



© baseel101668 - 123rf.com

# Essen und Ernährung in den Steinzeiten

Prof. Dr. Silviane Scharl, Elisabeth Krewer, Dr. Nadine Nolde, Dr. Tanja Zerl

Der Begriff der „Steinzeiten“ umschreibt den längsten Abschnitt der Menschheitsgeschichte. Dieser beginnt mit der Altsteinzeit, die in Europa mit dem ersten Auftreten unserer menschlichen Vorfahren (Hominiden) vor ca. 1,8 Millionen Jahren verbunden wird [1], und endet mit dem Ende der Eiszeit vor ca. 11.600 Jahren. Während der Altsteinzeit oder dem Paläolithikum lebten verschiedene Arten der Gattung Mensch (*Homo*) in Europa, darunter der *Homo erectus*, der *Homo neanderthalensis*, der Denisova-Mensch und ab ca. 43.000 bis 40.000 vor der Gegenwart der moderne Mensch (*Homo sapiens*), zu dem alle heutigen Menschen zählen.

All diese Menschenarten lebten als Wildbeuter, das heißt sie produzierten ihre Nahrung nicht selbst, so wie die meisten Menschen heute, sondern entnahmen diese der Natur. Die Ernährung dieser Hominiden ist aufgrund der spärlichen Überlieferung jedoch schwer zu fassen. Um Rückschlüsse auf die Ernährung unserer Vorfahren in der Altsteinzeit, die sogenannte Paläodiät, ziehen zu können, bedarf es einer Reihe von archäologischen und bioarchäologischen Untersuchungsmethoden, die uns direkte und indirekte Belege der Nahrung liefern (siehe Infoboxen). Zu den direkten Belegen zählen Tier- (Knochen, Zähne, Mollusken, Eierschalen) und Pflanzenreste (Früchte, Samen, Pollen, Sporen), die in einem vom Menschen beeinflussten oder geschaffenen Kontext vorliegen (siehe Infoboxen

1 und 2). Auch seltene Funde, in denen sich menschliche Ausscheidungen bzw. Mageninhalte erhalten haben, liefern uns wertvolle Informationen darüber, was Menschen zu Lebzeiten gegessen haben. So konnte unter anderem durch mikroskopische Untersuchungen die letzte Mahlzeit der 5300 Jahre alten Gletschermumie „Ötzi“, bestehend aus getrocknetem Steinbockfleisch und -fett, Getreide (Einkorn) und Spuren des Adlerfarns, nachgewiesen werden [2]. Indirekte Belege der Ernährung liefern hingegen Isotopenanalysen an menschlichen Skeletten (siehe Infobox 3), durch die eine einfache Unterscheidung zwischen marin oder aquatisch geprägter Nahrung oder solcher, die durch terrestrische Wildtiere und Wildpflanzen charakterisiert ist, möglich ist. Zudem lassen sich mithilfe sogenannter Lipidanalysen (siehe Infobox 4) organische Rückstände in Keramikscherben unter anderem auf tierische Nahrungsmittel, wie Fleisch, Fett und Milch(producte), hin untersuchen.

## Frühe Hominiden waren Omnivoren

Abgesehen von den sehr frühen sowie den „robusten“ Australopithecinen, die sich rein vegetarisch ernährten, waren unsere frühen Vorfahren – wie wir heute – Omnivoren, wobei nach bisherigem Kenntnisstand angenommen wird, dass Fleisch als



Hauptnahrungsmittel gedient hat, zumindest wenn dieses gut verfügbar war. Neben dem Verzehr von Insekten, kleinen Vögeln und Säugetieren, den wir auch bei heutigen Menschenaffen beobachten können, ist es wahrscheinlich, dass der Konsum von Aas zumindest anfangs wesentlich zur Fleischgewinnung beigetragen hat [1, mit weiterführender Literatur].

Die Bedeutung einer fleischreichen Ernährung liegt unter anderem in einer gewissen Unabhängigkeit von den Jahreszeiten, aber auch in der physiologischen Entlastung des Darms, die wiederum zur Entlastung des Energiehaushalts zugunsten des Gehirns führte. Aus diesem Grund wird das menschliche Gehirnwachstum in der Altsteinzeit mit einer überwiegend karnivoren Ernährung erklärt. Frühe Hinweise dafür, dass bereits *Homo erectus* Fleisch bzw. Aas konsumierte, finden sich zum Beispiel in Form von zertrümmerten oder mit Schnittspuren versehenen Knochen größerer Säugetiere und anhand von Steinwerkzeugen im südafrikanischen Höhlenfundplatz Sterkfontein, die für eine Nutzung des Knochenmarks und eine Zerteilung des Fleisches vor ca. zwei Millionen Jahren sprechen [3] (siehe Infobox 1). In günstigen Fällen können auch Knochen früher Hominiden selbst Hinweise auf die Zusammensetzung der Ernährung liefern. So weist ein weibliches Skelett eines *Homo erectus* aus Koobi Fora am östlichen Turkana-See in Kenia (ca. 1,6 Millionen Jahre vor heute) Veränderungen an den Knochen auf, die auf eine chronische Überversorgung mit Vitamin A (Hypervitaminose) deuten [4]. Derart hohe Konzentrationen des Vitamins, die zu einem solchen Krankheitsbild führen, können auf den regelmäßigen Verzehr von roher Leber, insbesondere die von Karnivoren, zurückgeführt werden. Tragische Beispiele früher Polarforscher, die gezwungen waren, rohe Leber von Eisbären, Robben oder ihrer eigenen Schlittenhunde zu essen, da dies das einzige ungekochte Fleisch war, das sie roh kauen konnten, führen uns dies vor Augen [5].



› Abbildung 1: Schnittspuren an einem Gänseknochen.

Mit dem Aufkommen von Speeren nutzte vermutlich schon *Homo erectus* als erste Menschenart Distanzwaffen für die Jagd auf Großwild, wie Überreste von Nashörnern und Elefanten unter den erbeuteten Tieren im Fundplatz Bilzingsleben in Thüringen belegen [6]. Dabei setzt die Jagd auf Großwild auch die Fähigkeit voraus, die anfallenden großen Mengen an Fleisch durch Trocknung oder Räuchern zu konservieren. Mit dem Be-

ginn der Weichsel-Eiszeit vor ca. 115.000 Jahren wurde das Klima merklich kühler und eine Kältsteppe breitete sich in Mitteleuropa aus, die den Neandertalern eine Vielzahl großer Herbivoren wie Mammut und Wollnashorn als Jagdbeute bot. Mit dem Auftauchen der modernen Menschen wurden mit der Speerschleuder sowie mit Pfeil und Bogen weitere Distanzwaffen erfunden, die eine spezialisierte Jagd auf schnelle Tiere wie Rentiere und Pferde ermöglichten.

## Pflanzliche Nahrung spielt erst später eine große Rolle

In dieser frühen Zeit der Menschheitsgeschichte scheint pflanzliche Nahrung eine untergeordnete Rolle gespielt zu haben, und auch die Bedeutung von marinen und aquatischen Ressourcen ist schwer abzuschätzen. Beides wurde konsumiert – wie aus pflanzlichen Resten und Lagerplätzen in Küstennähe geschlossen wird [1] –, allerdings gewann vor allem die pflanzliche Nahrung erst am Ende der Altsteinzeit an Bedeutung. Dies lässt sich sowohl in Europa als auch in Südwestasien anhand von archäobotanischen Untersuchungen (siehe Infobox 2) nachweisen. So gibt es einzelne Fundstellen, zum Beispiel Ohalo II am See Genezareth (ca. 23.000 vor heute), wo durch sehr spezifische Erhaltungsbedingungen (Versiegelung der archäologischen Fundschichten unter Seesedimenten) zahllose verkohlte vegetabile Reste überliefert sind, wie Früchte vom Nitre-Busch (*Nitraria schoberi*) sowie von Eicheln (*Quercus spec.*), Mandeln (*Amygdalus communis*), Pistazien (*Pistacia atlantica*), Oliven (*Olea europaea var. sylvestris*), Weißdorn (*Crataegus spec.*), Feigen (*Ficus carica*), Himbeeren (*Rubus idaeus*) und Trauben (*Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*). Der Großteil stammt allerdings von Wildgräsern, darunter auch die Wildgetreidearten Wilder Emmer (*Triticum dicoccoides*), Wilde Gerste (*Hordeum spontaneum*) und Tauber Hafer (*Avena sterilis*) [7, 8]. Reste von Stärkekörnern, die an dort gefundenen Mahlsteinen anhafteten, belegen unter anderem die Verarbeitung von Wildgerste und -hafer [zusammengefasst in 9].

