

Umweltnutzung im Mittelalter

Gisela Grupe, München

»Der Landnutzungswandel von der völkerwanderungszeitlichen Wald- zur ausgeräumten hochmittelalterlichen Agrarlandschaft veränderte den Energie- und Wasserhaushalt, rief Klimaänderungen mit der Zunahme von Witterungsextremen und exzessiver Bodenerosion hervor, bewirkte Mißernten, Hungersnöte, Seuchen und Massensterben, das Wüstfallen von Fluren und Orten und schließlich veränderte Ernährungsgewohnheiten.« (Bork et al. 1998, p 249). Was hier aus der Sicht der Landschaftsökologie jüngst formuliert wurde, beschreibt die Vorgehensweise der Anthropologie, aus ihren empirischen Quellen – den archäologischen menschlichen Skelettfunden – die Umweltnutzung menschlicher Bevölkerungen in der Vergangenheit zu eruieren. Aus den Ernährungsgewohnheiten früherer Bevölkerungen wird die entsprechende Wirtschaftsweise zur Nahrungsbeschaffung erschlossen, woraus sich dann der anthropogene Umweltwandel ableiten läßt.

Während derartige Rekonstruktionen der Ernährungsgewohnheiten aus Skelettfunden zunächst überwiegend mittels Spurenelementanalysen des Knochenminerals vorgenommen wurden, hat sich in den letzten Jahren ein anderer methodischer Zugang vermehrt durchgesetzt: die Analyse stabiler Kohlenstoff- und Stickstoffisotope aus dem Knochenkollagen. Die Vorteile dieser Methode liegen im Wesentlichen darin begründet, daß ein stärker differenziertes Ernährungsmuster eruiert werden kann, und daß die Meßwerte individualisierbar sind, womit – falls erforderlich – auch für jedes einzelne Individuum dessen Nahrungspräferenz angegeben werden kann. Kollagen als hauptsächlich organische Matrix des Knochengewebes hat aufgrund seiner vollständigen Maskierung durch das schwer lösliche Knochenmineral prinzipiell sehr gute Überlieferungschancen im archäologischen Fundgut und stellt daher auch das Substrat für die ^{14}C -Datierung von Knochenfunden dar. Die Matrixatome dieses organischen Makromoleküls sind Kohlenstoff und Stickstoff, welche jeweils in Form des häufigen leichten Isotops (^{12}C , 98,89%; bzw. ^{14}N , 99,64%) und des seltenen schweren stabilen Isotops (^{13}C , 1,11%; bzw. ^{15}N , 0,36%) vorliegen. Jedes Molekül ist durch ein bestimmtes $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ bzw. $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ -Verhältnis gekennzeichnet, wobei aus technischen Gründen diese Isotopenverhältnisse einer internationalen Konvention folgend auf einen definierten Standard bezogen werden und als sogenannte δ -Werte (in %) ausgedrückt werden. Solche δ -Werte können positiv oder negativ sein, je positiver jedoch der Wert, desto stärker ist die untersuchte Probe mit dem jeweils schweren Isotop angereichert. Beim Transport von Kohlenstoff und Stickstoff durch die Biosphäre kommt es zu Veränderungen dieser δ -Werte, die mehrheitlich unidirektional ablaufen, an zelluläre Prozesse gebunden sind und als kinetische Isotopenfraktionierungen bezeichnet werden (Hoefs 1997). In der Folge sind die δ -Werte organischer Substanzen in den verschiedenen Kompartimenten eines Ökosystems signifikant verschieden, und aufgrund der bekannten Fraktionierungsfaktoren läßt sich aus den δ -Werten des Knochenkollagens (also des Konsumenten) auf die δ -Werte der Nahrungsmittel zurückschließen (Übersicht in Ambrose 1993). Entsprechend des Baustoffwechsels stehen die δ -Werte im Knochenkollagen in unmittelbarer Beziehung zu den Eiweißkomponenten der Nahrung.

Für die Kohlenstoffisotopien (^{13}C) gilt, daß der größte Fraktionierungsfaktor auf der Ebene der Photosynthese bei den grünen Pflanzen liegt. In unseren gemäßigten Breiten folgen die

eßbaren Pflanzen überwiegend einem Photosynthesemechanismus, währenddessen die Pflanze bevorzugt das leichte Kohlenstoffisotop (^{12}C) aufnimmt. Unsere Ökosysteme sind daher durch Pflanzen charakterisiert, welche niedrige Kohlenstoffisotopien um -26% aufweisen. Konsum und Verstoffwechselung dieser Pflanzenahrung führt zu einem recht konstanten Fraktionierungsfaktor von +5%, so daß Knochenkollagen von Säugetieren in diesen Ökosystemen ^{13}C -Werte um -21% aufweist. Bei der Untersuchung archäologischer Knochenfunde ist dabei zu beachten, daß der Eintrag fossilen Kohlenstoffs in die Atmosphäre durch die Industrialisierung heute zu einer Erniedrigung der ^{13}C -Werte um ca. 1,5 % geführt hat. Dieser »fossil fuel effect« ist bei einem diachronen Vergleich zu berücksichtigen. Ein ganz wesentlicher Faktor bei der Rekonstruktion früher Umweltgegebenheiten ist der sogenannte "Baldachin-Effekt", ein weiteres Absinken der Kohlenstoffisotopien in dicht bewaldeten Gebieten, hervorgerufen durch photosynthetisches »recycling« von CO_2 , welches durch verrottendes Substrat am Waldboden entsteht. In den bewaldeten Gebieten Bayerns ist z. B. die bodennahe Pflanzenschicht heute durch ^{13}C -Werte um -28 % charakterisiert. Zuletzt sei noch erwähnt, daß sich marine Ökosysteme von terrestrischen durch durchgängig signifikant positivere Kohlenstoffisotopien auszeichnen. ^{13}C -Werte aus menschlichem Knochenkollagen sind also hinweisgebend auf die Art der Nahrungspflanzen (bezogen auf deren Photosynthesemechanismus), die Landschaftsform (offener bzw. bewaldeter Standort), und den Anteil von Meeresfrüchten in der täglichen Nahrung.

