinschaft hin. Dies deckt sich mit internationalen Untersuchungen[25] und der Annahme, dass die Lebenserwartung der neolithischen Menschen geringer war als heute.[26]

Die Altersverteilung deckt sich zudem mit nationalen und internationalen Vergleichen von menschlichen Überresten aus Dolmen, in denen ebenfalls ein weitgehendes Fehlen von Neonaten und Kleinkindern zu beobachten ist.[27] Dies könnte auf einen anderen Bestattungsritus für die Kleinsten der jungsteinzeitlichen Gesellschaft und/oder auf deren Sonderstatus hindeuten. Da zudem ihre Knochen sehr viel fragiler sind, wäre eine weitere Möglichkeit, dass sie schlechter erhalten und folglich schwerer nachweisbar sind. Dies scheint jedoch für Oberbipp wie auch für Spreitenbach AG, Moosweg – wo ebenfalls Kleinkinder fehlen[28] – nicht der Fall zu sein, da beide Ausgrabungen vor Ort und im Labor anthropologisch betreut wurden. Eine separate Bestattungsform ausserhalb der Dolmen respektive Holzkammern oder Steinkisten für den Grossteil der Neonaten und Kleinkinder scheint daher plausibel. Warum einige wenige dieser Kleinen dennoch in diesen Bestattungskomplexen zu finden sind, bleibt unklar, zumal im (kern)familiären Kontext mehr von ihnen zu erwarten wären.

Aufgrund der Vermischung einzelner Knochen konnten lediglich einzelne Skelettelemente auf ihre Geschlechtsmerkmale untersucht werden. Eine Verknüpfung oder Rekonstruktion

Oberschenkelfragmente pro Altersklasse

Altersklassen	rechter Oberschenkel		linker Oberschenkel	
	Hüftgelenk	Kniegelenk	Hüftgelenk	Kniegelenk
Erwachsen (adult, 20+ Jahre)	24	19	13	14
Jugendlich (juvenil, 14–20 Jahre)	5	7	5	4
Kind (infans II, 7–13 Jahre)	8	3	6	4
Kleinkind (infans I, 0,5–6 Jahre)	2	–	1	–
Neugeboren (neonat, bis 0,5 Jahre)	–	–	1	–

Abb. 4: Oberbipp, Steingasse. Verteilung der Oberschenkelknochen nach Körperseite, Hüft- und Kniegelenk, nach Altersklassen getrennt. Die farblich hinterlegten Daten dienen der Ermittlung der minimalen Individuenzahl (MIZ).

22 Siebke et al. 2019.
23 Falquet/Burri-Wyser 2016, 143–146; Schwegler 2016, 131.
24 Brothwell 1981, 71–72.
25 Siebke et al. 2019.
26 Simon/Langenegger/Cueni 1995, 259–273.
27 Fernández-Crespo/de-la-Rúa 2015, 604–617; Meyer/Alt 2012, 104–157.
28 Meyer/Alt 2012, 104–157.

Spätneolithische bis frühbronzezeitliche Grabkomplexe der Schweiz

Region	Fundort/Name	Grabtypus	Grösse der Grabkammer (cm)	Datierung	Minimale Individuenzahl (MIZ)
Aargau	Spreitenbach	Holzkammer	230 × 150	2650–2400	12
Baselland	Aesch	Dolmen	180 × 310	3100–2500	47
Baselland	Muttenz	unbekannt	unbekannt	3000–2700	11
Baselland	Laufen I	Dolmen	210 × 230	Endneolithikum/ Glockenbecher	32
Baselland	Laufen II	Dolmen	unbekannt	2920–2779	?
Bern	Oberbipp	Dolmen	140 × 200	3350–2650	42
Jura	Courgenay	Dolmen	unbekannt	unbekannt	?
Neuenburg	Bevaix	unbekannt	unbekannt	unbekannt	1
Neuenburg	Cortaillod	Steinkiste	100 × 200	2470–2050	1
Neuenburg	Colombier/Auvernier	Dolmen	160 × 120	~3000/~2800	15–20
Waadt	Onnens	Dolmen	120 × 175	2465–2065	2
Wallis	Petit-Chasseur MXII	Dolmen	150 × 190	3000–2500	17
Wallis	Petit-Chasseur MXIII	Steinkiste	40 × 60	2500–2300	1
Wallis	Petit-Chasseur MVI	Dolmen	150 × 250	2903–2631	30
Wallis	Petit-Chasseur MVI	Dolmen	150 × 250	2572–2197	30
Wallis	Petit-Chasseur MVI	Dolmen	150 × 250	2200–1740	?
Wallis	Petit-Chasseur MXI	Dolmen	125 × 135	2461–2057	15
Wallis	Petit-Chasseur MXI	Dolmen	125 × 135	Frühe Bronzezeit	?
Wallis	Petit-Chasseur MV	Dolmen	80 × 170	Glockenbecher	8
Wallis	Petit-Chasseur MX	Steinkiste	50 × 70	Glockenbecher/ Frühe Bronzezeit	1
Wallis	Petit-Chasseur MVII	Steinkiste	70 × 70	Glockenbecher	?
Wallis	Petit-Chasseur MVIII	Steinkiste	85 × 150	Glockenbecher	2
Wallis	Petit-Chasseur MIX	Steinkiste	50 × 70	Glockenbecher	2
Wallis	Petit-Chasseur MIII	Steinkiste	65 × 100	Glockenbecher	7

Abb. 5: Oberbipp, Steingasse. Vergleich der Grabkammergrössen verschiedener spätjungsteinzeitlicher Schweizer Bestattungskomplexe mit der minimalen Individuenzahl (MIZ).

von vollständigen Skeletten war nicht möglich. Beispielsweise ergab die Geschlechtsbestimmung der 16 erhaltenen Unterkiefer vier männliche und fünf weibliche Personen, wobei fünf Unterkiefer unbestimmt blieben und zwei weitere von Kindern stammen, bei denen die geschlechtsspezifischen Merkmale noch nicht ausgeprägt sind. Die Diskriminanzanalyse der Oberschenkelknochenfragmente lieferte keine Hinweise zum Geschlecht, da die Werte allesamt im intermediären Bereich lagen. Die molekulargenetische Geschlechtsanalyse wurde an 22 Felsenbeinen und einem Oberschenkel durchgeführt und ergab zwölf Männer und neun Frauen, eine Probe lieferte keine ausreichende DNA-Erhaltung (Kap. 4.4). Dass sowohl Frauen als auch Männer im Dolmen niedergelegt wurden, spricht für eine Gleichbehandlung der Geschlechter beim Totenritus. Anhand der *in situ* gefundenen Schädelfragmente scheint eine Tendenz, dass Frauen vermehrt auf der linken Seite des Dolmens (südwestlich) und Männer vermehrt auf der rechten Seite (nordöstlich) bestattet wurden, erkennbar zu sein.[29] Ob dies ein Zufallsbefund ist oder ob diese Beobachtung verifiziert werden kann, müssen zukünftige Funde und Auswertungen ähnlicher Komplexe beantworten.

Drei linke Oberschenkelknochen konnten zur Rekonstruktion der Körperhöhe vermessen und der Mittelwert aus geschlechtsspezifischen Ergebnissen errechnet werden. Diese ergaben eine mittlere Körpergrösse von 154 bis 157 cm für die im Dolmen Bestatteten, was im europäischen Vergleich dem Bild der jungsteinzeitlichen Bauern entspricht und in unserem Fall auf gross gewachsene Frauen oder eher kleinere Männer hindeutet.[30]

29 Siebke et al. 2019.
30 Siegmund 2010, 81, Tab. 38.

Die Kariesintensität, das Verhältnis von kariösen Dauerzähnen im Verhältnis zur Gesamtzahl der Dauerzähne, wurde mit 8,3 % (52/630) inklusive Wurzelresten und 7,9 % (49/618) exklusive der Wurzelreste bestimmt. Für Oberbipp ist damit eine sehr hohe Kariesintensität nachgewiesen. Im internationalen Vergleich gibt es keine derart hohe Intensität im Neolithikum.[31] Doch auch im etwas jüngeren Spreitenbach (ca. 2500 v. Chr.) wurde eine erhöhte Kariesintensität beobachtet[32] und könnte generell auf eine kohlenhydratreiche Ernährung der schweizerischen Endneolithiker hindeuten. Weitere Faktoren könnten eine andere oder fehlende Zahnhygiene und/oder genetische Prädisposition sein. Die Ernährungsrekonstruktion mittels stabiler Isotope soll hierfür weitere Hinweise liefern (Kap. 3).

In Oberbipp wurden verschiedene Knochenveränderungen, wie verheilte Traumata, Entzündungsreaktionen oder altersbedingte Abnutzungserscheinungen, beobachtet (Abb. 6). Eine detaillierte Auswertung der vorhandenen krankhaften oder durch Mangelernährung bedingten Veränderungen an Knochen konnte jedoch aufgrund der Fragmentierung der Skelettelemente nicht vorgenommen werden. Hinzu kommt, dass in der (prä-antibiotischen) Jungsteinzeit sehr wahrscheinlich bereits kleine Verletzungen durch Infektionen zum Tode führen konnten. Daher war der Fund einer schweren, chronischen Oberschenkelknochenentzündung (Osteomyelitis) mit Eiteraustrittskloake aussergewöhnlich (Abb. 6a). Diese Person muss die Verletzung mehrere Monate überlebt haben, da der Knochen mit massiven Neubildungen auf die Entzündung reagiert hat, doch letztendlich ist die Person wahrscheinlich an einer Blutvergiftung als Verletzungsfolge verstorben. Gut, aber in Fehlstellung verheilte Knochenbrüche belegen, dass trotz körperlicher Beeinträchtigung ein Überleben in der Jungsteinzeit möglich war (Abb. 6b). Dies wird als Indiz für eine fürsorgliche, altruistische Gesellschaft gewertet. Gerade die erwähnten Fälle waren sicherlich auf Unterstützung angewiesen und konnten ihren Beitrag in der Gemeinschaft kaum oder nur eingeschränkt leisten. Hätten sie keine Hilfe von anderen Personen erfahren, wären sie wohl früher verstorben und die Knochen würden nicht die fortgeschrittenen Veränderungen aufweisen.

31 Siebke et al. 2019, Tab. 5.
32 Meyer/Alt 2012, 119.

Abb. 6: Oberbipp, Steingasse. Krankhafte Veränderungen: a Oberschenkelknochen mit stark entzündlicher Veränderung und Eiteraustrittsstelle (Pfeil); b Verheilte Fraktur eines rechten Schlüsselbeinfragments. Die Bruchkanten sind fehlerhaft verwachsen (Pfeil); c Zahn mit deutlicher Karies (Pfeil); d Zwei Brustwirbel mit belastungsbedingter Knochenneubildung (Pfeil).

2

Chronologie und Sequenz der Bestattungen. Radiokarbondatierungen der Oberschenkel und Schädel aus der Grabkammer des Dolmens von Oberbipp

NOAH STEURI, SÖNKE SZIDAT UND ALBERT HAFNER

Durch die archäologische Auswertung der Bestattungen konnten keine unterschiedlichen Nutzungsphasen innerhalb der Grabkammer differenziert werden. Die typologische Ansprache der Fundobjekte und die Konstruktion der Grabanlage erlaubten eine Datierung der Bestattungen in das ausgehende 4. oder das 3. Jahrtausend v. Chr. (Ramstein et al. 2020).[33] Megalithische Kollektivgräber wie der Dolmen von Oberbipp wurden oft über Jahrhunderte wiederverwendet.[34] Chronologische Fragestellungen zu den Bestattungen konnten daher nur mittels multipler Radiokarbondatierungen bearbeitet werden. Fragmente gleicher Knochenelemente (rechter Oberschenkelknochen, lat. *femur*, und das Felsenbein, lat. *pars petrosa*) wurden von mehreren Radiokarbonlabors analysiert. Diese Vorgehensweise verfolgte zwei konkrete Ziele: erstens die generelle Datierung der Dolmennutzung und zweitens das Erstellen einer Sequenz der jeweiligen Bestattungen. Dadurch sollte geklärt werden, ob ein oder mehrere Beisetzungsereignisse hinter dem archäologischen Befund standen.

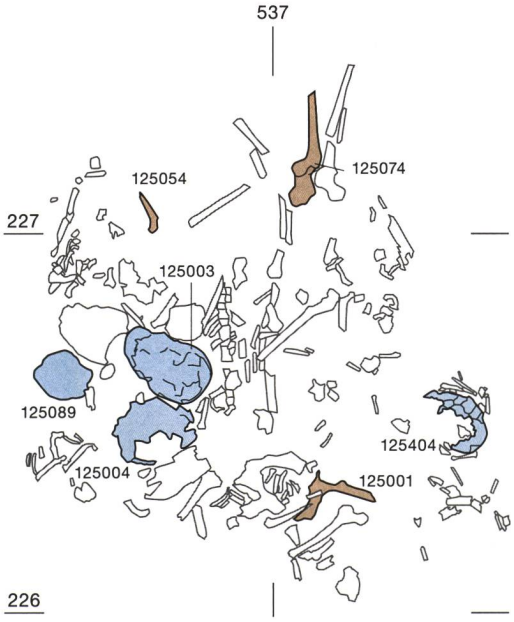


Abb. 7: Oberbipp, Steingasse. Planzeichnung der obersten Bergungsgruppe der Knochen mit jeweiligen Fundnummern innerhalb der Grabkammer des Dolmens. Die Oberschenkelknochen sind braun und die Schädel hellblau eingefärbt.

2.1

Methode

Aufgrund von Verlagerungen war es in der Grablegungsschicht meist nicht möglich, grössere Skelettpartien oder mehrere Knochen einzelnen Bestattungen zuzuordnen, insbesondere im oberen Bereich (Abb. 7, Kap. 1.3). Diese Fundsituation verunmöglichte eine gezielte Beprobung einzelner Individuen.[35] Daraus resultierte die Notwendigkeit, möglichst alle Bestattungen durch die Beprobung bestimmter Skelettelemente zu fassen. Es wurde entschieden, die Radiokarbondatierungen jeweils an den rechten Oberschenkelknochen, dem häufigsten Skelettelement (Kap. 1.6), und parallel an den rechten Felsenbeinen des Schädels durchzuführen. Beide eignen sich besonders für biochemische Analysen, da aufgrund der Knochendicke eine relativ gute Erhaltung zu erwarten ist. Die 32 rechten *femora* repräsentieren einen Grossteil des Bestattungskollektivs (n=42),[36] wohingegen durch die Beprobung der Felsenbeine (n=23) zusätzliche Informationen über ein und dasselbe Individuum via stabile Isotopenanalyse (Kap. 3) und molekulargenetische Analysen (Kap. 4) gewonnen werden konnten.