In Europa lässt sich in der sogenannten Mittelsteinzeit oder dem Mesolithikum (in Mitteleuropa ca. 11.600 bis 7.400 vor heute), die auf die Altsteinzeit folgt, ebenfalls eine intensiviertere Pflanzennutzung nachweisen. So lieferten Fundstellen mit guten Erhaltungsbedingungen (Feuchtbodenerhaltung), wie Stoasnaig in Schottland oder Duvensee in Schleswig-Holstein, Belege für die intensive Nutzung von Haselnüssen (*Corylus avellana*) [10, 11, 12, 13]. Diese wurden offenbar in großen Mengen geerntet und zur besseren Haltbarmachung geröstet. Aufgrund ihres hohen Fettgehalts, der guten Haltbarkeit und des leichten Transportgewichts, waren sie eine ideale Energiequelle, die zudem bevorratet werden konnte. Neben Haselnüssen wurden aber auch noch andere Pflanzen konsumiert. Bislang sind etwa 50 Pflanzenarten aus mesolithischen Kontexten dokumentiert, deren essbare vegetativen Teile, Früchte, Wurzeln oder Knollen als potenzielle Nahrungsreste interpretiert werden [14]. Damit zeigt sich für die Mittelsteinzeit eine deutliche Ausweitung der Nahrungsgrundlage. In Duvensee konnten beispielsweise Haselnuss, Eichel, Rutenmelde (*Atriplex patula*; Blätter als Gemüse verzehrbar, eventuell wurden auch die Samen genutzt), Weißer Gänsefuß (*Chenopodium album*; Blätter und Samen nutzbar), Holzapfel (*Malus sylvestris*), Schlehe (*Prunus spinosa*), Himbeere, Gelbe Teichrose (*Nuphar lutea*; Samen geröstet essbar), Weiße See-



› Abbildung 2: Faunenreste

### Infobox 1: Archäozoologie

Die Archäozoologie ist ein naturwissenschaftlicher Zweig innerhalb der Archäologie, deren Aufgabe in der Rekonstruktion der wirtschaftlichen, sozialen Verhältnisse von Tier und Mensch liegt. Dazu werden Faunenreste aus archäologischen Ausgrabungen untersucht und die Spezies sowie das Skelettelement mithilfe einer Vergleichsammlung moderner Tierskelette bestimmt. Zudem können aus den Faunenresten Hinweise auf das Alter der Tiere zum Zeitpunkt des Todes, das Geschlecht, die Größe und Wuchsform sowie Krankheitsbelastungen und Haltungsbedingungen abgelesen werden [72, 73, 74]. Anhand der damit gewonnenen Daten lassen sich Aussagen über die Subsistenz, Wirtschaftsweise, das Ökosystem, die Nahrungsgewohnheiten der Menschen und deren Gesellschaften ableiten. So lässt sich beispielsweise mit den klassischen archäozoologischen Methoden das Nutzungsspektrum anhand von Mortalitätskurven geschlechteter Wiederkäuer nachweisen. Solche Kill-off-Profile (siehe Abbildung 5) zeichnen die verschiedenen Altersstadien der Tiere zum Zeitpunkt des Todes innerhalb der untersuchten Population nach, anhand derer man auf die primäre und sekundäre Verwendung rückschließen kann. Signifikante Indikatoren für eine milchbasierte Wirtschaftsweise stellen beispielsweise hohe Anteile von jungen Kälbern, Lämmern bzw. Zicklein, die vor dem Absetzen getötet wurden, sowie wenige ältere weibliche Tiere unter den Knochenfunden dar, während eine rein fleischierte Nutzung das vermehrte Aufkommen junger, vor allem männlicher Tiere in den Schlachtprofilen widerspiegelt [75, 76].

rose (*Nymphaea alba*; Rhizome nutzbar) und Knöterich (*Rumex spec.*; Früchte und Blätter nutzbar) nachgewiesen werden [zusammengefasst in 9]. Da es in Europa eine Reihe weiterer Fundstellen aus dieser Epoche gibt, an denen ebenfalls die Nutzung verschiedener Pflanzenarten nachgewiesen ist, wird mittlerweile durchaus darüber nachgedacht, ob nicht die intensivierte Pflanzennutzung und eine Diversifizierung der Nahrungsgrundlagen als eines der grundlegenden Merkmale der Mittelsteinzeit zu betrachten sei [13, 15, 16, 17, 18].

Durch die Wiederbewaldung in dieser Zeit ändert sich auch die Jagdbeute der Menschen, die nun durch Auerochsen, Rothirsche, Rehe und Wildschweine dominiert wird. Aber auch Süßwasserfische, Vögel, marine Fischarten, Muscheln und Meeressäuger wie Robben an den Küsten sind nun öfter nachgewiesen. Zudem steht in den Küstenregionen mit dem Hund erstmals auch das älteste Haustier auf dem Speiseplan des Menschen [19].

### Domestikation von Pflanzen und Tieren: Der Mensch beginnt seine Nahrung selbst zu produzieren

Mit dem Beginn der Jungsteinzeit fing der Mensch schließlich an, seine Nahrung selbst zu produzieren, was die Domestikation von Pflanzen und Tieren voraussetzt. Dieser länger andauernde Prozess, bei dem der Mensch die Eigenschaften spezifischer Arten bewusst oder unbewusst verändert, vollzog sich in verschiedenen Regionen der Welt zu unterschiedlichen Zeiten und auf Basis unterschiedlicher Arten – wobei es sich bei den domestizierten Pflanzen zumeist um ein Bündel aus Kohlenhydrat-, Eiweiß- und Fett-liefernden Arten handelte. Durch die Domestikation von Pflanzen und Tieren wurde die Ernährung des Menschen ein Stück weit unabhängig von der Natur. Zugleich griff der Mensch durch die nun einsetzende Landwirtschaft verstärkt in diese Natur ein. Für die europäische Jungsteinzeit ist das Erstdomestikationszentrum in Südwestasien von Bedeutung, vor allem die Gebiete der heutigen Osttürkei und des westlichen Irans. Hier wurden vor ca. 10.500 Jahren heimische wilde Spelzgetreide (Emmer, Einkorn und Gerste, aus denen sich im Lauf der Zeit dann auch unbespelzte Arten entwickelten), Hülsenfrüchte (Erbsen, Linse, Linsenwicke, Kichererbsen) und eine Öl- bzw. Faserpflanze (Lein) domestiziert. Etwa 1000 Jahre später folgte die Domestikation unserer heutigen Nutztiere Rind (*Bos taurus*), Schaf (*Ovis aries*), Ziege (*Capra hircus*) und Schwein (*Sus domesticus*).



› Abbildung 3: Emmer (*Triticum dicoccum*) aus der frühen Jungsteinzeit (Bandkeramische Kultur).

Diese Schritte werden als **Neolithische Revolution** bezeichnet, der Prozess als **primäre Neolithisierung** [20, 21]. Weitere Erstdomestikationszentren liegen in Nord-, Mittel- und Südamerika, Afrika, Indien, Südostasien und Ostasien [22, zusammenfassend in 23]. So wurden beispielsweise in China zwischen 7000 und 3300 vor heute Reis (*Oryza sativa* ssp. *japonica*), Echte Hirse (*Panicum miliaceum*), Sojabohne (*Glyci-*



ne max) und ebenfalls das Schwein domestiziert [24, 25, 26, 27]. In Mexiko wurden beginnend mit dem Kürbis (*Curcubita pepo* ssp. *pepo*) ab ca. 10.000 Jahren vor heute dann auch Mais (*Zea mays*) und – deutlich später – das Truthuhn (*Meleagris gallopavo*) domestiziert [28, 29, 30, 31]. In den heutigen USA wurden ebenfalls Kürbis (*Curcubita pepo* ssp. *ovifera*) sowie Sumpfhohler (*Iva annua*), Sonnenblume (*Helianthus annuus*) und ein Gänsefuß (*Chenopodium berlandieri*) domestiziert; dieser Prozess ist zeitlich zwischen 5000 und 3800 vor heute einzuordnen [32, 33].

### Infobox 2: Archäobotanik

Die Archäobotanik ist mit ihren Fragestellungen zur Ernährungs- und Wirtschaftsweise des Menschen zentraler Bestandteil der Wirtschaftsarchäologie. Als Methode erforscht sie die Beziehungen des Menschen zu Pflanzen und die von ihm verursachten Umweltveränderungen. Ihr Untersuchungsmaterial – Früchte, Samen, Hölzer, Pollenkörner und Sporen – stammt meistens aus archäologischen Ausgrabungen. Diese archäobotanischen Funde haben daher eine kulturhistorische Aussagekraft, die der von archäologischen Funden gleichkommt.

In den meisten Fällen sind die archäobotanischen Reste sehr klein und auf Ausgrabungen für das „bloße“ Auge zu meist unsichtbar. Daher müssen sie aus den archäologischen Kontexten in Form von Bodenproben geborgen werden. Im Labor erfolgt die Aufbereitung der Proben, das heißt das Separieren der archäobotanischen Funde vom geborgenen Sedimentmaterial. Früchte, Samen und Holz (= Makroreste) werden mithilfe des sogenannten Schlämmens durch DIN-Siebe (minimale Maschenweite 0,315 bzw. 0,25 mm), Pollenkörner und Sporen (= Mikroreste) durch eine chemische Aufbereitung mit Salzsäure, Kalilauge, Flusssäure und Acetolyse aus dem übrigen Substrat herausgelöst [77, 78]. Unter einer Stereolupe bzw. mithilfe eines Mikroskops werden die so separierten archäobotanischen Reste untersucht und bestimmt [79]. Vor allem Früchte/Samen liefern hierbei Hinweise zur Zusammensetzung der vegetabilen Ernährung, zu Anbaustrategien der Kulturpflanzen, zur Sammeltätigkeit sowie zur Verarbeitung der Nahrung. Mithilfe von Pollen und Sporen kann hingegen die vergangene Vegetation rekonstruiert werden (z. B. Verhältnis Wald zu Offenland, Zusammensetzung des Waldes, Auenvegetation, Grünlandvegetation).

## Die neue Wirtschafts- und Lebensweise breitet sich aus

Ausgehend von diesen Erstdomestikationszentren breitete sich die neue Wirtschafts- und Lebensweise in die benachbarten Gebiete aus. Diese Ausbreitung wird für den europäischen Raum als **sekundäre Neolithisierung** beschrieben. Sie erreichte Mitteleuropa vor ca. 7400 Jahren und leitet die Jungsteinzeit (Neolithikum) ein. Die ersten Bauern, die sogenannten Bandkeramiker, die diese Region erreichten, hatten allerdings nur ein reduziertes Spektrum jener Kulturpflanzen im Gepäck, die in Südwestasien domestiziert wurden [34, 35, 36]: Als Ge-

treide brachten sie die Spelzweizenarten Emmer (*Triticum dicoccum*), Einkorn (*Triticum monococcum*) und – wenn auch in geringerem Maße – den Timopheev-Weizen (*Triticum timopheevii*) mit. Hinzu kamen die beiden Hülsenfrüchte Erbse (*Pisum sativum*) und Linse (*Lens culinaris*) sowie die Ölpflanze Lein (*Linum usitatissimum*). Um ca. 7300 bis 7200 Jahren vor heute erreichte der Schlafmohn (*Papaver somniferum*) das westliche Mitteleuropa [37]. Diese Ölpflanze stammt aus dem westmediterranen Raum und wanderte im Zuge kultureller Kontakte von Südwesten kommend in Mitteleuropa ein, wo ihn die hiesigen Bauern übernahmen. Im Verlauf des 5. Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung wurde dann das Kulturpflanzenpektrum durch Nacktgerste (*Hordeum vulgare* var. *nudum*) und durch zwei Nacktweizenarten, den hexaploiden Brotweizen (*Triticum aestivum*) und den ebenfalls aus dem westlichen Mittelerraum eingewanderten tetraploiden Hart-/Rauweizen (*Triticum durum/turgidum*), ergänzt [38]. Für diese Entwicklung werden ergonomische und ertragssichernde Gründe in Betracht gezogen, wie eine Arbeitersparnis beim Dreschen (bei Nacktgetreiden entfällt ein Arbeitsschritt) oder eine Kombination von Anbaupflanzen mit unterschiedlichen Ansprüchen (nun war wohl Winter- und Sommeranbau möglich, dazu kamen weniger anspruchsvolle Arten) [39, 40].

## Wildpflanzen spielen weiterhin eine wichtige Rolle

Für den Kulturpflanzenanbau des späten 6. und des 5. Jahrtausends vor unserer Zeitrechnung wird eine „intensive Gartenbewirtschaftung“ postuliert, also eine arbeitsintensive Kultivierung (mit sorgfältiger Bodenbearbeitung, Dibbeln oder Reihensaat, Handjäten oder Hacken, Düngung zur Erhaltung einer hohen Bodenfruchtbarkeit und Bewässerung) auf festen Parzellen in Sied-



› Abbildung 4: Schlafmohn (*Papaver somniferum*).

lungsnähe [41, 42]. Auch wenn der Kulturpflanzenanbau aufgrund seiner Arbeitsintensität viel Raum im Leben der jungsteinzeitlichen Bauern eingenommen haben dürfte, so waren Wildpflanzen immer noch ein wichtiger Bestandteil der jungsteinzeitlichen Ernährung. Welche Bedeutung gesammelte Pflanzen für die Kalorienzufuhr der damaligen Bauern hatte ist unklar; so gibt es Annahmen, dass sie weniger als drei bzw. bis zu 15 Prozent der Energieversorgung gedeckt haben [43, 44]. Unabhängig davon werden Wildpflanzen eine wichtige Rolle als Lieferant von Vitaminen und Mineralien oder auch als Heilmittel gespielt haben [45]; die Intensität der Sammeltätigkeit lässt sich allerdings nur erahnen. Dennoch geben Pflanzenfunde (Früchte, Samen, Pollen, Sporen) aus bandkeramischen Brunnen des 51. Jahrhunderts vor unserer Zeitrechnung einen Einblick in die Vielfalt von Wildpflanzen, die in frühen jungsteinzeitlichen Siedlungen vorhanden war. So sind von den insgesamt 351 Pflanzentaxa, die in solchen Brunnen aus dem Rheinland nachgewiesen werden konnten, rund 48 Prozent vom Menschen – meist als Nahrungspflanzen – nutzbar [46]. Aus etwas jüngeren Siedlungen des zirkumalpinen Raums (mit Feuchtbodenerhaltung), die von der Mitte des 5. Jahrtausends bis zum Ende des Neolithikums um 2000 vor unserer Zeitrechnung datieren, liegen ebenfalls umfangreiche Spektren von rund 380 Wildpflanzentaxa vor, von denen sogar 61 Prozent als vom Menschen nutzbar eingestuft werden können [45].