Für die Bearbeitung der chronologischen Fragestellungen, insbesondere über den Nutzungszeitraum und die Bestattungsintensität zu verschiedenen Zeiten, war eine möglichst breit abgestützte Datengrundlage entscheidend. Daher wurde zusätzlich jeder der *femora* mehrfach beprobt und in mehreren Labors datiert. Das LARA Bern[37] und das CEZA Mannheim[38] führ-

33 Ramstein/Schimmelpfennig/Lösch 2014, 13.
34 Beispielsweise wurden die neolithischen Bestattungen der Dolmen MI und MVI von Sion VS, Petit-Chasseur in der Glockenbecher- und Frühbronzezeit ausgeräumt und die Grabkammern anschliessend wiederverwendet. Vgl. Bocksberger 1978, 147–159; Stöckli/Moinat 1995, 244–247.
35 Bei dem ungestörten, spätneolithischen Kollektivgrab von Spreitenbach AG, Moosweg war es im Befund möglich, die einzelnen Skelette klar voneinander zu trennen und über die Stratigrafie eine zeitliche Abfolge der Bestattungsereignisse zu rekonstruieren. Dadurch konnten die jeweiligen Radiokarbondatierungen eindeutig mit den stratigrafischen Gegebenheiten verknüpft und entsprechend modelliert werden. Vgl. Doppler et al. 2012, 87–97.
36 Aufgrund der Erhaltungsbedingungen konnten die restlichen rechten *femora* (n=10) nicht beprobt werden. Vgl. Siebke et al. 2018.
37 Laboratory for the Analysis of Radiocarbon with AMS der Universität Bern.
38 Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie GmbH, Mannheim.

ten Radiokarbondatierungen an allen Proben durch, während das ORAU Oxford[39] zur Verifizierung von elf Proben einbezogen wurde, bei welchen eine Diskrepanz zwischen dem LARA und dem CEZA aufgetreten war.[40] Die Radiokarbondatierungen der Schädelfragmente wurden durch Einzel- und Mehrfachdatierungen am LARA Bern sowie einzelne Datierungen am CEZA Mannheim durchgeführt.

2.2 Radiokarbondatierungen der *femora*

Aus den 32 analysierten *femora*-Proben konnte das LARA Bern 23 und das CEZA Mannheim 20 valide Radiokarbondatierungen generieren.[41] Das ORAU Oxford erzielte neun verwertbare Ergebnisse aus den elf erhaltenen Proben. Dies ergab 29 datierte *femora*, von denen 18 durch Vergleichsmessungen von mindestens zwei Labors bestätigt wurden. 26 dieser Proben können dem Zeitraum von 3350 bis 2950 v. Chr. zugeordnet werden. Genau in dieser Periode weist die Kalibrationskurve (IntCal13)[42] ein Plateau auf.[43] Deshalb können diese *femora* trotz der qualitativ sehr guten Rohdaten nur in diesen relativ langen Zeitabschnitt datiert werden. Die verbleibenden drei *femora* stammen aus dem Zeitraum von 2900 bis 2650 v. Chr. und indizieren eine jüngere Bestattungsphase innerhalb der Grabkammer. Dies wurde von allen drei Radiokarbonlabors bestätigt.

2.3 Radiokarbondatierungen der Schädel

Von den 23 *partes petrosae* und damit assoziierten Schädelfragmenten wurden insgesamt 64 Radiokarbondatierungen in Bern und Mannheim durchgeführt: 51 Proben wurden am LARA Bern gemessen, davon erfüllten 35 die Qualitätskriterien. Das CEZA Mannheim lieferte vier valide Datierungen von 13 eingesandten Proben.

Von diesen insgesamt 39 verwertbaren Radiokarbonanalysen stammen knapp 80 Prozent (n=31) aus dem Zeitraum von 3350 bis 2950 v. Chr., vergleichbar mit den Datierungen der *femora*. Von den übrigen Resultaten weisen zwei *partes petrosae* (125112 und 126729) eine leicht ältere Datierungszeitspanne auf: Sie zeigen Daten, die auf einen Zeitraum von 3500 bis 3100 v. Chr. hindeuten. Von einer älteren Bestattungsphase ist aber allein aufgrund dieser geringen Abweichung nicht auszugehen. Die verbleibenden beiden Felsenbein-Proben (125128 und 126463) datieren in den Zeitraum von 2900 bis 2700 v. Chr. Diese beiden Proben stammen jedoch von demselben Individuum, wie die aDNA-Analysen ergaben (Kap. 4.6). Somit korreliert dieses Resultat mit den Datierungen der drei *femora*, welche die jüngere Bestattungsphase bilden.

2.4 Auswertung der Datierungen

Die chronologische Analyse der Bestattungen basiert auf der aussergewöhnlich hohen Anzahl (n=79) durchgeführter Radiokarbondatierungen an *femora*. Von den mindestens 42 Individuen innerhalb der Grabkammer ist für 69 % (n=29) mindestens eine verwertbare Datierung verfügbar. Fast 90 % der *femora* datieren zwischen 3350 und 2950 v. Chr. Durch die unabhängigen Resultate verschiedener Labors konnten aber mindestens drei Individuen einer deutlich jüngeren Periode (zwischen 2900 und 2650 v. Chr.) zugeordnet werden. Die Auswertung der Datierungen der Felsenbeine bestätigt dies. Eine Zuordnung der Schädelteile zu den rechten Oberschenkelknochen ist nicht möglich, sodass keine gemeinsame Betrachtung aller Datierungen erfolgen kann.

Die beiden unterschiedlichen Belegungsphasen werden in Abb. 8 und 9 verdeutlicht: Der sogenannte Multiplot (Abb. 8) zeigt ein sehr homogenes Bild mit Ausnahme von drei *femora* (125121-1, 125122 und 125434) und einer *pars petrosa* (Kombination der Proben von 125128 und 126463). Die grafische Darstellung als sogenannter Curveplot (Abb. 9) illustriert die deutliche Abgrenzung dieser vier Knochen zusätzlich.

39 Oxford Radiocarbon Accelerator Unit der University of Oxford.
40 Einzelheiten zu diesem Vorgehen werden in Steuri et al. 2019 erläutert.
41 Vollständige Auflistung und Auswertung der Resultate der *femora* bei Steuri et al. 2019.
42 Reimer et al. 2013, 1869–1887.
43 Mit einem Plateau ist ein relativ flacher Abschnitt im Verlauf der Kalibrationskurve des ^{14}C-Verfalls gemeint. Objekte, deren Alter in diesen Bereich zu liegen kommen, weisen alle einen ähnlichen ^{14}C-Wert auf und können deswegen nicht exakt datiert werden.

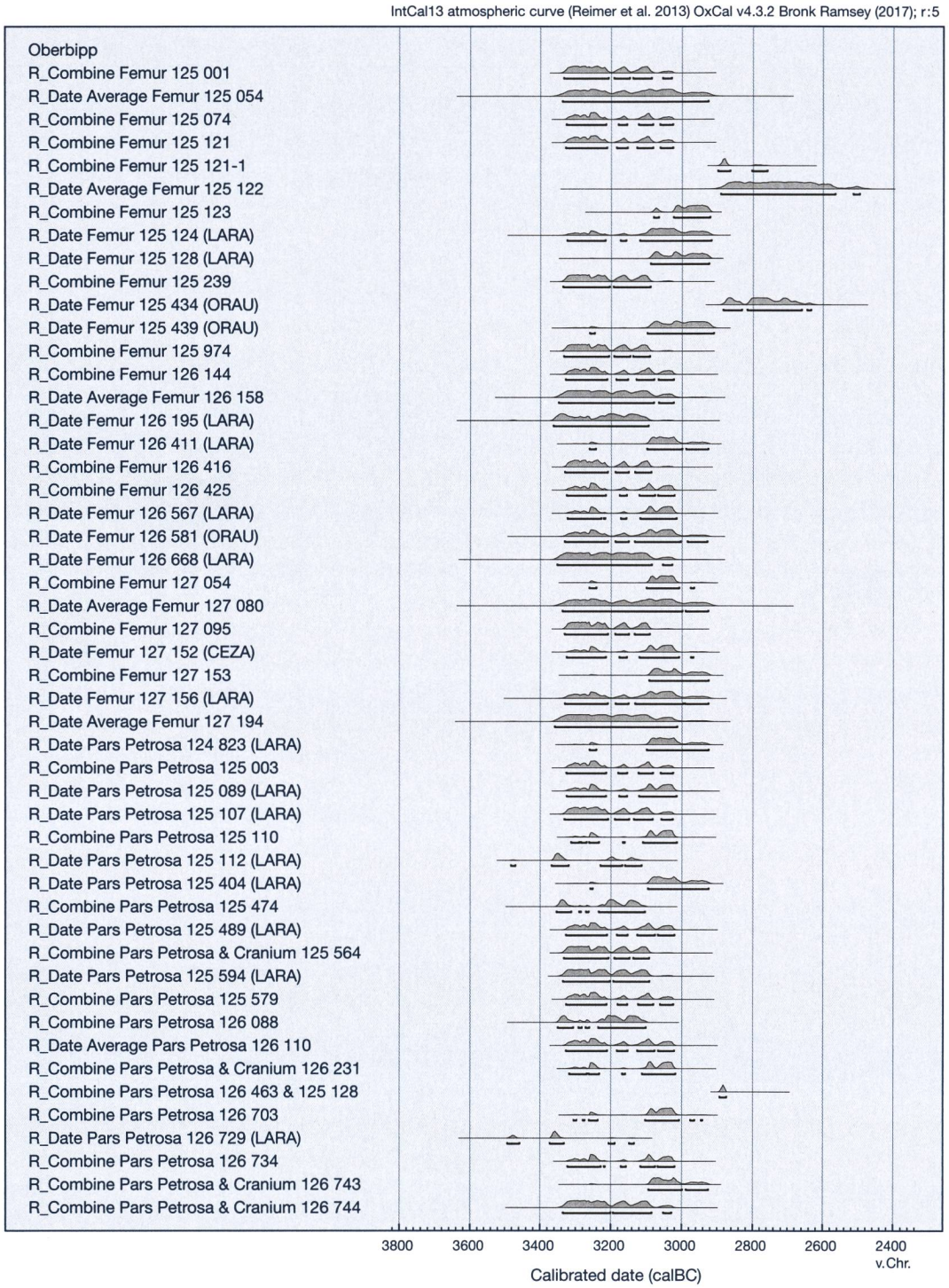


Abb. 8: Oberbipp, Steingasse. Multiplot-Darstellung der validen Radiokarbondatierungen der Oberschenkel (n=52) und Schädelfragmente (n=39). Sofern mehrere Datierungen desselben Knochens verfügbar waren, wurden die Resultate (mit der Funktion Combine) zusammengefasst. Abbildung erstellt mit der Software OxCal v4.3 (Bronk Ramsey 2017). Es handelt sich um kalibrierte Daten vor Christus (calBC).

2.5

Aussagen zur Belegung

Über 60 Prozent (n=26) der Individuen aus der Grablegungsschicht des Dolmens von Oberbipp lassen sich der Zeitspanne von 3350 bis 2950 v. Chr. zuordnen. Diese lange Periode von 400 Jahren könnte aber eine Vielzahl unterschiedlicher Bestattungsphasen beinhalten. Aufgrund des Plateaus in der Kalibrationskurve sind in diesem Zeitabschnitt keine präziseren Datierungen möglich. Mit dem Einbezug der Ergebnisse der Genomanalysen, insbesondere der Verwandtschaftsgrade der Bestattungen (Kap. 4.6), wird dies in der Synthese zu den archäobiologischen Untersuchungen nochmals aufgegriffen (Kap. 5).

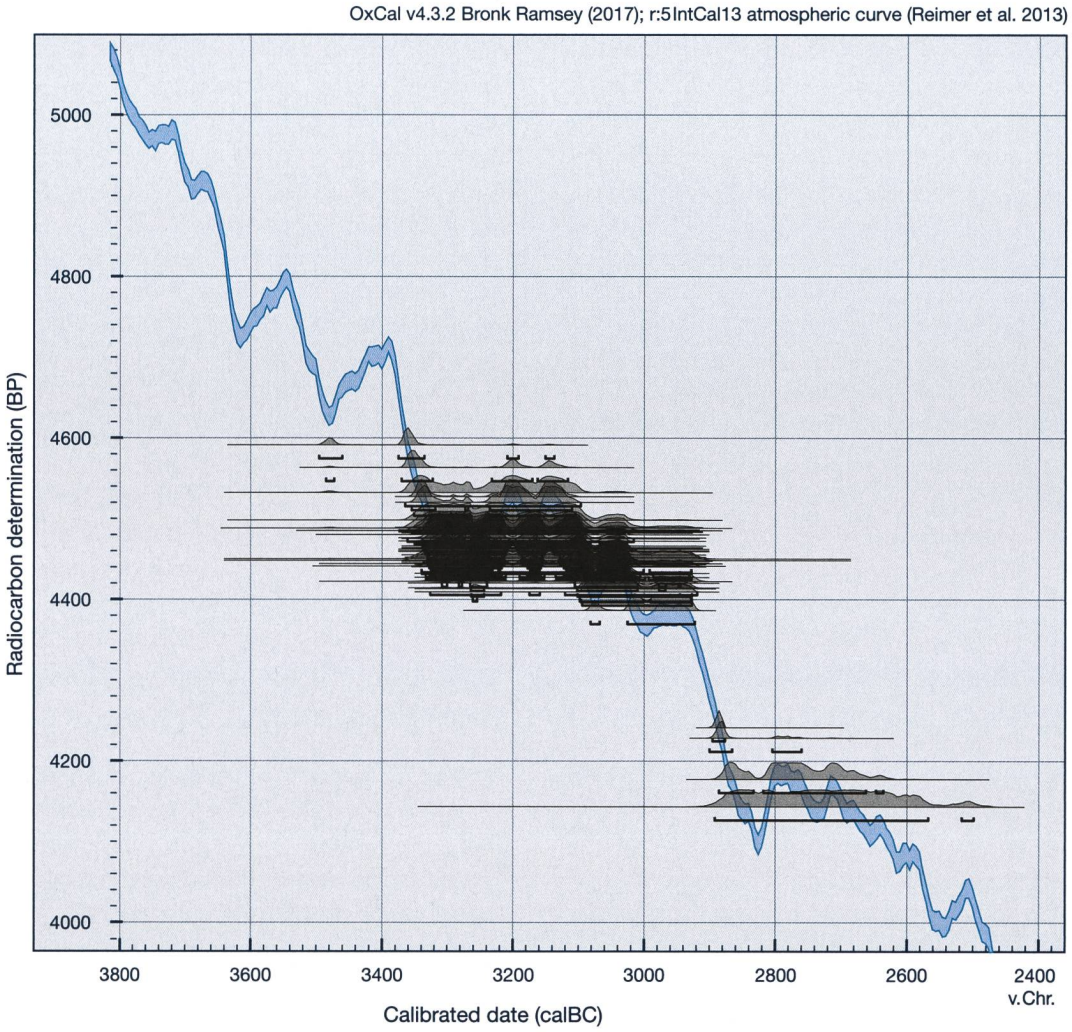


Abb. 9: Oberbipp, Steingasse. Curveplot-Darstellung der validen Radiokarbondatierungen der Oberschenkel (n=52) und Schädelfragmente (n=39) von Abb. 8. Sofern mehrere Datierungen desselben Knochens verfügbar waren, wurden die Resultate zusammengefasst. Abbildung erstellt mit der Software OxCal v4.3 (Bronk Ramsey 2017). Es handelt sich um unkalibrierte Daten before present (BP, y-Achse) und kalibrierte Daten vor Christus (calBC, x-Achse).

Bemerkenswert ist die Entdeckung von jüngeren Individuen innerhalb der Grablegung, welche ohne die systematische Datierungsstrategie wahrscheinlich übersehen worden wären. Es kann diskutiert werden, ob die Radiokarbondatierungen von vier Knochen genügen, um die Existenz einer zweiten Bestattungsphase anzunehmen – gerade im Hinblick auf die zahlreichen Störungen der Grablegungsschicht (vgl. Ramstein et al. 2020). Es ist undenkbar, dass drei *femora* und eine *pars petrosa* aus derselben jüngeren Periode zufälligerweise in die Grabkammer gelangten. Die logische Schlussfolgerung ist daher, dass mindestens drei Individuen in Form einer jüngeren Benutzungsphase in die Grabkammer kamen und direkt auf den Überresten der früheren Bestattungen platziert wurden. Die Fundlage der drei Oberschenkelknochen im oberen Bereich der Grablegungsschicht unterstützt diese These. Unklar bleibt jedoch, wie stark die Störereignisse diese jüngere Bestattungsphase tangierten (vgl. Ramstein et al. 2020), und ob beziehungsweise wie viele weitere menschliche Knochen aus der Kammer durch menschliche oder natürliche Eingriffe entfernt wurden.

3

Ernährung und Herkunft der Menschen von Oberbipp

INGA SIEBKE UND SANDRA LÖSCH

Zur Untersuchung der Lebensweise vergangener Kulturen gehört heute die Rekonstruktion der Ernährung mithilfe von biochemischen Methoden im Labor. Konnte man früher nur indirekt Informationen über die Ernährung der jungsteinzeitlichen Menschen gewinnen, indem man die gefundenen Tierknochen, botanischen Reste und Werkzeuge untersuchte, so stellen

menschliche Knochen heute eine umfangreiche Zeitkapsel dar, aus der dank biochemischer Verfahren Informationen über eine Person gewonnen werden können.[44] Die Untersuchung stabiler Isotope kann dabei Kenntnisse über den Anteil an Kohlenhydraten und tierischer Proteine in der Nahrung liefern. Auf diese Weise lassen sich direkte Rückschlüsse auf die Kost der Menschen, aber auch indirekte Hinweise auf die Sozialstruktur und die Wirtschaftsweise vergangener Kulturen gewinnen. Da tierische Produkte in der Erwirtschaftung energetisch weit aufwendiger sind als pflanzliche, wird eine Ernährung mit viel tierischen Proteinen oft als Hinweis auf die hohe Sozialstellung einer Person interpretiert.[45] Ein hoher Anteil an tierischen Produkten in der Nahrung einer ganzen Bevölkerungsgruppe kann hingegen auf eine gut funktionierende Viehwirtschaft hindeuten und *vice versa* auf Ackerbau als Hauptwirtschaftsgrundlage.[46]

Die Analyse verschiedener stabiler Isotopenverhältnisse wurde genutzt, um folgende Fragen näher zu beleuchten:

- Wie haben sich die Oberbipper im Neolithikum ernährt?
- Welche Rückschlüsse lassen sich anhand der Daten auf die Sozialstruktur der Gemeinschaft ziehen?
- Wie passen die Isotopenwerte zu den Kariesintensitäten der Oberbipper Bauern?
- Können Rückschlüsse auf die Wirtschaftsweise gezogen werden?
- Stammten die im Dolmen bestatteten Menschen aus Oberbipp oder aus anderen Regionen?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden die Ergebnisse aus dem Dolmen Oberbipp, Steingasse mit Material aus anderen schweizerischen und europäischen Fundstellen verglichen.

3.1

Grundlagen der stabilen Isotopenuntersuchungen

Bei Isotopen handelt es sich um unterschiedliche Formen eines Elements.[47] Diese haben dieselben chemischen und physikalischen Eigenschaften, unterscheiden sich aber in der Anzahl an Neutronen im Atomkern und somit geringfügig in ihrem Gewicht. Daher spricht man auch von dem leichten und dem schweren Isotop eines Elements. Bleibt die Anzahl an Neutronen im Atomkern immer gleich, spricht man von stabilen Isotopen, während radioaktive Isotope, wie zum Beispiel ^{14}C, welches die Grundlage der Radiokarbondatierung bildet, dem physikalischen Gesetz des Zerfalls unterliegen und sich somit über die Zeit verändern.

Für die Rekonstruktion von Ernährungsweisen und Migration werden ausschliesslich stabile Isotope untersucht. Die verschiedenen stabilen Isotope eines Elements kommen in unterschiedlicher Anzahl, aber im konstanten Verhältnis zueinander in der Atmosphäre oder der Umwelt vor. Durch ihr unterschiedliches Gewicht kann das Verhältnis vom schweren zum leichten, wie etwa bei den Kohlenstoffisotopen ^{13}C zu ^{12}C, ermittelt werden. Lebewesen wie Pflanzen, Tiere und auch der Mensch nehmen über die Nahrung und die Atemluft die verschiedenen Isotope auf und bauen sie in ihre eigenen Körper als Grundbausteine ein, unter anderem auch im Knochenkollagen, einem Hauptbestandteil von Knochen. Beim Einbau in die körpereigenen Strukturen wird das Isotopenverhältnis im Vergleich zur Quelle verändert, was man als Trophiestufeneffekt bezeichnet.[48] Dies bedeutet, dass Tiere, die ausschliesslich eine Nahrungsquelle haben, im Verhältnis zu dieser ein erhöhtes, sehr spezifisches und gleichbleibendes Isotopenverhältnis aufweisen. Die unterschiedlichen Essgewohnheiten und Nahrungsquellen von prähistorischen Menschen spiegeln sich daher in der Isotopen-Zusammensetzung ihres Knochenkollagens heute noch als Mischverhältnis wider.

3.2

Hinweise zu Mobilität mittels Schwefelisotopen

Schwefelisotope liefern Hinweise zu Migration und Wanderungsbewegungen, da sie aus dem lokalen Gestein gewaschen werden und so in die Nahrungskette gelangen. Die Schwefelisotope von Menschen, die sich ein Leben lang an

44 Landis/Lösch 2018, 61–63; Marti-Grädel/Häberle/Akeret 2018, 76–99.
45 Schutkowski 2008, 157–159.
46 Cooper et al. 2019, 3219–3220.
47 Meier-Augenstein 2010, 3–35; Landis/Lösch 2018, 61–67.
48 Meier-Augenstein 2010, 29.

einem Ort aufhielten, spiegeln dies wider. Wird ein Mensch im Laufe seines Lebens an einem neuen Ort sesshaft, so wird das dortige Schwefelisotopen-Verhältnis aufgenommen und unter anderem in seinem Knochenkollagen eingebaut. So können heute Wanderungsbewegungen sozialer Gruppen und einzelner Personen mithilfe von lokalen Vergleichsproben untersucht werden. Können verschiedene Bestattungen eines Fundortes zeitlich differenziert werden, lassen sich anhand der Schwefelisotope möglicherweise Hinweise auf Mobilität feststellen. Weisen beispielsweise die chronologisch ältesten Personen deutlich andere Schwefelwerte auf als die lokal typischen, während die Schwefelwerte der chronologisch jüngeren Personen im lokal typischen Rahmen liegen, lassen sich die früheren Bestattungen als eingewanderte Gründerpopulation[49] interpretieren. Haben hingegen auffällig viele Frauen oder Männer aus den jüngeren Phasen abweichende Schwefelwerte, weist dies auf Patrilokalität respektive Matrilokalität hin, also auf ortsansässige Männer, die Beziehungen mit Frauen aus anderen Regionen eingingen, und *vice versa*.

3.3

Die Analyse der stabilen Isotope der Skelette aus Oberbipp

Für die Ernährungsrekonstruktion und die Untersuchung von Migration der Menschen aus dem Dolmen von Oberbipp wurden Proben von 23 Personen (*pars petrosa*/rechte Felsenbeine) genommen, zusätzlich auch der Oberschenkelknochen eines Neonaten (Abb. 10).[50] Da im Dolmen von Oberbipp nur wenige Tierknochen gefunden wurden, wurden zusätzlich noch Tierknochen aus ähnlich datierten Siedlungsschichten der Seeufersiedlung Twann, Bahnhof, für die Auswertung der Isotopendaten herangezogen. Insgesamt wurden 60 Tierknochen einbezogen.[51] Um das Verhältnis der verschiedenen Isotope aus dem Knochenkollagen herauslesen zu können und somit Informationen über die Ernährung und mögliche Migration einer Person zu gewinnen, wurde etwa 500 mg eines Knochens mit Wasser gereinigt, getrocknet und mechanisch zu Knochenpulver zerkleinert. Mithilfe von Säuren und Laugen wurde in mehreren Schritten das Kollagen aus dem Knochenpulver herausgelöst. Im Anschluss können die Isotopenverhältnisse, die im Kollagen als Grundbausteine gespeichert sind, gemessen werden. Dafür wird das Isotopenverhältnis von Kohlenstoff ($^{13}C/^{12}C$), Stickstoff ($^{15}N/^{14}N$) und Schwefel ($^{34}S/^{32}S$) vom Isotopenverhältnis-Massenspektrometer im Vergleich zu einem internationalen Standard gemessen.[52] Das Ergebnis wird in Deltanotation (δ) in Promille (‰) angegeben.[53] Um sicherzugehen, dass nur Werte analysiert werden, die nicht durch die Verwitterung des Knochens beeinflusst sind, werden die Ergebnisse auf verschiedene Qualitätsmerkmale hin untersucht.[54] So haben 18 der ursprünglich 23 Proben Messergebnisse von gut erhaltenem Kollagen für Kohlenstoff ($\delta^{13}C$) und Stickstoff ($\delta^{15}N$) geliefert, zwei weitere Proben wiesen eine zu schlechte Erhaltung für die Schwefelisotope ($\delta^{34}S$) auf, sodass für die Auswertung 16 Proben zur Verfügung standen. Von den Tierknochen lieferten alle 60 Proben gut erhaltenes Kollagen für Kohlenstoff und Stickstoff und 47 Proben für die Auswertung der Schwefelisotope. Die Auswertung der Daten erfolgte im Vergleich zu weiteren spätneolithischen bis frühbronzezeitlichen Schweizer (Abb. 11) und europäischen Fundorten.[55]

3.4

Wie haben sich die neolithischen Menschen von Oberbipp ernährt?

Der Anteil an tierischen Produkten, wie Fleisch und Milchprodukte, in der Nahrung von Menschen kann über das Verhältnis der Stickstoffisotope ($^{15}N/^{14}N$) untersucht werden. Dabei gilt: Je höher der Wert, desto mehr tierische Produkte nahm ein Mensch zu sich. Hierfür ist es jedoch wichtig, das Stickstoffisotopen-Verhältnis der verspeisten Tiere zu kennen, um so das Ergebnis der menschlichen Daten in Relation setzen zu können. Der Anteil an pflanzlicher Nahrung und Pflanzentypen, die konsumiert

49 Moghaddam et al. 2016, 156.
50 Eine ausführliche Dokumentation der Probenaufbereitung gibt es bei Siebke et al. (in Vorbereitung).
51 Die Rohdaten der Tierknochen sind im Artikel Siebke et al. (in Vorbereitung).
52 Fry 2006, 21–39.
53 Fry 2006, 21–39.
54 Ambrose 1990, 440–441; Van Klinken 1999, 691; DeNiro 1985, 807.
55 Siebke et al. (in Vorbereitung).

Rohdaten, Isotopenergebnisse und C14-Datierungen

Probennummer	biolog. Alter	Geschlecht	beprobtes Skelettelement	Knochenmehl (g)	Kollagenausbeute (g)	Kollagenanteil (%)	$\delta^{13}C$ (‰) V-PDB	$\delta^{15}N$ (‰) AIR	$\delta^{34}S$ (‰) V-CDT	% C
OB 126 744	unbestimmt	männlich	Felsenbein	0,5001	0,0257	5,14	-20,91	9,25	3,97	41,3
OB 126 743	unbestimmt	männlich	Felsenbein	0,5001	0,0257	5,14	-21,14	8,65	4,78	41,0
OB 126 231	unbestimmt	männlich	Felsenbein	0,5000	0,0271	5,42	-20,95	8,96	3,02	40,1
OB 126 088*	unbestimmt	männlich	Felsenbein	0,6865	–	–	kein Kollagen			
OB 125 594	unbestimmt	männlich	Felsenbein	0,5000	0,0095	1,90	-21,08	9,52	3,37	42,4
OB 125 564	unbestimmt	männlich	Felsenbein	0,4999	0,0084	1,68	-21,15	9,39	4,11	35,8
OB 125 489	unbestimmt	weiblich	Felsenbein	0,4999	0,0090	1,80	-21,08	8,80	4,30	35,5
OB 125 474	unbestimmt	männlich	Felsenbein	0,5002	0,0155	3,10	-20,98	9,59	3,31	38,7
OB 125 404*	unbestimmt	weiblich	Felsenbein	1,0002	–	–	kein Kollagen			
OB 125 107	unbestimmt	weiblich	Felsenbein	0,5002	0,0286	5,72	-20,84	9,47	3,98	42,0
OB 125 089	unbestimmt	weiblich	Felsenbein	0,5002	0,0178	3,56	-20,99	9,85	4,09	35,8
OB 125 004	unbestimmt	männlich	Felsenbein	0,5000	0,0351	7,02	-20,83	10,12	5,39	34,9
OB 124 823*	unbestimmt	männlich	Felsenbein	1,0001	0,0023	0,23	zu wenig Kollagen			
OB 125 003	unbestimmt	unbestimmt	Felsenbein	0,5001	0,0325	6,50	-20,72	9,76	4,86	40,7
OB 125 110	unbestimmt	männlich	Felsenbein	0,5003	0,0145	2,90	-21,24	9,82	5,94	37,2
OB 125 112	unbestimmt	unbestimmt	Felsenbein	0,5003	0,0146	2,92	-21,13	10,00	5,40	42,1
OB 125 128/ 126 463	unbestimmt	weiblich	Felsenbein	0,5002	0,0268	5,36	-20,57	10,27	6,64	41,7
OB 125 579	unbestimmt	weiblich	Felsenbein	0,5000	0,0236	4,72	-20,81	9,56	6,96	38,7
OB 126 110	unbestimmt	weiblich	Felsenbein	0,5002	0,0205	4,10	-20,75	10,52	5,39	40,9
OB 126 703/ 126 734*	unbestimmt	weiblich	Felsenbein	0,5000	0,0287	5,73	-20,96	9,39	5,87	40,7
OB 126 729*	unbestimmt	männlich	Felsenbein	0,5003	0,0216	4,32	-21,02	10,20	4,90	37,5
OB 127 145*	unbestimmt	männlich	Felsenbein	0,5762	0,0018	0,31	zu wenig Kollagen			
OB 126 411*	neugeboren	männlich	Oberschenkel	0,5001	0,0309	6,18	-20,82	9,79	4,75	*27,4*

Abb. 10: Oberbipp, Steingasse. Ergebnisse der Kollagenextraktion aus den Knochen der im Dolmen bestatteten Personen. * = Proben wurden aufgrund von Qualitätskriterien nicht in die Auswertung einbezogen (fehlende oder kursive Daten).