## Die Rolle von Jagd, Tierhaltung und Milchnutzung

Neben den vorangehend beschriebenen Sammeltätigkeiten hatte aber auch die Jagd während des Neolithikums zunächst saisonal und regional noch großen Einfluss. Daneben diente die Haltung von Haustieren ab dem Frühneolithikum der Gewinnung von primären Produkten wie Fleisch-, Fett- und Rohstoffen (Fell, Sehnen, Knochen, Horn, Darm). Hinzu kam eine Sekundärnutzung zu Lebzeiten der Tiere als Zug- und Arbeitstiere [47].

Aber auch die Nutzung von Milch und Milchprodukten stellte einen wichtigen Faktor bei der Tierhaltung dar, denn beides spielt in der Nahrungsversorgung des Menschen eine zentrale Rolle. Im Gegensatz zu den Primärprodukten wie Fleisch und Fett, die nur durch den Tod des Tieres gewonnen werden können und damit eine einmalig nutzbare Ressourcenquelle darstellen, wird Milch bestenfalls regelmäßig mit jedem neugeborenen Jungtier über mehrere Jahre lang durch das Muttertier produziert. Die Nutzung milchgebender Tiere wie Rinder, Schafe und Ziegen (später auch Pferde, Esel und Kamele/Dromedare) wird damit in der Nahrungsversorgung noch effizienter und wirtschaftlicher und trägt seitdem entscheidend zum Überleben der Menschen bei. Genetische Studien zum Auftreten der Laktasepersistenz, also der Fähigkeit, den Milchzucker in Frischmilch auch noch im Erwachsenenalter aufzuspalten und damit Milch problemlos verdauen zu können, und dem Beginn der Milchnutzung in Europa und Südwestasien zeigen, dass in Europa auf der Donau-Rhein-Achse die Laktasepersistenz vereinzelt ab dem 5. Jahrtausend und vermehrt ab dem 3. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung auftritt, während die Verarbeitung von Milch in Keramikgefäßen in diesem geografischen Rahmen bereits ab dem 6. Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung nachgewiesen werden konnte [48, 49, 50, 51]. Somit war



© studiogramdouest - 123rf.com

Milch lange Zeit Teil des Nahrungsspektrums, bevor die Laktasepersistenz bei Menschen auftrat, was Grund zu der Annahme gibt, dass diese zunächst in einer bekömmlicheren Form verarbeitet wurde. Denn in gesäuerten (fermentierten) Milchprodukten wie Joghurt, Dickmilch oder Käse ist der ursprüngliche Gehalt an Laktose geringer und wird damit auch von laktoseintoleranten Menschen besser vertragen.

Dieses neu hinzugewonnene Lebensmittel bietet enorme Vorteile in der Nahrungsversorgung. Die mitunter risikoreiche Umstellung auf Erwachsenenahrung bei Kleinkindern kann durch Tiermilch als Beikost schonender erfolgen oder bei Nahrungsempfängen auch herausgezögert werden. Zudem ermöglicht es ein früheres Abstillen durch die Mütter, wodurch einerseits deren Arbeitskraft wieder verfügbar wurde und sich andererseits die Intervalle für die nächsten Schwangerschaften verkürzten [52]. Höhere Fertilitätsraten und ein Anstieg der Bevölkerung gingen damit einher. Auch Mangelernährung und Kindersterblichkeit konnten somit durch Milch(produkte) reduziert werden. Zudem enthält Frischmilch den insulinähnlichen Wachstumsfaktor IGF-1, der bei Kleinkindern im Alter von ca. zwei Jahren einen positiven Einfluss auf das Größenwachstum aufweist und damit Vorteile während einer Lebensphase der Kinder bot, in der das Überleben von der Größe und Wachstumsrate abhing [53, 54, 55]. Weitere Vorteile des Milchkonsums zeigen sich in Regionen nördlicher Breitengrade mit geringeren Raten an UVB-Licht, welches die Bildung von Vitamin D im Körper anregt und die Aufnahme von Kalzium und Phosphat für den Knochenstoffwechsel fördert. In diesen UVB-armen Regionen diente Milch als zusätzliche Quelle für diese beiden Mineralien [56, 57]. Neben der Überbrückung von Nahrungsempfängen kann dieses normalerweise nur saisonal verfügbare Lebensmittel außerdem in Form von haltbarem Käse das ganze Jahr über konsumiert werden.

Zusätzlich zu den archäozoologischen Ansätzen kann die Nutzung von Milch und Milchprodukten ebenfalls durch sogenannte organische Rückstandsanalysen (ORA) und komponentenspezifische Isotopenanalysen detektiert werden. Diese erlaubt die Untersuchung von Nahrungsmitteln, die in Keramikgefäßen prähistorischer Gesellschaften zubereitet wurden. Dabei können pflanzliche und tierische Rückstände unterschieden und besonders der Anteil des tierischen Proteins differenziert betrachtet werden (siehe Infobox 4: Lipidanalysen und komponentenspezifische Isotopenanalysen). Mithilfe dieser Analytik gelang unter anderem der Nachweis der ältesten Milchnutzung in Südwestasien und Südeuropa. Zudem konnte die Verarbeitung von



Milcherzeugnissen, zum Beispiel zu Käse, im mediterranen Raum um 7200 vor unserer Zeitrechnung belegt werden [49, 51, 58]. Dabei zeigen die Ergebnisse von ORA für jungsteinzeitliche Fundplätze ein recht differenziertes Bild der Ernährung. So konnte für einzelne Siedlungen eine Ernährung auf Fleisch- und Pflanzenbasis nachgewiesen werden, bei denen die untersuchten Gefäße keine Hinweise auf Milcherzeugnisse oder deren Zubereitung aufwiesen [56, 59, 60]. In anderen Siedlungen überwog der Nachweis für Milchverarbeitung und Fleisch von Wiederkäuern. Hier konnten in keinem der untersuchten Gefäße Nichtwiederkäuerfette dokumentiert werden. Des Weiteren konnten auch keine Rückstände von aquatischen Nahrungsmitteln identifiziert werden, was entweder bedeutet, dass diese nicht Teil des Nahrungsspektrums waren oder in einer anderen Form zubereitet wurden (z. B. Pökeln, Räuchern) [61].

## Region hat Einfluss auf Ernährung

Bei der Ernährung jungsteinzeitlicher Gesellschaften kann auch die geografische Lage der Siedlungen einen wichtigen Einfluss haben. Besonders für den Beginn der Jungsteinzeit in den nördlichen Küstenregionen Mitteleuropas waren aquatische Nahrungsmittel ein Hauptbestandteil der Ernährung. In den Niederlanden kann für die beginnende Jungsteinzeit der Nachweis über die Zubereitung von Süßwasserfauna in Keramikgefäßen erbracht werden. Doch gibt es dort bisher keine Hinweise auf Wiederkäuerfette und Milchprodukte, was im starken Kontrast zu den übrigen älteren jungneolithischen Fundplätzen Mitteleuropas steht [62]. In dieser Region kommt es erst wesentlich später zu einem Wandel der Ernährungsweise von einer von wilder terrestrischer und mariner Fauna geprägten Ernährung hin zu einer Ernährungsweise, die von domestizierten Pflanzen und Tieren geprägt ist. Obwohl die Veränderungen in der Verwendung der Keramik ersichtlich sind, widerlegen die Analysen für diese Region, dass sich die Wirtschaftsweise mit der Einführung des Ackerbaus vollständig verändert hat und dass die jungsteinzeitliche Keramik ausschließlich mit der Zubereitung von domestizierten Tieren und Pflanzen in Verbindung gebracht wird [63].