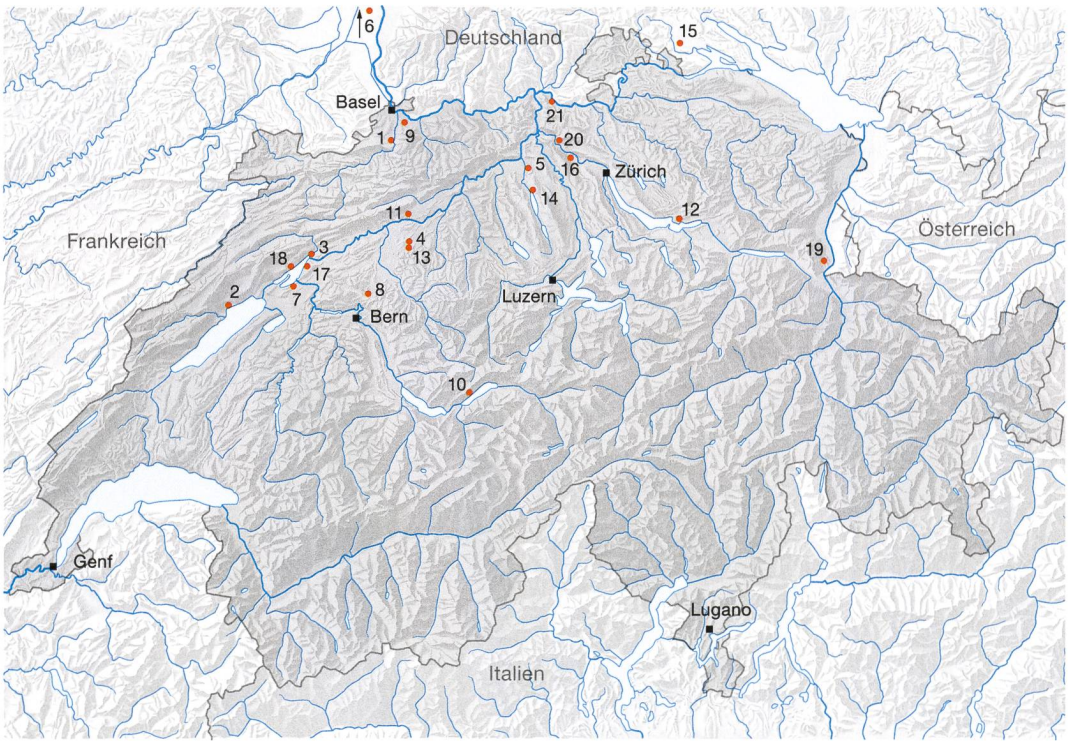


Abb. 11: Oberbipp, Steingasse. Karte mit neolithischen und frühbronzezeitlichen Fundorten, die als Vergleichsmaterial für die Isotopendaten von Oberbipp dienen. 1 Aesch BL; 2 Auvernier/Colombier NE; 3: Biel BE; 4: Burgäschisee BE/SO; 5 Lenzburg AG; 6 Lingolsheim (FR); 7 Lüscherz BE; 8 Moosseedorf BE; 9 Muttenz BL; 10 Niederried BE; 11 Oberbipp BE; 12 Rapperswil SG; 13 Seeberg BE; 14 Seengen AG; 15 Singen (DE); 16 Spreitenbach AG; 17 Sutz-Lattrigen BE; 18 Twann BE; 19 Wartau SG; 20: Wettingen AG; 21: Zurzach AG.

% N	% S	C/N	C/S	N/S	cal. ^{14}C Jahr v. Chr.
15,5	0,21	3,1	525,0	169,0	3308–2927
15,2	0,18	3,1	608,1	193,3	3264–2927
14,5	0,20	3,2	535,3	166,0	3326–2933
					3353–3103
14,9	0,20	3,3	566,0	170,5	3339–3095
12,6	0,20	3,3	477,9	144,2	3340–3092
12,8	0,20	3,2	473,9	146,5	3331–3024
14,5	0,19	3,1	543,8	174,7	3358–3104
					3262–2928
15,3	0,20	3,2	560,6	175,1	3335–3029
13,2	0,20	3,2	477,9	151,1	3329–3018
12,6	0,23	3,2	405,1	125,4	3350–2931
					–
14,7	0,20	3,2	543,3	168,3	3330–3023
13,5	0,19	3,2	522,7	162,7	3263–2928
14,6	0,18	3,4	624,4	185,7	3486–3117
15,2	0,19	3,2	604,7	189,2	2914–2761
14,0	0,15	3,2	688,8	213,7	3330–3022
15,0	0,16	3,2	682,4	214,6	3263–2928
15,1	*0,14*	3,2	775,1	246,1	3331–3023
13,1	*0,14*	3,3	715,1	214,2	3496–3138
					–
10,1	0,19	3,2	385,0	121,7	3264–2928

wurden, kann hingegen über das Verhältnis von Kohlenstoffisotopen ($^{13}C/^{12}C$) rekonstruiert werden.

Die Auswertung der stabilen Isotopenverhältnisse von Kohlenstoff lieferte den Hinweis, dass die Menschen aus Oberbipp von ortstypischen Pflanzen und Getreide als Nahrungsgrundlage lebten (Abb. 12). Der Verzehr von Pflanzen wie Hirse konnte nicht nachgewiesen werden, dies passt zu den Beobachtungen, dass deren gezielte Nutzung in der Schweiz erst in der späten Bronzezeit aufgekommen zu sein scheint.[56] Der Anteil an tierischen Produkten in der Nahrung der Oberbipper Bevölkerung fällt ähnlich hoch aus wie bei Menschen aus anderen spätneolithischen Fundorten Europas.[57] Allerdings zeigen die Menschen, die im Dolmen von Aesch BL, Chlus Tschäpperli bestattet worden waren, um einiges höhere Stickstoffisotopen-Werte, was auf mehr tierische Produkte in der Nahrung hinweist. Wir gehen daher davon aus, dass die Oberbipper im Vergleich seltener Fleisch und andere tierische Produkte assen. Da die neolithischen Menschen meist noch nicht in der Lage waren, im Erwachsenenalter Laktose (Milchzucker) zu verdauen,[58] muss davon ausgegangen werden, dass Milch überwiegend in verarbeiteter Form konsumiert wurde. Die Analysen von Scherben aus Arbon TG, Bleiche 3 und Hornstaad-Hörnle (DE)[59] liefern Hinweise dafür, dass Milch schon im Neolithikum erhitzt wurde, möglicherweise zur Käseherstellung. Bei diesem Prozess wird die Laktose grösstenteils zerstört und die Produkte können meist ohne grössere Verdauungsprobleme gegessen werden.

Schwefelisotope werden über das Trinkwasser und die Nahrung aufgenommen; das Verhältnis von ^{34}S zu ^{32}S kann insbesondere Hinweise über die geografisch-geologische Region oder zum Verzehr von im Wasser lebenden Tieren liefern. Ob jedoch Fisch und andere Süsswasserlebewesen regelmässig auf dem Speiseplan der Oberbipper Bevölkerung standen, kann anhand der vorliegenden Schwefelisotope derzeit nicht geklärt werden. Dass solche in dieser Zeit sicherlich regelmässig verzehrt wurden, bezeugen zahlreiche Fischgräten sowie Angelzubehör aus Siedlungskontexten.[60] Mit der Isotopenanalyse von Fischgräten könnte der Anteil an Fisch in der Nahrung in Zukunft biochemisch untersucht werden.

3.5

Welche Rückschlüsse lassen sich anhand der Daten über die Sozialstruktur der Gemeinschaft ziehen?

Die Werte der Stickstoffisotope der im Dolmen von Oberbipp Bestatteten zeigen keinen deutlichen Unterschied zwischen den Geschlechtern mit $\delta^{15}N$=9,5‰±0,5 bei Männern und $\delta^{15}N$=9,7‰±0,6 bei Frauen. Der leicht höhere durchschnittliche Wert bei den Frauen (Abb. 12) könnte zwar auf einen etwas höheren Fleischkonsum der Frauen hindeuten, jedoch könnte auch der unterschiedliche Stoffwechsel von Frauen während der Schwangerschaft, der

56 Varalli et al. 2018.
57 Siebke et al. (in Vorbereitung).
58 Mathieson et al. 2015; vgl. Kap. 4.7.
59 Spangenberg et al. 2008.
60 Suter 2013, 70–71.

δ15N- und δ13C-Werte von Männern und Frauen

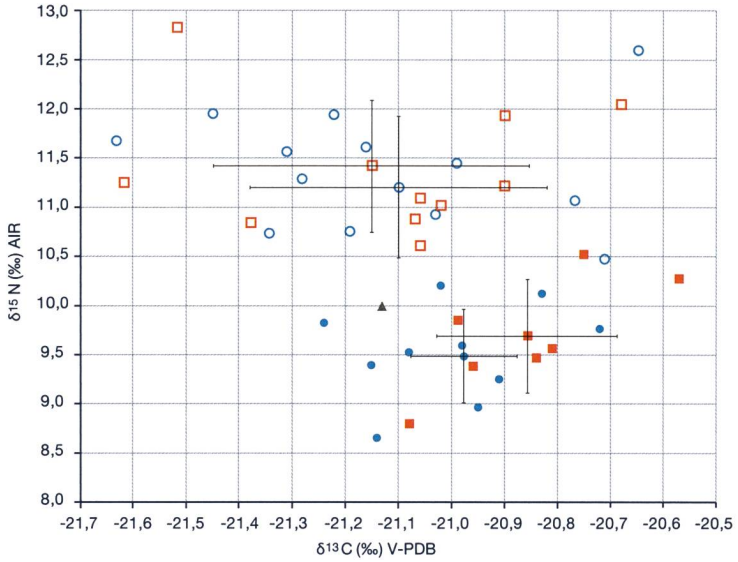


Abb. 12: Oberbipp, Steingasse. Kohlenstoff- und Stickstoffisotopen-Verhältnisse der bestatteten Frauen und Männer von Oberbipp und Aesch BL, Chlus Tschäpperli, inklusive Mittelwerte mit Standardabweichung.

Oberbipp
■ Frauen ● Männer
▲ unbestimmt
Aesch
□ Frauen ○ Männer

Stillzeit und der Menopause dafür verantwortlich sein.[61] Aufgrund des geringen Unterschieds der Daten von Frauen und Männern können wir daher davon ausgehen, dass die im Dolmen Bestatteten hinsichtlich der Ernährung gleichgestellt waren. Auch wurden für andere Schweizer und zentraleuropäische Bestattungskomplexe meist nur geringe Unterschiede im Konsum von tierischen Produkten zwischen neolithischen Männern und Frauen nachgewiesen,[62] sodass diese grundsätzlich den gleichen Zugang zu Nahrungsmitteln hatten und wir somit eine ernährungstechnische soziale Gleichstellung der Geschlechter annehmen.

δ15N- und δ13C-Werte im schweizerischen Vergleich

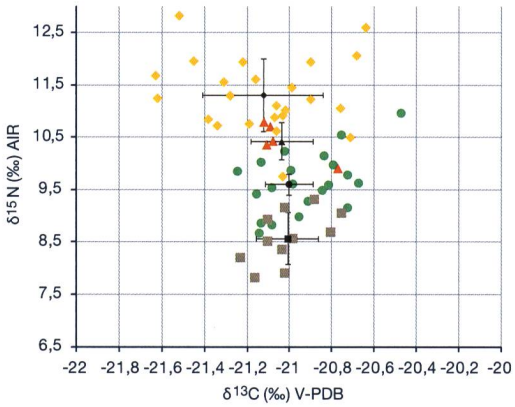


Abb. 13: Oberbipp, Steingasse. Kohlenstoff- und Stickstoffisotopen-Verhältnisse von Oberbipp im Vergleich zu Aesch BL, Muttenz BL und Spreitenbach AG, inklusive Mittelwerte mit Standardabweichung (Siebke et al. [in Vorbereitung]).

◆ Aesch
◆ Mittelwert Aesch
▲ Muttenz
▲ Mittelwert Muttenz
● Oberbipp
● Mittelwert Oberbipp
■ Spreitenbach
■ Mittelwert Spreitenbach

3.6

Wie passen die Isotopenwerte zu den Kariesintensitäten der Oberbipper?

Untersucht man die Kohlenstoffergebnisse und somit die Anteile der pflanzlichen Ernährung der Personen aus Oberbipp, kann nicht zweifelsfrei bestimmt werden, ob eine besonders kohlenhydratreiche Ernährung die Ursache für die hohe Kariesintensität ist (Kap. 1.6). Betrachtet man jedoch die Kariesintensitäten von Aesch BL, Muttenz BL, Stegacker, Spreitenbach AG, Moosweg[63] und Oberbipp und vergleicht diese mit den Stickstoffisotopen-Verhältnissen, so fällt auf, dass Aesch und Muttenz Skelettserien mit geringer Kariesintensität sind, aber deutlich höhere Stickstoffwerte ($\delta^{15}N$=11,3‰±0,7 bzw. $\delta^{15}N$=10,4‰±0,3) aufweisen. Oberbipp und Spreitenbach hingegen zeigen geringere Stickstoffisotopen-Verhältnisse ($\delta^{15}N$=9,6‰±0,5 bzw. $\delta^{15}N$=8,6‰±0,5), aber erhöhte Kariesintensitäten.[64] Aufgrund des Vergleichs der vier Skelettserien ist daher anzunehmen, dass die Menschen aus Oberbipp und Spreitenbach eine kohlenhydratreichere Kost zu sich genommen haben, was in Verbindung mit erhöhter Kariesbildung gebracht wird.[65]

3.7

Können Rückschlüsse auf die Wirtschaftsweise gezogen werden?

Eine Gesellschaft, die hauptsächlich von der Viehwirtschaft lebt, weist im Verhältnis höhere Stickstoffwerte in den Analysewerten auf als eine Gesellschaft, die Ackerbau betreibt.[66] Vergleicht man nun die Isotopenergebnisse von Oberbipp mit den anderen Fundorten der Schweiz, so liegen die Stickstoffwerte der Oberbipper im mittleren Bereich (Abb. 13) zwischen den Fundorten nördlich des Juras (Aesch BL, Muttenz BL, Zurzach AG, Himmelreich) und den Fundorten aus dem östlichen Mittelland (Rapperswil

61 Fuller et al. 2004; Manolagas 2000, 125–127.
62 Siebke et al. (in Vorbereitung).
63 Meyer/Alt 2012, 119–120.
64 Siebke et al. (in Vorbereitung).
65 Marthaler 1981, 174–176.
66 Cooper et al. 2019; Fernández-Crespo et al. 2019. Unter der Annahme, dass die selbst produzierten Produkte auch hauptsächlich konsumiert wurden.

SG, Kempraten, Spreitenbach AG, Wartau SG, Gretschins, Obere Höhle «Procha Burg»).[67] Gerade im Vergleich zu Aesch ist ein deutlicher Unterschied zu verzeichnen. Dies wird als Indiz dafür gesehen, dass die Bauern im Mittelland hauptsächlich Ackerbau und gemässigt Viehwirtschaft betrieben, während die Bauern von Aesch nördlich des Juras hauptsächlich von der Viehzucht und/oder der Jagd lebten.[68] Dort scheinen pflanzliche Anteile in der Nahrung eine geringere Rolle gespielt zu haben.

3.8

Stammten die im Dolmen bestatteten Menschen aus Oberbipp oder aus anderen Regionen?

Die Schwefelwerte der Oberbipper liegen im Bereich der Vergleichsdaten der Tiere von Oberbipp und Twann.[69] Während sich die Werte einiger Menschen mit den Werten der Tiere aus dem Dolmen decken, stimmen die Werte anderer Personen von Oberbipp nur mit den Tieren von Twann überein. Auch wenn es in unmittelbarer Nähe zum Dolmen archäologische Hinweise auf eine Siedlung gibt,[70] kann nicht ausgeschlossen werden, dass auch Personen oder Verwandte aus nahe gelegenen Regionen im Dolmen bestattet worden sind. Die Schwefelwerte sind charakteristisch für das Schweizer Mittelland (Abb. 14), daher gehen wir davon aus, dass die Oberbipper aus der Region oder dem Schweizer Mittelland stammten. Für Oberbipp ist es zudem schwierig, einige Personen mit etwas abweichenden Schwefelwerten als potenzielle Gründerpopulation zu interpretieren, da genauere Radiokarbondatierungen nötig wären, um die ältesten Bestattungen zu identifizieren. Deshalb können wir die Personen mit «abweichenden» Schwefelisotopenwerten derzeit lediglich als ortsfremde Personen ansprechen.

Auffallend ist, dass Frauen eine grössere Standardabweichung der Schwefeldaten zeigen als Männer. Dies könnte bedeuten, dass sie aus unterschiedlichen geografisch-geologischen Regionen stammten oder kamen und die Männer aus einer homogenen Region. Daher könnte dies als ein Hinweis für eine eher patrilokale Gesellschaftsstruktur gesehen werden, was von den molekulargenetischen Daten unterstützt wird (Kap. 4.6).

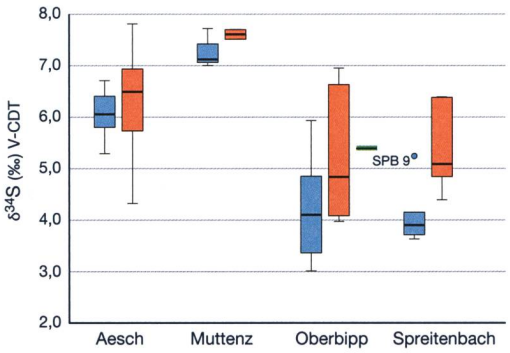


Abb. 14: Oberbipp, Steingasse. Boxplot der Schwefelisotopen-Verhältnisse verschiedener Schweizer Fundorte, inklusive Oberbipp.

- Mann
- Frau
- unbestimmt

4

Molekulargenetische Untersuchungen an den Skeletten aus dem Dolmen von Oberbipp

ANJA FURTWÄNGLER UND JOHANNES KRAUSE

Die Analysen von aDNA (ancient DNA) haben in den letzten Jahren im Forschungsbereich der Archäologie immer mehr an Bedeutung gewonnen. Sie ermöglichen einen Blick auf das Erbgut prähistorischer Populationen und lassen somit zusätzliche Rückschlüsse auf die Lebensweise lang vergangener Kulturen zu. Genetische Untersuchungen stellen somit eine zweckvolle Ergänzung zu archäologischen und anthropologischen Analysen dar.

Dank fortschreitender technischer Verbesserungen sind diese Analysen nicht mehr allein auf das nur über die mütterliche Linie vererbte mitochondriale Genom beschränkt. Die mitochondriale DNA (mtDNA) macht als Erbgut der Zellkraftwerke nur ein Bruchteil des menschlichen Genoms aus. Den weitaus grösseren Teil stellt das Genom im Zellkern dar. Aus einer Ausweitung der Analysen auf das gesamte Kerngenom ergaben sich auf diese Weise viele neue Möglichkeiten zur Beantwortung archäologischer Fragestellungen. Möglich wird dies durch die grosse Menge an Informationen, die man durch derartige genomweite Analysen erhält. Jedes analysierte Individuum liefert dabei Daten zu einer ganzen Population, die seiner Vorfahren.

67 Siebke et al. (in Vorbereitung).
68 Siebke et al. (in Vorbereitung).
69 Siebke et al. (in Vorbereitung).
70 Ramstein et al. 2020, 94–201.

Das Spektrum der möglichen Analysen in der aDNA umfasst dabei Speziesbestimmung, molekulargenetische Bestimmung des Geschlechts und der Familienverhältnisse sowie populationsgenetische Analysen hinsichtlich Migration und ethnischer respektive geografischer Herkunft. Ebenso lassen sich mittels aDNA-Untersuchung Pathologien wie Infektionskrankheiten und Erbkrankheiten nachweisen.

Das grösste Hindernis stellen dabei die geringen Mengen dar, in denen die aDNA vorliegt. Zudem wurde das Erbgut über die Zeit beschädigt. Durch eine Verfeinerung des technischen Vorgehens ist es gelungen, diesen limitierenden Faktoren entgegenzuwirken.

4.1 Grundlagen

Da Alter und Beschädigung der DNA die Analysen erschweren, kommen in der aDNA-Forschung besondere Verfahren zum Einsatz. Um Kontamination zu vermeiden, werden besonders sensible Arbeitsschritte in sogenannten Reinräumen unter Anwendung spezieller Schutzkleidung und Dekontaminationsmassnahmen durchgeführt.

Eine der bedeutendsten Entdeckungen bezüglich aDNA in den letzten Jahren war, dass das Felsenbein aDNA besonders gut konserviert. Dabei sind es vor allem Teile des Innenohrs, die eine besonders dichte Struktur haben, in denen die grössten Mengen endogener aDNA gefunden werden können. Bis zu 400-mal mehr aDNA finden sich in diesem Knochen verglichen mit anderen Teilen des Skeletts.[71]

Des Weiteren werden die Methoden in der aDNA-Forschung von NGS-Techniken (Next-Generation Sequencing) in Kombination mit gezielter Anreicherung dominiert.

Hierfür wird eine sogenannte Fragmentbibliothek (Sequencing Library) erstellt. Zuerst wird für die Extraktion, das Herauslösen der DNA aus der Probe, feines Knochenpulver gewonnen. Dann wird zur Erstellung der Fragmentbibliothek an alle Fragmentenden künstliche DNA angefügt. Diese sogenannten Adapter dienen als Startpunkt für die Vervielfältigung der Fragmente und sind für die schlussendliche Sequenzierung unverzichtbar.

Vor der Sequenzierung erfolgt dann die Anreicherung bestimmter Regionen, abhängig von der geplanten Analyse, im Genom. Dazu werden Sonden aus künstlicher DNA verwendet. Durch komplementäre Basenpaarung binden sich die Fragmente aus der Probe an die Sonden, die in ihrer Sequenz identisch mit der Zielregion sind. Sonde und Zielfragment werden dann in einer stationären Phase immobilisiert und Fragmente, die nicht spezifisch sind, werden weggespült. Die Sonden ähneln in ihrer Funktion hierbei einer Angel, mit der die Fragmente der Zielregion aus der komplexen Mischung der Fragmentbibliothek herausgefischt werden. Dadurch erhöht sich der Anteil informativer Fragmente und die Sequenzierungskosten werden reduziert. Regionen, die angereichert werden können, sind unter anderem die mtDNA oder aber auch informative Positionen über das ganze Kerngenom hinweg sowie Regionen aus dem Genom von Krankheitserregern.

Gegenüber zuvor verwendeten PCR-basierten Verfahren (Polymerase Chain Reaction) haben NGS-Verfahren und Anreicherung mehrere Vorteile. So können die erstellten Fragmentbibliotheken unlimitiert vervielfältigt und dieselbe Probe kann zu späteren Zeitpunkten auch für andere Fragestellungen verwendet werden. Dadurch reduziert sich die Menge an benötigtem Knochen- und Zahnmaterial erheblich.

Da die Fragmentbibliothek die gesamte DNA aus der Probe enthält, ist die Analyse nicht auf einen bestimmten Genort im Genom beschränkt, sondern es sind genomweite Untersuchungen möglich sowie die Analyse der DNA unterschiedlicher Organismen (Mensch, Pathogen etc.) aus demselben Extrakt. Da stets die gesamte Sequenz der Fragmente und nicht nur Teile des Fragments zur Verfügung stehen, bieten sich Möglichkeiten zur Authentifizierung. Da die DNA über die Zeit Umwelteinflüssen ausgesetzt war, liegt sie in der Regel beschädigt vor. Neben stark ausgeprägter Fragmentierung, mit oftmals unter 50 Basenpaaren, spielt hier auch die chemische Veränderung eine Rolle. An den Bruchstellen, die die schützende Form des Doppelstrangs verloren haben und oftmals einzelsträngig vorliegen, kommt es be-

71 Gamba et al. 2014.

sonders häufig zu chemischen Modifikationen. Die häufigste und wichtigste Veränderung ist dabei die Desaminierung von Cytosin, die den fehlerhaften Einbau von Thymin im komplementären Strang zur Folge hat. Es kommt also an den Fragmentenden häufig zu einem Basenaustausch von Cytosin nach Thymin. Dieses charakteristische Schadensmuster kann nun zur Authentifizierung herangezogen werden, da es in Proben moderner DNA nicht zu finden ist.

Ein weiterer Schritt zur Authentifizierung ist die Berechnung des Anteils an DNA-Fragmenten, die einem einzigen Individuum zugeordnet werden können. Dafür werden sogenannte Alignements erstellt. Hierfür wird für jedes einzelne Fragment menschlicher DNA aus dem Extrakt seine Position auf dem humanen Referenzgenom bestimmt. Sich überlappende Fragmente werden untereinander angeordnet. So kann bestimmt werden, ob alle Fragmente an allen Positionen dieselbe Base haben. Aus der Häufigkeit auftretender Unterschiede kann errechnet werden, wie hoch der Anteil der DNA von anderen Personen in der Probe ist. Dieses Vorgehen ist nur möglich für Regionen des Genoms, in denen nur ein Allel vorhanden ist, also nur eine Kopie vorliegt. Dies ist in allen Individuen das mitochondriale Genom, bei Männern aber auch das X- und das Y-Chromosom. Alle anderen Teile des Genoms liegen immer in zwei Ausführungen vor, die jeweils von beiden Elternteilen ererbt wurden.

4.2 Ergebnisse

Aus dem Dolmen von Oberbipp wurden insgesamt 46 Zähne und 30 Felsenbeine untersucht sowie vier *femora*, inklusive des *femur* eines Neugeborenen. Nach einem ersten Screening, in dem die Fragmentbibliotheken ohne Anreicherung sequenziert worden waren, wurden nur diejenigen Proben für weitere Analysen ausgesucht, die einen hohen Anteil menschlicher DNA mit dem typischen Schadensmuster enthielten. Nach erfolgter Anreicherung und anschliessender Sequenzierung wurden darüber hinaus auch Proben ausgeschlossen, die einen zu hohen Anteil (>5 %) von DNA weiterer Personen enthielten. Nach diesen Schritten standen genomweite Daten für 19 Individuen aus dem Dolmen für weitere Analysen zur Verfügung. Diese Daten stammten von 18 Felsenbeinen und einem Zahn. Für drei *femora* aus einer jüngeren Nutzungsphase und den *femur* des Neugeborenen reichte die endogene DNA nicht aus beziehungsweise der Anteil an Fremd-DNA war zu hoch, um diese Proben in weitere Analysen einzubeziehen.

4.3 Pathogen-Analyse

Alle Extrakte aus dem Dolmen wurden auf DNA von Pathogenen, Erregern von Infektionskrankheiten, untersucht. Dafür verglichen wir alle sequenzierten Fragmente einer Probe mit einer Datenbank aller bisher bekannten Genome von Bakterien und Viren.

Für einen Zahn gab es dabei eine Übereinstimmung mit *Salmonella enterica spp. enterica.*[72] Ein Nachweis der Erreger-DNA aus der Zahnpulpa spricht für eine systemische Infektion. Das Individuum war demnach aller Wahrscheinlichkeit nach an einer systemischen Salmonelleninfektion erkrankt und starb aller Wahrscheinlichkeit nach daran.

Der Erregertyp war ein Stamm von *Salmonella enterica spp. enterica*, der sich auch in anderen prähistorischen Populationen, die Landwirtschaft betrieben, fand und er war eine Vorstufe zu der humanspezifischen Form Paratyphi C, die paratyphoides Fieber auslösen kann. Er war vermutlich noch nicht humanspezifisch und eine potenzielle Übertragung zwischen Mensch und Nutztier, im Fall von Oberbipp dem Schwein, liegt daher nahe. Aus diesem Grunde wurden auch Schweinezähne aus dem Dolmen auf den Erreger hin untersucht. In ihnen konnte aber keine Erreger-DNA nachgewiesen werden, was nicht bedeutet, dass der Erreger in den Schweinen nicht vorhanden war.

4.4 Molekulargenetische Geschlechtsbestimmung

Für die menschliche DNA wird aus dem Alignement zum Kerngenom das Verhältnis der Fragmente des X- zum Y-Chromosom berechnet und daraus das Geschlecht bestimmt.

72 Key et al. 2020.

Fundnummer	Geschlecht
126744	m
125564	m
125404	w
125489	w
125004	m
125474	m
125107	w
125489	w
126088	m
126729	m
126231	m
125089	w
127145	m
124823	m
125110	m
125594	m
126743	m
126110	w
125579	w
125128	w
126703	w

Abb. 15: Oberbipp, Steingasse. Ergebnis der molekulargenetischen Geschlechtsbestimmung für die 21 Felsenbeine mit ausreichend DNA für weitere Analysen.

Abb. 16: Oberbipp, Steingasse. Familienstammbäume einiger Individuen aus dem Dolmen von Oberbipp (Fundnummer, mitochondriale Haplogruppe, Y-chromosomale Haplogruppe). Alle Individuen mit Verwandten ersten Grades innerhalb des Dolmens sind Männer. Dies lässt auf eine patrilokale Gesellschaft schliessen.

In Frauen werden keinerlei Fragmente des Y-Chromosoms erwartet, in Männern dieselbe – allerdings auf die Chromosomengrösse normalisierte – Anzahl an X- und Y-chromosomalen Fragmenten.