## Isotopenanalysen liefern Schlüssel für Ernährungsweisen

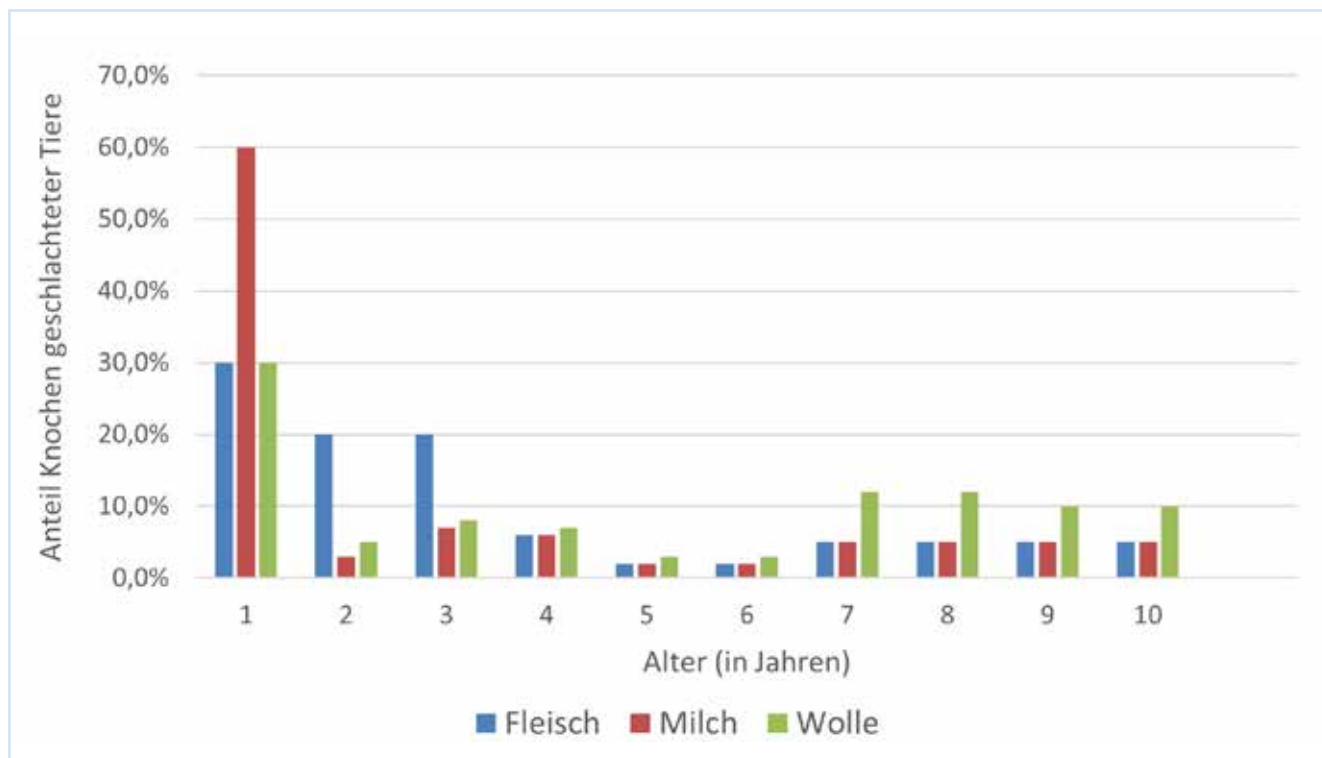
Eine weitere naturwissenschaftliche Methode, die in den letzten Jahren vor allem Erkenntnisse zur Ernährung einzelner Individuen erbracht hat, ist die Isotopenanalyse. Vor allem die Isotopenzusammensetzungen von Knochen und Zähnen bilden ein wichtiges Archiv für die Ernährungs- und Lebensweise vergangener Gesellschaften. Die Kohlenstoff- und Stickstoffisotope werden überwiegend über die Nahrung und das Trinkwasser aufgenommen, metabolisiert und in das Hartgewebe des Körpers (Knochen und Zähne) eingelagert [64]. So ist es möglich, die Ernährung einzelner Individuen zu rekonstruieren und die Bestandteile wie Kohlenhydrate, Proteine und Fette zu untersuchen (siehe Infobox 3: Isotopenanalyse an Knochen). Isotopenstudien zur frühen Jungsteinzeit in Mitteleuropa zeigen zum Beispiel, dass die Ernährungsgewohnheiten in Bezug auf die pflanzlichen Nahrungsbestandteile überwiegend durch  $C_3$ -Pflanzen-basierte, terrestrische Nahrung und Kohlenhydrate

### Infobox 3: Isotopenanalysen an Knochen

Analysen von stabiler Kohlenstoff- ( $\delta^{13}C$ ) und Stickstoff- ( $\delta^{15}N$ ) Isotopie an Knochen ermöglichen die Rekonstruktion der Ernährung prähistorischer und historischer Gesellschaften. Dabei spiegelt der  $\delta^{13}C$ -Wert überwiegend den Anteil der pflanzlichen Nahrung wider. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Photosynthesewege kann der Verzehr von  $C_3$ -Pflanzen (z. B. Weizen, Gerste) mit  $\delta^{13}C$ -Werten zwischen -34 und -20 Promille oder  $C_4$ -Pflanzen (z. B. Hirse, Amaranth) mit  $\delta^{13}C$ -Werten zwischen -16 und -9 Promille und dem Verzehr von beiden Pflanzengruppen differenziert werden [82, 83].

Die Unterscheidung zwischen pflanzlichen und tierischen Nahrungsquellen kann durch die Analysen des Stickstoffisotopenwertes ( $\delta^{15}N$ ) ermittelt werden. Der im Knochen eingelagerte Stickstoff stammt aus dem Proteinanteil der Nahrung. Je höher der  $\delta^{15}N$ -Wert ist, desto höher ist die Trophiestufe des Konsumenten. Hierbei variieren die Trophiestufen bei Säugetieren um ca. 3 Promille bis 6 Promille und erlauben die Unterscheidung zwischen Herbivoren, Omnivoren und Karnivoren [84]. Da bei aquatischen Nahrungsquellen wie zum Beispiel Fisch die Nahrungsketten deutlich länger sind, kann ihr Verzehr ebenfalls zu erhöhten  $\delta^{15}N$ -Werten führen [83, 85]. Eine weitere Erklärung für erhöhte  $\delta^{15}N$ -Werte ist auch der Einfluss von Düngung der Ackerflächen. Verschiedene Fallstudien zeigen, dass die Düngung bereits in der frühen Landwirtschaft eine Rolle spielte [86, 87].

(also von großfrüchtigen Getreidearten wie Weizen und Gerste) geprägt waren [65, 66].  $C_3$ -Pflanzen sind Landpflanzen, die mit dem Grundtypus der Photosynthese arbeiten. Im Gegensatz dazu war die alltägliche Nahrung der Wildbeuter noch stark durch die Aufnahme von Eiweiß und Fett bestimmt. Ausgehend von archäozoologischen, archäobotanischen und ethnologischen Vergleichswerten werden Anteile von bis zu 95 Prozent pflanzlicher Nahrung errechnet (niedrigere Schätzungen gehen von 65 Prozent aus) [67]. Der hohe Anteil an Getreide in der Ernährung brachte allerdings auch gesundheitliche Probleme mit sich. So stieg durch die niedermolekularen Kohlenhydrate im Getreide das Risiko stark an, an Karies zu erkranken. Stickstoffisotopenanalysen, die Aussagen zum Anteil des Proteins im Nahrungsspektrum ermöglichen, deuten wiederum darauf hin, dass der Verzehr von tierischem Protein (Fleisch, Milch, Milchprodukte) im Verlauf der Jungsteinzeit signifikant anstieg [66, 68, 69]. Dies korreliert mit osteologischen Untersuchungsergebnissen, die im Lauf der Jungsteinzeit einen Rückgang von Stressmarkern an Zähnen und Knochen menschlicher Skelette erkennen lassen. Mit den höheren  $\delta^{15}N$ -Werten geht auch eine steigende Körpergröße einher [68]. Diese Entwicklung ist konsistent mit epidemiologischen Untersuchungen über die Häufigkeitsverteilung von Karies bei jungsteinzeitlichen Individuen. Die Ergebnisse belegen eine relativ hohe Karies-Häufigkeit während des Beginns der Jungsteinzeit. Dagegen sind die Werte gegen Ende der Jungsteinzeit und der frühen Bronzezeit am niedrigsten [70].