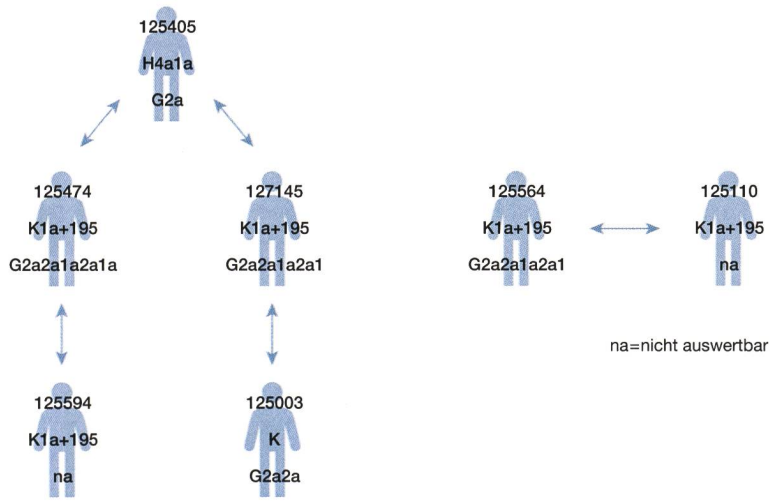
Im Dolmen von Oberbipp konnten dabei 12 Männer und 9 Frauen gefunden werden (Abb. 15). Das Neugeborene konnte dabei nicht eindeutig, aber als eher männlich bestimmt werden. Die drei *femora* aus der jüngeren Nutzungsphase wurden alle als männlich bestimmt.

4.5

Mitochondriale und Y-chromosomale Haplogruppen

Die uniparental vererbten Marker mtDNA und Y-Chromosom werden in sogenannte Haplogruppen untergliedert, deren Sequenzen spezifische Positionen teilen. Für die 19 Individuen mit ausreichender endogener DNA konnten folgende Makrohaplogruppen der mtDNA bestimmt werden: 32 % H, 5 % J und 63 % K. Etwa die Hälfte der zu K gehörenden Individuen trägt die Untergruppe K1a+195, die auch heute noch vereinzelt in Mitteleuropa vorkommt.[73]

Für neun von elf Männern konnte darüber hinaus die Y-Haplogruppe bestimmt werden. Alle Individuen gehören der Haplogruppe G2a an, die für neolithische Populationen in dieser Region typisch ist.



4.6

Analyse der Verwandtschaftsverhältnisse innerhalb des Dolmens

In der Vergangenheit wurden uniparental vererbte Marker, vor allem die mtDNA, auch zur Verwandtschaftsanalyse herangezogen. Teilen zwei Individuen exakt dieselbe Sequenz auf dem mitochondrialen Genom, so sind sie mit grösster Wahrscheinlichkeit auf der mütterlichen Seite miteinander verwandt. Dies gibt keine Auskunft über die genauen Verwandtschaftsverhältnisse, deswegen basieren neuere Verfahren auf Daten des gesamten Kerngenoms. Hier teilen Verwandte ersten Grades (Geschwister, Eltern und Kind) 50 % des Genoms, Verwandte zweiten Grades (Grosseltern und Enkel, Onkel und Nichten/Neffen etc.) noch 25 % und so weiter. Anhand der Verteilung dieser übereinstimmenden Regionen auf dem Genom lassen sich sogar Eltern- und Kindpaare von Geschwisterpaaren unterscheiden, auch wenn Eltern- und Kindpaare sowie Geschwister ersten Grades verwandt sind.

Im Dolmen von Oberbipp lassen sich dabei Brüder, Väter und Söhne finden (Abb. 16). Besonders interessant ist dabei ein Stammbaum über drei Generationen. Er startet mit einem Grossvater, repräsentiert von einem Zahn, über zwei Halbbrüder (Felsenbeine) bis hin zu zwei Enkelsöhnen (Felsenbeine). Darüber hinaus gibt es ein weiteres Bruderpaar.

Auch identische Individuen lassen sich mit diesen Methoden bestimmen. Dies ist besonders wichtig bei Funden, die nicht mehr im anatomischen Verbund vorliegen. So lässt sich somit ausschliessen, dass dasselbe Individuum mehrmals in einem Datensatz verwendet wird. Das ist für die Felsenbeine mit den Fundnummern 126463 und 125128 sowie 126734 und 126703 der Fall.

Dass sich im Dolmen keine Frauen finden lassen, die Verwandte ersten Grades im Grab haben, spricht für eine patrilokale Gesellschaft. Dies ist in Übereinstimmung mit anderen Untersuchungen an Dolmen in West- und Nordeuropa[74] und bronzezeitlichen Siedlungen in der Region.

73 Pichler et al. 2009.
74 Sánchez-Quinto et al. 2019.

4.7

Phänotypische Erscheinung der Individuen aus dem Dolmen

Die Genetik lässt auch Rückschlüsse auf einige phänotypische Merkmale prähistorischer Individuen zu. Dazu gehören Hautpigmentierung, Haarfarbe und Augenfarbe. Da diese Merkmale oftmals von dem Zusammenspiel verschiedener Genorte bestimmt werden, lassen sich hier nur Wahrscheinlichkeiten bestimmen.

Zur phänotypischen Erscheinung zählen aber auch Merkmale, die bei der Anpassung an die Umwelt eine Rolle spielen. Ein wichtiges Beispiel wäre hier die Laktosetoleranz im Erwachsenenalter, die sich erst entwickelte und ausbreitete, nachdem die Menschen begonnen hatten, Milchwirtschaft zu betreiben. Keines der Individuen aus Oberbipp trägt eine Mutation im Lactase-Gen. Damit gibt es keine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Laktosetoleranz im Erwachsenenalter.

Von den Individuen aus Oberbipp tragen 31 Prozent eine Mutation am Genort SLC45A2, die mit heller Hautpigmentierung assoziiert ist (Abb. 17). Ein zweiter Genort, der damit assoziiert ist, ist SLC24A5, an dem die Oberbipper zu 100 Prozent eine Mutation tragen. Helle Hautpigmentierung kann auch als Anpassung an das Leben als Ackerbauer verstanden werden.

Bei Jägern und Sammlern, deren Nahrung zu grossen Teilen aus Fleisch bestand, war die Menge an aufgenommenem Vitamin D aus der Nahrung ausreichend. Bei Ackerbauern, deren Ernährung hauptsächlich auf ihren pflanzlichen Erzeugnissen basierte, war dies nicht mehr der Fall. Da zudem in höheren Breitengraden die Sonnenstrahlung abnimmt, war eine hellere Haut vorteilhafter, um so genügend Vitamin D über die Haut zu produzieren.

HERC2, welches im veränderten Fall mit einer hohen Wahrscheinlichkeit zu blauen Augen führt, ist in 50 Prozent der Individuen vorhanden (Abb. 17). Dies entspricht einer Frequenz von 25 Prozent hellen Augen, da es sich um ein rezessives Allel handelt.

Fundnummer	Laktose-toleranz	Hautpigmentierung (SLC45A2)	Blaue Augen, HERC2	Hautpigmentierung (SLC24A5)
125405		na		na
126744			Alternatives Allel	na
125564				
125404		Alternatives Allel	na	na
125474	na		Alternatives Allel	na
125489	na	na	Alternatives Allel	na
126088			na	na
127145			na	na
124823				
125110		Alternatives Allel	Alternatives Allel	
125594				
126743			na	
125003	na	na	na	na
126110		Alternatives Allel	Alternatives Allel	
125579	na	na	na	na
125128	na	Alternatives Allel		na
126703				

na=nicht auswertbar

Abb. 17: Oberbipp, Steingasse. Phänotypische Merkmale der vier untersuchten Genorte für die 17 Individuen aus Oberbipp mit ausreichend Daten für das Kerngenom.

4.8

Untersuchungen zur genetischen Herkunft der Individuen aus Oberbipp

Der Vergleich mit Genomen anderer prähistorischer Populationen lässt Rückschlüsse über die genetische Herkunft der Individuen aus dem Dolmen von Oberbipp zu. Ein Vorgehen ist, die relativen Anteile unterschiedlicher Herkunft in einem Individuum oder einer Gruppe zu bestimmen.

Dabei sind zwei Komponenten in den Individuen aus Oberbipp zu finden (Abb. 18). Zum einen zeigen die Oberbipper zwischen 60 und 90 Prozent Übereinstimmung mit neolithischen Individuen aus Anatolien. Die anderen 10 bis 40 Prozent ihres Genoms erhielten die Oberbipper von Jägern und Sammlern aus Westeuropa.

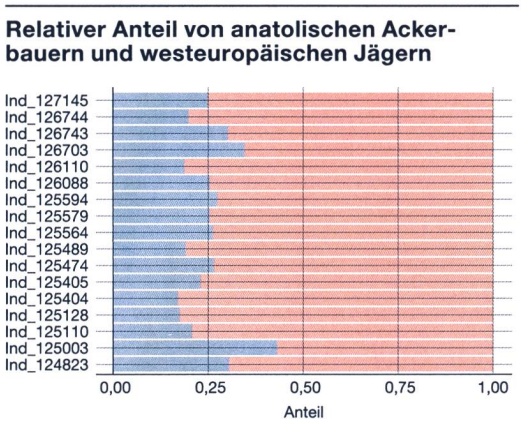


Abb. 18: Oberbipp, Steingasse. Relativer Anteil (1=100 %) von anatolischen Ackerbauern (Neolithikern) und westeuropäischen Jägern und Sammlern (Mesolithikern) im Genom der Oberbipper Bestattungen. Die Individuen aus Oberbipp tragen nur diese zwei genetischen Abstammungskomponenten.

■ Anatolische Bauern
■ Jäger und Sammler

Dieses Ergebnis entspricht der Theorie, dass neolithische Populationen in Zentraleuropa die Nachfahren von eingewanderten Ackerbauern aus Anatolien und den mesolithischen Jägern und Sammlern der Region sind.

Eine ähnliche Mischung kann auch in anderen Individuen derselben Zeit in anderen Regionen gefunden werden, wie in mittelneolithischen Individuen aus der Mittelelbe-Saaleregion in Ostdeutschland oder dem Tiroler «Ötzi».

Mittelneolithische Populationen in ganz Europa entsprechen diesem genetischen Profil. Dies ändert sich erst in der zweiten Hälfte des 3. Jahrtausends v. Chr., als Menschen aus der pontischen Steppe Europa erreichten und damit eine dritte Komponente ins Genom brachten. Ab diesem Zeitpunkt gleichen prähistorische Populationen auf genetischer Ebene modernen Europäern. Die Individuen von Oberbipp weisen eine typische genetische Zusammensetzung von Individuen aus dem Mittelneolithikum Europas auf.

5

Synthese

SANDRA LÖSCH, INGA SIEBKE, ANJA FURTWÄNGLER, NOAH STEURI, ALBERT HAFNER, SÖNKE SZIDAT UND JOHANNES KRAUSE

Nach Auslaufen des von SNF und DFG geförderten Projektes im Jahr 2019 gilt es nun, die interdisziplinär gewonnenen Daten zusammenzuführen. Die in diesem Artikel bereits exklusiv vorgelegten Erkenntnisse werden in Bälde auch einer internationalen Leserschaft vorliegen, und eine gemeinsame umfassende, internationale Publikation zu den bioarchäologischen Untersuchungen ist in Vorbereitung. Die Forschungen zum Dolmen von Oberbipp haben eine Forschungslücke zur Bevölkerung und Lebensweise des Neolithikums in der Schweiz geschlossen und fügen sich auch auf europäischer Ebene gut in die zu erwartenden Muster hinsichtlich Ernährung und Populationsgenetik ein.

In der hier folgenden Synthese wird vor allem auf die Beprobungsstrategie eingegangen, welche unseres Erachtens für das Projekt und auch für zukünftige Fragestellungen an ähnlichen Befundkomplexen essentiell ist. Da es sich bei den Bestattungen im Dolmen von Oberbipp um ein durchmischtes Skelettkollektiv handelt, konnte die Zugehörigkeit der einzelnen Knochen zu bestimmten Individuen aufgrund mangelnder anatomischer Zusammenhänge anthropologisch meist nicht rekonstruiert werden. Die Minimalindividuenzahl wurde anhand rechter und eines linken Oberschenkelknochenfragments auf 42 Personen festgelegt. Folglich wäre es sinnvoll, jegliche biochemischen Analysen an diesen Oberschenkelknochenfragmenten durchzuführen, da so alle Bestattungen erfasst werden können. In der Praxis eignen sich jedoch andere Skelettelemente erheblich besser für weiterführende Untersuchungen, beispielsweise werden für aDNA-Untersuchungen das Felsenbein oder Zähne priorisiert.[75] Daher wurden im Fall von Oberbipp die rechten Felsenbeine als Grundlage sowohl für die aDNA als auch für die stabilen Isotopenanalysen herangezogen (Abb. 19), was sich nach ersten Tests bezüglich der Erhaltung dieser Biomoleküle als zweckmässig erwies.[76] Da Felsenbeine nicht so häufig im Dolmen erhalten waren wie Oberschenkel, reduzierte sich dadurch jedoch die Zahl der Individualdaten (z. B. für die Geschlechtsbestimmung) von 42 auf 22. Trotz dieses Datenverlustes in Bezug auf die Stichprobenanzahl erschien uns die Entscheidung, Felsenbeine zu beproben, als bestes Vorgehen. Zugunsten eines maximalen Informationsgewinns an Individualdaten strebten wir die bestmögliche Erhaltung der biochemischen Moleküle an. Für die Fragestellung zum Belegungszeitraum des Dolmens mittels Radiokarbondatierungen wurden zusätzlich die Oberschenkelknochen beprobt, da hier die aDNA-Erhaltung keine Rolle spielt und die In-

75 Gamba et al. 2014.
76 Furtwängler et al. 2018.

dividualdaten von sekundärem Interesse sind. So konnten nach Qualitätskontrollen des Kollagens von 29 oder 69 Prozent der bestatteten Personen valide Datierungsergebnisse gewonnen werden. 26 von ihnen stammen aus dem Zeitraum von 3350 bis 2950 v. Chr., doch drei Individuen, deren Oberschenkelfragmente aus den oberen Schichten des Dolmens stammten, zeigen jüngere Datierungen einer zweiten Bestattungsphase von 2900 bis 2650 v. Chr. Ohne die systematische Beprobung wäre die zweite Bestattungsphase unentdeckt geblieben. Wir können zusätzlich aufgrund der molekulargenetischen Ergebnisse und der archäologischen Funde davon ausgehen, dass wir keine wesentlich älteren oder jüngeren Bestattungen im Dolmen hatten.

Die anthropologisch-morphologische Untersuchung aller Knochenfragmente ergab, dass die Toten allen Alters waren, jedoch waren junge Kinder von unter sechs Jahren unterrepräsentiert, was auf einen anderen Bestattungsritus oder -ort für diese hindeutet. Wir denken, dass wir es im Dolmen nicht mit einer «natürlichen» Totengemeinschaft zu tun haben, sondern dass es sich um ein ausgewähltes Bestattungskollektiv, womöglich eine Elite, handelt. Die aDNA-Analyse der 22 Felsenbeine und eines neonaten Oberschenkels in Bezug auf das Geschlecht ergab, dass sowohl Frauen (n=9) als auch Männer (n=13) bestattet wurden; ein Felsenbein konnte nicht geschlechtsbestimmt werden. Ob sich der Männerüberschuss direkt auf das gesamte Bestattungskollektiv übertragen lässt, ist fraglich. Wir gehen jedoch aufgrund der vielfach robusten Skelettelemente davon aus, dass generell ein leichter Männerüberschuss vorlag. Die stabile Isotopenuntersuchung der geschlechtszugewiesenen Felsenbeine (n=17 für C und N bzw. n=15 für S, valide Daten nach Qualitätskriterien) zeigte ähnliche Stickstoffwerte. Daraus folgern wir, dass die Frauen (n=7) und Männer (n=10) der Bestattungsgemeinschaft gleichen Zugang zu energieaufwendigen, tierischen Proteinen in der Nahrung, wie Fleisch und Milchprodukten, hatten. In der Bioarchäologie deutet man dies als fehlende soziale Stratifizierung in Bezug auf geschlechtsspezifische Ernährung, welche beispielsweise für das eisenzeitliche Gräberfeld Münsingen, Rain nachgewiesen wurde.[77] Ebendiese stabile Isotopenanalyse an den Felsenbeinen zeigt, dass sich die Oberbipper generell kohlenhydratreich ernährten, was sich sowohl in ihren $\delta^{15}N$-Werten als auch in ihrer Kariesintensität widerspiegelt.[78] Der Anteil an tierischen Produkten in der Ernährung war generell geringer als bei Personen anderer neolithischer Fundplätze, wie beispielsweise im Dolmen von Aesch BL, Chlus Tschäpperli. Ebenso zeigt etwa die Hälfte der untersuchten Individuen eine Laktoseintoleranz durch die aDNA-Analyse; bei der anderen Hälfte der Proben konnte der entsprechende DNA-Abschnitt nicht bestimmt werden. Vergleicht man die $\delta^{13}C$- und $\delta^{15}N$-Daten (n=18) mit Werten von Felsenbeinen anderer Fundorte, so scheint Ackerbau in Oberbipp eine wichtigere Rolle als Viehzucht oder Jagd gespielt zu haben. Die aus 19 Proben (18 Felsenbeine und einem Zahn) gewonnene DNA zeigt, dass die Bestatteten aus Oberbipp eine genetische Mischung aus neolithischen Einwanderern aus Anatolien und den lokalen mesolithischen westlichen Jägern und Sammlern sind. Diese molekulargenetische Information ist jedoch auf einen längeren populationsgenetischen Zeitraum zu beziehen, im Vergleich mit lokalen Tierdaten dieser Periode sehen wir anhand der homogenen $\delta^{34}S$-Daten aus den Felsenbeinen (n=16), dass die im Dolmen Bestatteten zu ihren Lebzeiten wahrscheinlich in der unmittelbaren Region ansässig waren, die Frauen jedoch aus einem grösseren Einzugsgebiet kommen als die Männer. Dies deckt sich mit den molekulargenetischen Erkenntnissen, welche eine patrilokale Gesellschaftsstruktur postulieren, in der die Männer ortstreu und die Frauen migriert sind, denn Verwandtschaften ersten Grades wurden lediglich unter männlichen Bestatteten (n=7) nachgewiesen. Anhand der molekulargenetisch untersuchten Felsenbeine sind bis zu drei Generationen einer männlichen Linie im Dolmen bestattet, ein Grossvater mit zwei Halbbrüdern als Nachkommen, die wiederum jeweils einen Sohn hatten. Die zugehörigen genetischen Mütter sind nicht unter den analysierten Felsenbeinen zu finden. Dies ist ein Alleinstellungsmerkmal der Bestattungen aus Oberbipp, jedoch sollte auch hier nicht vergessen werden, dass sowohl aufgrund der Beprobungsstrategie als auch aufgrund der

77 Moghaddam et al. 2016.
78 Siebke et al. 2019; Siebke et al. (in Vorbereitung).

Beprobte Skelettelemente inklusive Daten der bioarchäologischen Analysen

		leichte stabile Isotope					aDNA			
							Phänotyp		Haplogruppen	
Fund-Nr.	beprobtes Element	$\delta^{13}C$ (‰) V-PDB	$\delta^{15}N$ (‰) AIR	$\delta^{34}S$ (‰) V-CDT	Geschlecht	Laktose-toleranz	Hautfarbe	Augenfarbe	mt DNA	Y-Chromo-som
OB 126 744	Felsenbein	-20,91	9,25	3,97	männlich	nein	hell	eher dunkel	K1a	G2a2a1a2a1
OB 126 743	Felsenbein	-21,14	8,65	4,78	männlich	nein	hell		K1b1a	G2a2a1a2a1a
OB 126 231	Felsenbein	-20,95	8,96	3,02	männlich					
OB 126 088	Felsenbein	kein Kollagen			männlich	nein	hell		K1a2b	G2a2a1a2a
OB 125 594	Felsenbein	-21,08	9,52	3,37	männlich	nein	hell	hell	H1	geringe Abdeckung
OB 125 564	Felsenbein	-21,15	9,39	4,11	männlich	nein	hell	hell	K1a+195	G2a2a1a2a1
OB 125 489	Felsenbein	-21,08	8,80	4,30	weiblich			eher dunkel	H4a1	
OB 125 474	Felsenbein	-20,98	9,59	3,31	männlich		hell	eher dunkel	K1a+195	G2a2a1a2a1a
OB 125 404	Felsenbein	kein Kollagen			weiblich	nein			J1c3	
OB 125 107	Felsenbein	-20,84	9,47	3,98	weiblich					
OB 125 089	Felsenbein	-20,99	9,85	4,09	weiblich					
OB 125 004	Felsenbein	-20,83	10,12	5,39	männlich					
OB 124 823	Felsenbein	zu wenig Kollagen			männlich	nein	hell	hell	K1a2b	G2a2a1a2a1a
OB 125 003	Felsenbein	-20,72	9,76	4,86	männlich				K	G2a2a
OB 125 110	Felsenbein	-21,24	9,82	5,94	männlich	nein	hell		K1a+195	geringe Abdeckung
OB 125 112	Felsenbein	-21,13	10,00	5,40						
OB 125 128/ 126 463	Felsenbein	-20,57	10,27	6,64	weiblich			hell	K1a+195	
OB 125 579	Felsenbein	-20,81	9,56	6,96	weiblich				K1a4a1a	
OB 126 110	Felsenbein	-20,75	10,52	5,39	weiblich	nein	hell	eher dunkel	H3ap	
OB 126 703/ 126 734	Felsenbein	Qualitätskriterien nicht erfüllt			weiblich	nein	hell	hell	H1	
OB 126 729	Felsenbein	Qualitätskriterien nicht erfüllt			männlich				nb	
OB 127 145	Felsenbein	zu wenig Kollagen			männlich	nein	hell		K1a+195	G2a2a1a2a1
OB 126 411 (Neonat)	Oberschen-kel	Qualitätskriterien nicht erfüllt			männlich				J1c3	
OB 125 405	Zahn	kein Kollagen			männlich	nein		hell	H4a1a	G2a
OB 125 061	Zahn				männlich					

Abb. 19: Oberbipp, Steingasse. Bioarchäologie. Überblick über alle Ergebnisse der bioarchäologischen Analysen nach Skelettelementen (leere Felder=nicht bestimmbar).

Erhaltung nicht alle Personen des Dolmens erfasst werden konnten. Die weitere aDNA-Untersuchung der Felsenbeine ergab, dass es sich vom äusseren Erscheinungsbild bei den neolithischen Oberbippern um Personen mit heller Hautpigmentierung handelt (n=11), bei etwa der Hälfte der analysierten Individuen ist eine helle Augenfarbe sehr wahrscheinlich (6 von 10).

Anhand der anthropologisch-morphologischen Untersuchung des Skelettmaterials sind keine gewaltbedingten Todesursachen nachgewiesen. Dies kann zum einen daran liegen, dass kein Weichgewebe mehr vorhanden war, an dem ursprüngliche Verletzungen zu erkennen gewesen wären. Zum anderen war die Oberfläche der Knochen nicht einwandfrei erhalten und diese waren meist fragmentiert. Dennoch scheinen generell vielmehr Infektionskrankheiten todesursächlich gewesen zu sein, so zum Beispiel nachgewiesen an einer chronischen Osteomyelitis mindestens einer Person. Weitere molekulargenetische Analysen der menschlichen Zähne zeigen eine Salmonelleninfektion eines Individuums oder eine Typhuserkrankung als wahrscheinliche Todesursache. Dieser Erkrankungsverlauf geht so schnell, dass er keine sichtbaren Hinweise am Knochen hinterlässt. Wir gehen davon aus, dass sich bei einem positiven Nachweis mit hoher Wahrscheinlichkeit noch weitere Fälle von todesursächlichem Typhus unter den Bestatteten im Dolmen fänden. Als Vergleich können Typhusepidemien

aDNA		
Verwandtschaft	Pathologie	cal. ^{14}C 2σ v. Chr.
		3308–2927
		3264–2927
		3326–2933
		3353–3103
		3339–3095
Sohn von 125474		
Bruder von 125110		3340–3092
		3331–3024
Vater von 125594, Sohn von 125405		3358–3104
		3262–2928
		3335–3029
		3329–3018
		3350–2931
Sohn von 127145		3330–3023
Bruder von 125564		3263–2928
		3486–3117
		2914–2761
		3330–3022
		3263–2928
		3331–3023
		3496–3138
Vater von 125003, Sohn von 125405		
		3264–2928
Vater von 125474 und 127145		3347–3102
	Salmonellen	

aus heutigen Entwicklungsländern und historischen Aufzeichnungen präantibiotischer Zeiten und vor Einführung von Impfungen herangezogen werden.

Hinsichtlich der Beprobungsstrategie im Projekt von Oberbipp ist abschliessend festzuhalten, dass es eine Diskrepanz bei der Datenanzahl in den einzelnen Fachdisziplinen gab. Diese ergab sich aus der Notwendigkeit, zum Teil unterschiedlichen Skelettelemente für die gewählten Analysen auszuwählen. Dennoch war es unseres Erachtens nur so möglich, den Informationsgewinn zu den Individuen des Bestattungskollektivs zu maximieren. Durch die Beprobung derselben Skelettelemente zu verschiedenen Zwecken wurden zudem Synergien in der Probenentnahme und Minimierung des benötigten Knochen- und Zahnmaterials geschaffen. Der rege Austausch zwischen den Projektmitarbeitenden führte zu gemeinsamen Hypothesenbildungen und Befundinterpretationen.

Eine Beprobungsstrategie ohne interdisziplinäre Zusammenarbeit hätte weniger gute Ergebnisse zur Folge gehabt, sowohl in Bezug auf die Erfassung der Individualdaten als auch in Bezug auf die Erhaltung der Biomoleküle in den jeweiligen Skelettelementen. Es ist ein Glücksfall, dass an einem neolithischen Befund wie dem Dolmen von Oberbipp biochemische Daten zum Kollagen, welches für die Radiokarbondatierung und die stabilen Isotopenanalysen herangezogen wird, als auch authentische aDNA gewonnen werden konnten. Die umfassende Bearbeitung des Befundes durch verschiedene Disziplinen führte zu weitreichenden neuen Erkenntnissen zur Datierung, Bevölkerungszusammensetzung und Subsistenzweise nicht nur der Oberbipper, sondern auch anderer neolithischer Gemeinschaften der Schweiz.

Zusammenfassung

Im Dolmen von Oberbipp wurden mindestens 42 Personen bestattet. Die meisten Bestattungen stammen aus dem Zeitraum von 3350 bis 2950 v. Chr., doch mindestens drei Individuen zeigen jüngere Datierungen von 2900 bis 2650 v. Chr. Die Toten sind allen Alters, dabei sind junge Kinder unterrepräsentiert, was auf einen anderen Bestattungsritus oder -ort für sie hindeutet. Es wurden sowohl Frauen als auch Männer im Dolmen niedergelegt, beide Geschlechter weisen ähnliche Stickstoffwerte auf, und wir gehen davon aus, dass sie einen gleichen sozialen Status hatten. Generell hatten die Oberbipper während ihrer Lebenszeit eine kohlenhydratreiche Ernährung, was sich sowohl in den Isotopen als auch in der Kariesintensität widerspiegelt. Der Anteil an tierischen Produkten war hingegen geringer, und ebenso zeigen alle Personen eine Laktoseintoleranz. Vergleicht man die Isotopendaten mit anderen Fundorten, so scheint Ackerbau in Oberbipp eine wichtigere Rolle als Viehzucht oder Jagd bei der Ernährung gespielt zu haben. Genetisch sind die Oberbipper eine Mischung aus neolithischen Einwanderern aus Anatolien und den lokalen mesolithischen Jägern und Sammlern. Wir gehen jedoch

davon aus, dass die im Dolmen Bestatteten schon länger in der Region ansässig waren. Die molekulargenetischen Erkenntnisse sprechen für eine patrilokale Gesellschaftsstruktur, da Verwandtschaften ersten Grades lediglich unter männlichen Bestatteten nachgewiesen wurden. Hier waren bis zu drei Generationen im Dolmen zu finden, ein Grossvater mit zwei Halbbrüdern als Nachkommen, die wiederum jeweils einen Sohn hatten. Die genetischen Mütter dazu sind nicht unter den Bestatteten nachgewiesen und wir postulieren, dass die Frauen mobiler und die Männer ortstreuer waren.

Vom äusseren Erscheinungsbild handelt es sich bei den neolithischen Oberbippern um Personen mit heller Hautpigmentierung, bei etwa der Hälfte der Individuen ist eine helle Augenfarbe sehr wahrscheinlich.

Résumé

Le dolmen d'Oberbipp livra au moins 42 individus. La plupart des inhumés sont attribuables à la période de 3350 à 2950 av. J.-C., mais trois individus au moins s'avèrent plus récents et dateraient de 2900 à 2650 av. J.-C. Les défunts sont de tout âge, mais les jeunes enfants sont sous-représentés, ce qui suggère un rite ou un lieu d'ensevelissement différent les concernant. Dans le dolmen on retrouve tant des hommes que des femmes et les deux sexes présentent des valeurs azotées similaires, ce qui laisse à penser que leur statut social était équivalent. De manière générale, les habitants d'Oberbipp bénéficiaient durant leur vie d'une alimentation riche en hydrates de carbone, qui se reflètent tant dans les isotopes que dans la présence marquée de caries. Par contre, la part des produits animaux était restreinte et tous les individus présentaient même une intolérance au lactose. En comparant les données isotopiques avec d'autres sites, on remarque que l'agriculture jouait un rôle plus important que l'élevage ou la chasse. D'un point de vue génétique, les habitants d'Oberbipp constituent un mélange entre des populations néolithiques venues d'Anatolie et des chasseurs-cueilleurs mésolithiques locaux. Nous partons toutefois de l'idée que les individus inhumés dans le dolmen étaient déjà installés dans la région depuis longtemps, et cela vaut tant pour les femmes que pour les hommes. Les résultats de la génétique moléculaire renvoient l'image d'une société patrilocale dans sa structure, puisque les liens de parenté de premier degré n'ont été mis en évidence qu'au sein des inhumés masculins.