› Abbildung 5: Kill-off-Profile zeichnen die verschiedenen Altersstadien der Tiere zum Zeitpunkt des Todes innerhalb der untersuchten Population nach. Sie ermöglichen Rückschlüsse auf die primäre und sekundäre Verwendung.

#### Infobox 4: Lipidanalysen und komponentenspezifische Isotopenanalysen

Analysen von organischen Rückständen in Keramikscherben dienen dem Nachweis und der weiteren Untersuchung von pflanzlichen und insbesondere der differenzierten Betrachtung von tierischen Nahrungsmitteln. Bei der Nahrungszubereitung in unglasierten Keramikgefäßen werden Rückstände in die Matrix der Keramikmembran aufgenommen. Dort sind sie mehrere tausend Jahre auf molekularer Ebene erhalten und vor potenziellen Verunreinigungen durch die Bodenlagerung geschützt [80].

Mittels stabiler Kohlenstoffisotopie ( $\delta^{13}\text{C}$ ) von Palmitinsäure ( $\text{C}_{16:0}$ ) und Stearinsäure ( $\text{C}_{18:0}$ ) ist es möglich, zwischen Fett Rückständen von Nichtwiederkäuern (z. B. Schwein) und Wiederkäuern (z. B. Rind, Schaf und Ziege) zu unterschei-

den. Zudem kann bei den Wiederkäuern zwischen Fleisch- und Milchfetten differenziert werden. Denn Wiederkäuerfette weisen aufgrund der Aktivität fermentierender Bakterien im Rumen im Vergleich zu Nichtwiederkäuerfetten abgereicherte  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte auf. Der Effekt des Körper- und Milchfett-Metabolismus in Wiederkäuern führt zu einer Fraktionierung der  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte der Stearinsäure. Das Körperfett von Wiederkäuern bildet sich über die Umsetzung von Kohlenhydraten aus der Nahrung, wohingegen Milchfette sich anteilig über die Umsetzung von Fetten aus der Nahrung sowie durch die Umsetzung von Körperfett bilden. Die Isotopie der Ausgangsstoffe als auch die kinetische Fraktionierung führen so zu einer stärkeren  $^{13}\text{C}$ -Abreicherung bei Milchfetten [81].

## Dauerhafte Siedlungsweise

Nicht nur die Ernährung veränderte sich mit Beginn der Jungsteinzeit. Die Anfänge der produzierenden Wirtschaftsweise veränderte auch die Lebensweise der Menschen. Vorratshaltung gewann massiv an Bedeutung (für die Ernährung, aber auch für das benötigte Saatgut). Die Menschen lebten nun sesshaft und errichteten dauerhafte Architektur, sogenannte Langhäuser, die in teilweise größeren Siedlungen zusammenstanden. Das dauerhafte Zusammenleben innerhalb einer Siedlung erforderte neue soziale Spielregeln, dürfte aber – ebenso wie das nun engere Zusammenleben von Mensch und Tier – die Ausbreitung von Krankheiten (Zoonosen) befördert haben. Langfristig war die neue Lebens- und Wirtschaftsweise jedoch ein Erfolgsmodell, wie unter anderem an der einsetzenden Bevölkerungszunahme deutlich wird [71].

#### Literatur

1. Richter J. Altsteinzeit. Der Weg der frühen Menschen von Afrika bis in die Mitte Europas. Stuttgart: Kohlhammer; 2018
2. Maixner F, Turaev D, Cazenave-Gassiot A, Janko M, Krause-Kyora B, Hoopmann MR et al. The Iceman's last meal consisted of fat, wild meat, and cereals. *Current Biology* 2018; 28: 2348–2355. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.05.067>
3. Brain CK. The hunters or the hunted? An introduction to African cave taphonomy. Chicago, Ill.: Univ. of Chicago Press; 1981
4. Walker A, Zimmerman MR, Leakey REF. A possible case of hypervitaminosis A in *Homo erectus*. *Nature* 1982; 296: 248–250
5. Cleland J, Southcott RV. Hyper-vitaminosis A in the Antarctic in the Australasian Antarctic Expedition of 1911–1914: a possible explanation of the illnesses of Mertz and Mawson. *MJA* 1969; 1: 1337–1342
6. Mania D. Bedeutung und Voraussetzungen der Untersuchungen zur Ökologie des *Homo erectus* von Bilzingsleben II. *Homo erectus* – Seine Kultur und seine Umwelt. Veröffentlichungen des Landesmuseums für Vorgeschichte 1983; 36: 9–22