Dans le dolmen, on a retrouvé jusqu'à trois générations, un grand-père et deux demi-frères comme descendants, qui eurent chacun un fils. L'absence des mères génétiques parmi les inhumées nous pousse à postuler que les femmes étaient plus mobiles et les hommes plus fidèles au lieu.

Concernant leur apparence, les habitants néolithiques d'Oberbipp avaient une pigmentation de peau claire et près de la moitié des individus possédaient probablement des yeux clairs. Divers signes cliniques révèlent que les malades avaient besoin d'aide et de soin, ce qui sous-entend une communauté soudée. Quant aux causes de décès des inhumés du dolmen, différentes maladies infectieuses entrent en ligne de compte.

Literatur

Allentoft et al. 2015
Morten E. Allentoft et al., Population genomics of Bronze Age Eurasia. Nature 522, 2015, 167–172. doi 10.1038/nature14507.

Ambrose 1990
Stanley H. Ambrose, Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis. Journal of Archaeological Science 17/4, 1990, 431–451. doi 10.1016/0305-4403(90)90007-R.

Berthold et al. 2008
Birgitt Berthold et al., Die Totenhütte von Benzingerode. Archäologie und Anthropologie. Archäologie in Sachsen-Anhalt 7. Halle (Saale) 2008.

Bocksberger 1978
Olivier-Jean Bocksberger, Le site préhistorique du Petit-Chasseur (Sion, Valais) 3/4, Horizon supérieur secteur occidental et tombes bronze ancient. Cahiers d'archéologie romande 13–14. Lausanne 1978.

Bronk Ramsey 2009
Christopher Bronk Ramsey, Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates. Radiocarbon 51/1, 2009, 337–360. doi 10.1017/S0033822200033865.

Bronk Ramsey 2017
Christopher Bronk Ramsey, Methods for Summarizing Radiocarbon Datasets. Radiocarbon 59/6, 2017, 1809–1833.

Brothwell 1981
Don R. Brothwell, Digging up Bones. The excavation, treatment and study of human skeletal remains. Oxford 1981.

Cooper et al. 2019
Catherine G. Cooper et al., Stable isotope ratio analysis (C, N, S) of hair from modern humans in Ethiopia shows clear differences related to subsistence regimes. Archaeological and Anthropological Sciences 11/7, 2019, 3213–3223. doi 10.1007/s12520-018-0740-5.

DeNiro 1985
Michael J. DeNiro, Postmortem preservation and alteration of invivo bone-collagen isotope ratios in relation to paleodietary reconstruction. Nature 317, 1985, 806–809.

Doppler et al. 2012
Thomas Doppler et al., ^{14}C-Datierung des endneolithischen Kollektivgrabes von Spreitenbach. In: Thomas Doppler (Hrsg.), Spreitenbach-Moosweg (Aargau, Schweiz): Ein Kollektivgrab um 2500 v. Chr. Antiqua 51. Basel 2012, 85–103.

Falquet/Burri-Wyser 2016
Christian Falquet und Elena Burri-Wyser, Le dolmen d'Onnens, Praz Berthoud. In: Elena Burri-Wyser (Hrsg.), Destins des mégalithes vaudois: Luttry, «La Possession», Corcelles, «Les Quatre Menhirs» et «La Vernette», Concise, «En Chenaux» et «Fin de Lance», Onnens, «Praz Berthoud», fouilles, 1984–2012. Cahiers d'archéologie romande 159. Lausanne 2016, 113–174.

Favre/Mottet 2011
Sébastien Favre und Manuel Mottet, Le site préhistorique du Petit-Chasseur (Sion, Valais) 9. Dolmens M XII et M XIII. Approche des différents niveaux préhistoriques. Cahiers d'archéologie romande 123. Lausanne 2011.

Fernández-Crespo/de-la-Rúa 2015
Teresa Fernández-Crespo und Concepción de-la-Rúa, Demographic evidence of selective burial in megalithic graves of northern Spain. Journal of Archaeological Science 53/2, 2015, 604–617. doi 10.1016/j.jas.2014.11.015.

Fernández-Crespo et al. 2019
Teresa Fernández-Crespo et al., Isotopic evidence of strong reliance on animal foods and dietary heterogeneity among Early-Middle Neolithic communities of Iberia. Archaeological and Anthropological Sciences 11/10, 2019, 5463–5481. doi 10.1007/s12520-019-00889-2.

Fry 2006
Brian Fry, Stable Isotope Ecology. New York 2006.

Fuller et al. 2004
Benjamin T. Fuller et al., Nitrogen balance and delta15N: why you're not what you eat during pregnancy. Rapid Communications in Mass Spectrometry 18/23, 2004, 2889–2896. doi 10.1002/rcm.1708.

Furtwängler et al. 2018
Anja Furtwängler et al., Ratio of mitochondrial to nuclear DNA affects contamination estimates in ancient DNA analysis. Scientific Reports 8, 2018, 14075. doi 10.1038/s41598-018-32083-0.

Gamba et al. 2014
Cristina Gamba et al., Genome flux and stasis in a five millennium transect of European prehistory. Nature Communications 5, 2014, 5257. doi 10.1038/ncomms6257.

Haak et al. 2008
Wolfgang Haak et al., Ancient DNA, Strontium isotopes, and osteological analyses shed light on social and kinship organization of the Later Stone Age. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 105/47, 2008, 18226–18231. doi 10.1073/pnas.0807592105.

Haak et al. 2010
Wolfgang Haak et al., Ancient DNA from European Early Neolithic Farmers Reveals Their Near Eastern Affinities. PLOS Biology 8/11, 2010, e1000536. doi 10.1371/journal.pbio.1000536.

Haak et al. 2015
Wolfgang Haak et al., Massive migration from the steppe was a source for Indo-European languages in Europe. Nature 522/7555, 2015, 207–211. doi 10.1038/nature14317.

Key et al. 2020
Felix M. Key et al., Emergence of human-adapted Salmonella enterica is linked to the Neolithization process. Nature Ecology & Evolution 4, 2020, 324–333.

Landis/Lösch 2018
Sabine Landis und Sandra Lösch, Biologische Anthropologie – Rekonstruktion von Lebensgeschichten mit klassischen und modernen naturwissenschaftlichen Methoden. In: Thomas Burri und Regine Stapfer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Methoden in der Archäologie. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern 75. Bern 2018, 60–75.

Manolagas 2000
Stavros C. Manolagas, Birth and Death of Bone Cells: Basic Regulatory Mechanisms and Implications for the Pathogenesis and Treatment of Osteoporosis. Endocrine Reviews 21/2, 2000, 115–137. doi 10.1210/edrv.21.2.0395.

Mariéthoz 2011
François Mariéthoz, La chambre sépulcrale du Dolmen M XII: une approche des pratiques funéraires et de la population inhumée. In: Sébastien Favre und Manuel Mottet (Hrsg.), Le site préhistorique du Petit-Chasseur (Sion, Valais) 9. Dolmens M XII et M XIII. Approche des différents niveaux préhistoriques. Cahiers d'archéologie romande 123. Lausanne 2011, 169–190.

Marthaler 1981
Thomas M. Marthaler, 5. Vorbeugung. In: Rudolf P. Hotz (Hrsg.), Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen, 2. Aufl. Stuttgart/New York 1981, 174–219.

Marti-Grädel/Häberle/Akeret 2018
Elisabeth Marti-Grädel, Simone Häberle und Örni Akeret, Archäozoologie und Archäobotanik. In: Thomas Burri und Regine Stapfer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Methoden in der Archäologie. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern 75. Bern 2018, 76–99.

Martin 1914
Rudolf Martin, Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden. Jena 1914.

Mathieson et al. 2015
Iain Mathieson et al., Genome-wide Patterns of Selection in 230 Ancient Eurasians. Nature 528, 2015, 499–503. doi 10.1038/nature16152.

Meier-Augenstein 2010
Wolfgang Meier-Augenstein, Stable Isotope Forensics: An introduction to the forensic application of stable isotope analysis. Chichester 2010.

Meyer/Alt 2012
Christian Meyer und Kurt W. Alt, Anthropologische Untersuchung der menschlichen Skelettfunde aus dem endneolithischen Kollektivgrab von Spreitenbach: osteologischer Individualbefund und Populationscharakteristik. In: Thomas Doppler (Hrsg.), Spreitenbach-Moosweg (Aargau, Schweiz): Ein Kollektivgrab um 2500 v. Chr. Antiqua 51. Basel 2012, 104–157.

Moghaddam et al. 2016
Negahnaz Moghaddam et al., Social stratigraphy in Late Iron Age Switzerland: Stable carbon, nitrogen and sulphur isotope analysis of human remains from Münsingen. Archaeological and Anthropological Sciences 8/1, 2016, 149–160. doi 10.1007/s12520-014-0221-4.

Pearson 1899
Karl Pearson, IV. Mathematical Contributions to the Theory of Evolution. — V. On the Reconstruction of the Stature of Prehistoric Races. Philosophical Transactions of the Royal Society of London 192, 1899, 169–244.

Pichler et al. 2009
Irene Pichler et al., Genetic structure in contemporary south Tyrolean isolated populations revealed by analysis of Y-chromosome, mtDNA, and Alu polymorphisms. Human Biology 81/5–6, 2009, 875–899. doi 10.3378/027.081.0629.

Ramstein et al. 2020
Marianne Ramstein et al., Der Dolmen von Oberbipp, Steingasse. Archäologische und Naturwissenschaftliche Untersuchungen eines spätneolithischen Megalithgrabes. Archäologie Bern / Archéologie bernoise 2020, 94–201.

Ramstein/Rüttimann/Lösch 2013
Marianne Ramstein, Domenic Rüttimann und Sandra Lösch, Oberbipp, Steingasse. Ein neolithischer Dolmen. Archäologie Bern / Archéologie bernoise 2013, 103–106.

Ramstein/Schimmelpfennig/Lösch 2014
Marianne Ramstein, Dirk Schimmelpfennig und Sandra Lösch. Ein neolithischer Dolmen an der Steingasse in Oberbipp. Archäologie Schweiz 37, 2014, 4–15.

Reimer et al. 2013
Paula J. Reimer et al., IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 years cal BP. Radiocarbon 55/4, 2013, 1869–1887. doi 10.2458/azu_js_rc.55.16947.

Sánchez-Quinto et al. 2019
Federico Sánchez-Quinto et al., Megalithic tombs in western and northern Neolithic Europe were linked to a kindred society. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 116/19, 2019, 9469–9474. doi 10.1073/pnas.1818037116.

Scheuer/Black 2004
Louise Scheuer und Sue Black, The Juvenile Skeleton. London/San Diego 2004.

Schroeder et al. 2019
Hannes Schroeder et al., Unraveling ancestry, kinship, and violence in a Late Neolithic mass grave. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 116/22, 2019, 10705–10710. doi 10.1073/pnas.1820210116.

Schutkowski 2008
Holger Schutkowski, Thoughts for food: evidence and meaning of past dietary habits. Between Biology and Culture. Cambridge Studies in Biological and Evolutionary Anthropology 56. Cambridge 2008.

Schwegler 2016
Urs Schwegler, Chronologie und Regionalität neolithischer Kollektivgräber in Europa und in der Schweiz. Archäologische Prospektion – Archaeological Survey Bd. II. Hochwald 2016.

Siebke et al. 2018
Inga Siebke et al., The application of different 3D-scan-systems and photogrammetry at an excavation — A Neolithic dolmen from Switzerland. Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage 10, 2018, e00078. doi 10.1016/j.daach.2018.e00078.

Siebke et al. 2019
Inga Siebke et al., Who lived on the Swiss Plateau around 3300 BCE? — Analyses of commingled human skeletal remains from the dolmen of Oberbipp. International Journal of Osteoarchaeology 29/5, 2019, 786–796. doi 10.1002/oa.2791.

Siebke et al. (in Vorbereitung)
Inga Siebke et al., Crops vs. Animals: Regional Differences in Subsistence Strategies of Swiss Neolithic Farmers revealed by Stable Isotopes. N.N. Publikation, (in Vorbereitung).

Siegmund 2010
Frank Siegmund, Die Körpergrösse der Menschen in der Ur- und Frühgeschichte Mitteleuropas und ein Vergleich ihrer anthropologischen Schätzmethoden. Norderstedt 2010.

Simon/Langenegger/Cueni 1995
Christian Simon, Elisabeth Langenegger und Andreas Cueni, Anthropologie. In: Werner E. Stöckli, Urs Niffeler und Eduard Gross-Klee (Hrsg.), Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter. Bd. II: Neolithikum. Basel 1995, 259–273.

Sjøvold 1988
Torstein Sjøvold, Geschlechtsdiagnose am Skelett. In: Rainer Knussmann (Hrsg.), Anthropologie: Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Bd. 1. Stuttgart/New York 1988, 444–480.

Spangenberg et al. 2008
Jörg E. Spangenberg et al., Direct evidence for the existence of dairying farms in prehistoric Central Europe (4th millennium BC). Isotopes in Environmental and Health Studies 44/2, 2008, 189–200. doi 10.1080/10256010802066349.

Steuri et al. 2019
Noah Steuri et al., Multiple radiocarbon dating of human remains: clarifying the chronology and sequences of burials in the late Neolithic dolmen of Oberbipp (Switzerland). Radiocarbon 61/6, 2019, 1697–1709. doi 10.1017/RDC.2019.96.

Stöckli 2016
Werner E. Stöckli, Urgeschichte der Schweiz im Überblick (15000 v. Chr.–Christi Geburt). Die Konstruktion einer Urgeschichte. Antiqua 54. Basel 2016.

Stöckli 2018
Werner E. Stöckli, Twann: Ausgrabungen 1974–1976, Auswertungen 1976–1982, Schlussbericht von 1981/82, Kommentar von 2017. Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann 21. Hefte zur Archäologie im Kanton Bern 3. Bern 2018.

Stöckli/Moinat 1995
Werner Stöckli und Patrick Moinat, Glaube und Grabriten. In: Werner Stöckli, Urs Niffeler und Eduard Gross-Klee (Hrsg.), Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter. Bd. II: Neolithikum. Basel 1995, 231–258.

Suter 2013
Peter Suter, Das Leben am See – Wirtschaft, Haus, Handwerk, Verkehr, Austausch. In: Archäologischer Dienst des Kantons Bern (Hrsg.), Die Pfahlbauer – Am Wasser und über die Alpen. Bern 2013, 64–87.

Szilvássy 1988
Johann Szilvássy, Altersdiagnose am Skelett. In: Rainer Knussmann (Hrsg.), Anthropologie: Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Bd. 1. Stuttgart/New York 1988, 421–443.

Van Klinken 1999
Gert J. Van Klinken, Bone collagen quality indicators for palaeodietary and radiocarbon measurements. Journal of Archaeological Science 26/6, 1999, 687–695. doi 10.1006/jasc.1998.0385.

Varalli et al. 2018
Alessandra Varalli et al., Changing times, changing diet? Isotopic investigation of adult and childhood feeding practices in Switzerland in late prehistory. 20th Annual Conference of the British Association of Biological Anthropology and Osteoarchaeology (BABAO). Cranfield, 2018, Poster.