7. Kislev M, Nadel D, Carmi I. Epipalaeolithic (19,000 BP) cereal and fruit diet at Ohalo II, sea of Galilee, Israel. *Rev Palaeobot Palynol* 1992; 73: 161–166
8. Weiss E, Wetterstrom W, Nadel D, Bar-Yosef O. The broad spectrum revisited: Evidence from plant remains. *PNAS* 2004; June 29; 101(26): 9551–9555. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0402362101>
9. Scharl S. Jungsteinzeit – Wie die Menschen sesshaft wurden. Stuttgart: Kohlhammer; 2021
10. Mithen S, Nyrøe F, Carruthers W, Carter S, Ashmore P. Plant Use in the Mesolithic: Evidence from Staosnaig. Isle of Colonsay, Scotland. *J Archaeol Sci* 2001; 28: 223–234
11. Bokelmann K. Duvensee, Wohnplatz 8. Neue Aspekte zur Sammelwirtschaft im frühen Mesolithikum. *Offa* 1981; 38: 21–40
12. Bokelmann K. Duvensee, Wohnplatz 9. Ein Präborealzeitlicher Lagerplatz in Schleswig-Holstein. *Offa* 1991; 48: 75–114
13. Holst D. Hazelnut economy of early Holocene hunter-gatherers: a case study from Mesolithic Duvensee, northern Germany. *J Archaeol Sci* 2010; 37: 2871–2880. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.06.028>
14. Holst D. Subsistenz und Landschaftsnutzung im Frühmesolithikum. Monographien des RGZM 120. Mainz: Römisch-Germanisches Zentralmuseum; 2014
15. Zvelebil M. Plant Use in the Mesolithic and its Role in the Transition to Farming. *PPS* 1994; 60: 35–74
16. Bishop RR, Church MJ, Rowley-Conwy PA. Seeds, fruits and nuts in the Scottish Mesolithic. *Proc Soc Antiq Scot* 2013; 143: 9–71
17. Kubiak-Martens L. Scanning electron microscopy and starchy food in Mesolithic Europe: the importance of roots and tubers in Mesolithic diet. In: Hardy K, Kubiak-Martens L. (Eds.). *Wild harvest: plants in the hominin and pre-agrarian human worlds*. Oxford: Oxbow Books; 2016: 113–133
18. Bishop RR. Hunter-gatherer carbohydrate consumption: plant roots and rhizomes as staple foods in Mesolithic Europe. *World Archaeol* 2021; 53(2): 175–199
19. Ewersen J, Ramminger B. Die Rolle des Hundes in Siedlungen des Endmesolithikums und Neolithikums. *Arch Korrbil* 2010; 40: 331–350
20. Zeder MA. The Origins of Agriculture in the Near East. *Curr Anthropol* 2011; 52(4): 221–235
21. Zeder MA. Out of the fertile crescent: The disposal of domestic livestock through Europe and Africa. In: Boivin N, Crassard R, Petraglia M (Eds.). *Human dispersal and species movement. From prehistory to the present*. Cambridge: Cambridge University Press; 2017: 261–323
22. Fuller DQ, Denham T, Arroyo-Kalin M, Lucasa L, Stevens CJ, Qinc L, Al-labyd RG, Purugganane MD. Convergent evolution and parallelism in plant domestication revealed by an expanding archaeological record. *PNAS* 2014; 111(17): 6147–6152. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1308937110>
23. Gronenborn D, Scharl S. Das Neolithikum als globales Phänomen. In: Kunow J, Otten T, Rind M, Trier M (Hrsg.). *Revolution Jungsteinzeit. Archäologische Landesausstellung NRW*. Stuttgart: Theiss; 2015: 59–71
24. Fuller DQ, Sato YI, Castillo C, Qin L, Weisskopf AR, Kingwell-Banham EJ, Song J, Ahn S-M, van Etten J. Convergence of genetics and archaeobotany in the entangled history of rice. *Archaeol Anthropol Sci* 2010; 2: 115–131
25. Kim MY, Van K, Kang YJ, Kim KH, Lee S-H. Tracing soybean domestication history: from nucleotide to genome. *Breed Sci* 2012; 61: 445–452
26. Xiang H, Gao J, Cai D, Luo Y, Yu B, Liu L, Liu R, Zhou H, Chen X, Dun W, Wang X, Hofreiter M, Zhao X. Origin and dispersal of early domestic pigs in northern China. *Sci Rep* 2017; 7: 5602
27. Stevens CJ, Shelach-Lavi G, Zhang H, Teng M, Fuller D. A model for the domestication of *Panicum miliaceum* (common, praso or broomcorn millet) in China. *Veget Hist Archaeobot* 2021; 30: 21–33
28. Smith BD. The Initial Domestication of *Cucurbita pepo* in the Americas 10,000 Years Ago. *Science* 1997; 276: 932–934
29. Piperno DS. The Origins of Plant Cultivation and Domestication in the New World Tropics. *Curr Anthropol* 2011; 52(54): 453–470
30. Thornton EK, Emery KF, Steadman DW, Speller C, Matheny R, Yang D. Earliest Mexican Turkeys (*Meleagris gallopavo*) in the Maya Region: Implications for Pre-Hispanic Animal Trade and the Timing of Turkey Domestication. *PLoS ONE* 2012; 7(8): e42630
31. Chomicki G, Schaefer H, Renner SS. Origin and domestication of Cucurbitaceae crops: insights from phylogenies, genomics and archaeology. *New Phytol* 2020; 226(5): 1240–1255
32. Smith BD. Eastern North America as an independent center of plant domestication. *PNAS* 2006; 103(33): 12223–12228
33. Smith BD, Yarnell RA. Initial formation of an indigenous crop complex in eastern North America at 3800 B.P. *PNAS* 2009; 106(16): 6561–6566
34. Colledge S, Conolly J, Shennan S. The evolution of Neolithic farming from SW Asian origins to NW European limits. *Eur J Archaeol* 2005; 8(2): 137–156
35. Kreuz A. Archaeobotanical perspectives on the beginning of agriculture north of the Alps. In: Colledge S, Conolly J (Eds.). *The Origins and Spread of Domestic Plants in Southwest Asia and Europe*. Walnut Creek: Left Coast Press; 2007: 259–294
36. Bogaard A. From Anatolia to Swabia: The long journey of a rediscovered crop, Timpopheev's wheat. In: Pankau C, Baitinger H, Stobbe A (Hrsg.). *Ein Schwabe in der Welt. Festschrift für Rüdiger Krause zu seinem 65. Geburtstag*. FARs; 46. Bonn: Habel; 2023: 69–79
37. Salavert A, Zazzo A, Martin L, Antolín F, Gauthier C, Thil F, Tombret O, Bouby L, Manen C, Mineo M, Mueller Bieniek A, Piqué R et al. Direct dating reveals the early history of opium poppy in Western Europe. *Sci Rep* 2020; 10: 20263
38. Scharl S, Stobbe A, Broich M, Lindemann H, Nolde N, Röpke A, Schick A, Suhrbier S, Zerl T. Some thoughts on risk management and resilience in early agrarian societies in Central Europe (c. 5000–4500 BCE). In: Uthmeier T, Maier A (Hrsg.). *Stone Age. Studying Technologies of Non-analogous Environments and Glacial Ecosystems. Papers in Honor of Jürgen Richter*. UPA; 396. Bonn: Habelt; 2024: 457–477
39. Knörzer KH. Botanische Untersuchungen von 16 neolithischen Siedlungsplätzen im Bereich der Aldenhovener Platte, Kr. Düren und Aachen. In: Lünig J. (Hrsg.). *Studien zur neolithischen Besiedlung der Aldenhovener Platte und ihrer Umgebung. Beiträge zur Neolithischen Besiedlung der Aldenhovener Platte VI. Rhein. Ausgr.*; 43. Köln: Rheinland-Verlag 1997: 648–684
40. Rösch M. Pflanzenreste vom Viesenhäuser Hof, Stadtteil Mühlhausen, Stuttgart. *Fundber. Baden-Württemberg*; 34. Stuttgart: Theiss; 2014: 143–176
41. Bogaard A. Neolithic farming in Central Europe: An archaeobotanical study of crop husbandry practices. London: Routledge; 2004
42. Bogaard A. Lessons from modeling Neolithic farming practice: Methods of elimination. In: Chapman R, Wylie A (Eds.). *Material evidence: Learning from archaeological practice*. London: Routledge; 2015: 243–254
43. Gregg S. *Forages and Farmers: Population Interaction and Agricultural Expansion in Prehistoric Europe*. Chicago: University of Chicago Press; 1988
44. Antolín F, Bleicher N, Brombacher C, Kühn M, Steiner BL, Jacomet S. Quantitative approximation to large-seeded wild fruit use in a late Neolithic lake dwelling: New results from the case study of layer 13 of Parkhaus Opéra in Zürich (Central Switzerland). *Quat Int* 2016; 404: 56–68
45. Colledge S, Conolly J. Wild plant use in European Neolithic subsistence economies: a formal assessment of preservation bias in archaeobotanical assemblages and the implications for understanding changes in plant diet breadth. *Quat Sci Rev* 2014; 101: 193–206
46. Kalis AJ, Meurers-Balke J, Scharl S, Zerl T. Überlegungen zur Nutzung von Wildpflanzen in der Bandkeramik. In: Kerig T, Novak K, Roth G (Hrsg.). *Alles was zählt... Festschrift Andreas Zimmermann*. UPA; 285. Bonn: Habelt; 2016: 315–344
47. van Willigen S, Ozainne S, Guélat M, Gentizon Haller A-L, Haller M. New evidence for prehistoric ploughing in Europe. *Humanit Scoc Sci Commun* 2024; 11(1): 372
48. Burger J, Kirchner M, Bramanti B, Haak W, Thomas MG. Absence of the lactase-persistence-associated allele in early Neolithic Europeans. *PNAS* 2007; 104(10): 3736–3741
49. Evershed RP, Payne S, Sherratt AG, Copley MS, Coolidge J, Urem-Kotsu D, Kotsakis K, Özdoğan M, Özdoğan AE, Nieuwenhuys O, Akkermans PMMG, Bailey D et al. Earliest date for milk use in the Near East and south-eastern Europe linked to cattle herding. *Nature* 2008; 455: 528–531
50. Ingram CJE, Mulcare CA, Itan Y, Thomas MG, Swallow DM. Lactose digestion and the evolutionary genetics of lactase persistence. *Human Genetics* 2009; 124(6): 579–591
51. Salque M, Bogucki PI, Pyzel J, Sobkowiak-Tabaka I, Grygiel R, Szmyt M, Evershed RP. Earliest evidence for cheese making in the sixth millennium BC in northern Europe. *Nature* 2013; 493: 522–525
52. Roffet-Salque M, Gillis RE, Evershed RP, Vigne JD. Milk as a pivotal medium in the domestication of cattle, sheep and goats. In: Stépanoff C, Vigne JD (Hrsg.). *Hybrid Communities*. London: Routledge 2018: 127–143
53. de Beer H. Dairy products and physical stature: A systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Econ Hum Biol* 2012; 10(3): 299–309
54. Max Rubner-Institut. *Ernährungsphysiologische Bewertung von Milch und Milchprodukten und deren Inhaltsstoffen*. Bericht für das Kompetenzzentrum für Ernährung, Bayern; 2014



55. Wiley AS. The evolution of lactase persistence: milk consumption, insulin-like growth factor I, and human life-history parameters. *Q Rev Biol* 2018; 93(4): 319–345
56. Evershed RP, Davey Smith G, Roffet-Salque M, Timpson A, Diekmann Y, Lyon MS, Cramp LJE, Casanova E, Smyth J, Whelton HL, Dunne J, Brychova LJE et al. Dairying, diseases and the evolution of lactase persistence in Europe. *Nature* 2022; 608: 336–345
57. Flatz G, Rotthauwe HW. Lactose nutrition and natural selection. *The Lancet* 1973; 302(7820): 76–77
58. McClure SB, Magill C, Podrug E, Moore AMT, Harper TK, Culleton BJ, Kennett DJ, Freeman KH. Fatty acid specific  $\delta^{13}\text{C}$  values reveal earliest Mediterranean cheese production 7,200 years ago. *PLoS One* 2018; 13(9): e0202807
59. Matlova V, Roffet-Salque M, Pavlu I, Kyselka J, Sedlarova I, Filip V, Evershed RP. Defining pottery use and animal management at the Neolithic site of Bylany (Czech Republic). *J Archaeol Sci Rep* 2017; 14: 262–274
60. Brychova V, Roffet-Salque M, Pavlu I, Kyselka J, Kyjakova P, Filip V, Ivo S, Evershed RP. Animal exploitation and pottery use during the early LBK phases of the Neolithic site of Bylany (Czech Republic) tracked through lipid residue analysis. *Quat Int* 2021; 574: 91–101
61. Dunne J, Szilágyi M, Casanova E, Griffiths S, Knowles T, Evershed RP, Hofmann D. The Milky Way: Mobility and Economy at the Turn of the 3rd Millennium in Southern Central Europe. *PPS* 2023; 89: 23–50. DOI: 10.1017/ppr.2023.3
62. Demirci Ö, Lucquin A, Craig OE, Raemaekers DCM. First lipid residue analysis of Early Neolithic pottery from Swifterbant (the Netherlands, ca. 4300–4000 BC). *Archaeol Anthropol Sci* 2020; 12(5): 105
63. Craig OE, Steele VJ, Fischer A, Hartz S, Andersen SH, Donohoe P, Glykou A, Saul H, Jones DM, Koch E, Heron CP. Ancient lipids reveal continuity in culinary practices across the transition to agriculture in Northern Europe. *PNAS* 2011; 108(44): 17910–17915
64. DeNiro MJ, Epstein S. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim Cosmochim Acta* 1978; 42(5): 495–506
65. Scheibner A. Prähistorische Ernährung in Vorderasien und Europa: eine kulturgeschichtliche Synthese auf der Basis ausgewählter Quellen. Rahden/Westf.: VML Verlag Marie Leidorf; 2016
66. Schier W, Orschied J, Stäuble H, Liebermann C (Hrsg.). Mesolithikum oder Neolithikum? Auf den Spuren später Wildbeuter. Berlin Studies of the Ancient World; 72. Berlin: Edition Topoi; 2021
67. Hilpert J. Viehzucht und Landnutzung – Das Neolithikum im Vergleich zu den preußischen Rheinlanden (1800 AD). Diss. Universität zu Köln 2017
68. Nicklisch N. Spurensuche am Skelett: Paläodemografische und epidemiologische Untersuchungen an neolithischen und frühbronzezeitlichen Bestattungen aus dem Mittelbe-Saale-Gebiet im Kontext populationsdynamischer Prozesse. Forschungsberichte des Landesmuseums für Vorgeschichte Halle; 11. Halle: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Landesmuseum für Vorgeschichte; 2017
69. Münster A, Knipper C, Oelze VM, Nicklisch N, Stecher M, Schlenker B, Ganslmeier R, Fragata M, Friederich S, Dresely V, Hubensack V, Brandt G et al. 44000 years of human dietary evolution in central Germany, from the first farmers to the first elites. *PLoS One* 2018; 13(3): e0194862
70. Nicklisch N, Ganslmeier R, Siebert A, Friederich S, Meller H, Alt KW. Holes in teeth – dental caries in neolithic and early bronze age populations in Central Germany. *Ann Anat* 2016; 203: 90–99. DOI: 10.1016/j.aanat.2015.02.001
71. Claßen E, Zimmermann A. Soziale Strukturen im Neolithikum. In: Kunow J, Otten T, Rind M, Trier M (Hrsg.). Revolution Jungsteinzeit. Archäologische Landesausstellung NRW, Stuttgart, Darmstadt: Theiss; 2015: 188–195
72. Gifford-Gonzalez D. An Introduction to Zooarchaeology. Cham: Springer International Publishing 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-65682-3>
73. O'Connor T. The Archaeology of Animal Bones. New York: The History Press 2004
74. Reitz EJ, Wing ES. Zooarchaeology. Cambridge manuals in archaeology. Cambridge: Cambridge University Press 2008
75. Halstead P. Mortality models and milking: problems of uniformitarianism, optimality and equifinality reconsidered. *Anthropozoologica* 1998; 27: 3–20
76. Helmer D, Gourichon L, Vila E. The development of the exploitation of products from *Capra* and *Ovis* (meat, milk and fleece) from the PPNB to the Early Bronze in the northern Near East (8700 to 2000 BC cal.). *Anthropozoologica* 2007; 42(2): 41–69
77. Jacomet St, Hüster-Plogmann H, Schibler J, Akeret Ö, Deschler-Erb S. Archäobiologischer Feldkurs. Basel: IPNA; 2009. [https://duw.unibas.ch/fileadmin/user\\_upload/duw/IPNA/PDF\\_s/PDF\\_s\\_in\\_use/ArchBiol\\_Feldkurs\\_2009\\_Skript\\_mBeil.pdf](https://duw.unibas.ch/fileadmin/user_upload/duw/IPNA/PDF_s/PDF_s_in_use/ArchBiol_Feldkurs_2009_Skript_mBeil.pdf)
78. Fægri K, Iversen J. Textbook of Pollen Analysis, 4. Auflage. Chichester: John Wiley & Sons; 1989.
79. Jacomet St, Kreuz A. Archäobotanik. Stuttgart: Ulmer; 1999
80. Heron C, Evershed RP, Goad LJ. Effects of migration of soil lipids on organic residues associated with buried potsherds. *J Archaeol Sci* 1991; 18(6): 641–659
81. Evershed RP. Compound-specific Stable Isotopes in Organic Residue Analysis in Archaeology. In: Colombini MP, Modugno F (Eds.). Organic Mass Spectrometry in Art and Archaeology. Chichester: John Wiley & Sons, Inc.; 2009: 391–432
82. Schoeninger MJ, Moore K. Bone Stable Isotope Studies in Archaeology. *J World Prehist* 1992; 6: 247–296
83. Schwarcz HP, Schoeninger MJ. Stable Isotopes of Carbon and Nitrogen as Tracers for Paleo-Diet Reconstruction. In: Baskaran M (Ed.). Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. Berlin: Springer; 2011: 725–742
84. Schöniger MJ, DeNiro MJ. Nitrogen and carbon isotopic composition of bone collagen from marine and terrestrial animals. *Geochim Cosmochim Acta* 1984; 48(4): 625–639
85. Katzenberg MA. Stable Isotope Analysis: A Tool for Studying Past Diet, Demography, and Life History. In: Katzenberg MA, Saunders SR (Eds.). Biological Anthropology of the Human Skeleton. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.; 2008: 411–441
86. Bateman EJ, Baggs EM. Contributions of nitrification and denitrification to  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from soils at different water-filled pore space. *Biol Fertil Soils* 2005; 41(6): 379–388
87. Scharl S, Zerl T, Eckmeier E, Gerlach R. Earliest archeological evidence of fertilization in Central Europe. *JPNSS* 2023; 186(4): 375–382

**Professorin Dr. Silviane Scharl, Elisabeth Krewer M.A.,  
Dr. Nadine Nolde, Dr. Tanja Zerl**  
Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität zu Köln