Die Variabilität der Stickstoffisotopien in eßbaren Pflanzen ist sehr hoch, generell zeichnen sich jedoch Stickstoff fixierende Pflanzen, wie die für die menschliche Ernährung bedeutenden Hülsenfrüchte, durch besonders niedrige -Werte aus. Auch ein klimatischer Effekt ist zu beobachten, nach dem Pflanzen an heißen und trockenen Standorten höhere -Werte aufweisen als solche an feuchten und kühlen Standorten. Für die Rekonstruktion des Nahrungsverhaltens anhand der ^{15}N -Werte aus Knochenkollagen ist jedoch der signifikante Trophiestufeneffekt der Stickstoffisotopien von besonderer Bedeutung. Von einer Stufe des Nahrungsnetzes zur nächsten (Pflanzenfresser Allesfresser primäre Fleischfresser sekundäre Fleischfresser) erfolgt eine Anreicherung der Gewebe mit ^{15}N , und zwar mit einem variablen, im Mittel etwa +4 % betragenden Fraktionierungsfaktor. Laktierende Säugetiere produzieren diesen Trophiestufeneffekt gewissermaßen im eigenen Organismus, so daß Milch und Milchprodukte durch besonders hohe ^{15}N -Werte ausgewiesen sind. Aufgrund der klimatischen Abhängigkeit ist jedoch zu beachten, daß dieser Trophiestufeneffekt nur innerhalb eines umschriebenen Standortes auftritt. ^{15}N -Werte aus menschlichem Knochenkollagen sind damit hinweisgebend auf die klimatischen Verhältnisse des Lebensraumes, auf den Konsum von Hülsenfrüchten versus Getreide, und den Anteil tierischen Proteins in der täglichen Nahrung. Ebenso wie im Falle der Kohlenstoffisotopien, läßt auch ^{15}N eine Abschätzung des Anteils mariner und terrestrischer Nahrungsmittel zu.

Ein erstes Beispiel zur Anwendung dieser Isotopenmethode soll mit dem Vergleich zwischen zwei hochmittelalterlichen Skelettserien gegeben werden, von denen eine Bevölkerung (Schleswig, Rathausmarkt, 11.-13. Jhdt.) in Küstennähe gelebt hatte, die andere (Göttingen, Ossuar St. Nikolai, 13. Jhdt.) dagegen im Binnenland. Die Erwartung, daß die Schleswiger Bevölkerung im Mittelalter durch die leicht erschließbare Ressource des Meeres auch eine marine Isotopensignatur aufweisen sollte, erfüllte sich nicht:

stichprobenartige Untersuchungen von erwachsenen Skeletten ergaben vielmehr, daß die ^{15}N -Werte der Schleswiger Population um lediglich rund 1 % gegenüber der Göttinger Serie erhöht waren, die ^{13}C -Werte um 2,5 %. Die Meßdaten aus beiden Serien wiesen einen sehr hohen Überlappungsbereich auf, lediglich für einzelne Individuen aus Schleswig ließ sich der bevorzugte Konsum mariner Nahrung aufgrund der Isotopen belegen (Grupe 1986). Daß es sich hierbei um Angehörige einer bestimmten Berufsgruppe handelte (z. B. Fischer), mag naheliegen, ist aber nicht beweisbar. Auf der Populationsebene hat sich somit kein grundlegend verschiedenes Ernährungsregime zwischen beiden Serien gezeigt, abgesehen von einer insgesamt etwas proteinreicheren Ernährung der Schleswiger, ablesbar an der Anreicherung mit ^{15}N . Die Daten können dahingehend interpretiert werden, daß mit der Nachfolge der Siedlung Haithabu nicht nur der Standort an das gegenüberliegende Ufer der Schlei verlegt wurde, sondern daß gleichzeitig eine andere, mehr auf Ackerbau und vor allem Viehzucht ausgelegte, Wirtschaftsweise praktiziert wurde. Angesichts neuer Untersuchungen zur antiken Wirtschafts- und Ernährungsweise im Mittelmeerraum (Lambrou-Phillipson 1998) dürfte die allgemeine Erwartungshaltung, Küstennähe würde den Fischfang als hauptsächliche Nahrungsquelle für alle Bevölkerungsstrata notwendig implizieren, in dieser einfachen Form nicht haltbar sein. Mit diesem Beispiel läßt sich die Flexibilität in der Umweltnutzung durch menschliche Bevölkerungen in eindringlicher Weise belegen.

Der große Vorteil der Isotopenmethode im Vergleich zur Ernährungsrekonstruktion anhand von Spurenelementdaten zeigt sich bei der Erschließung individuentypischer Nahrungsgewohnheiten. Da Spurenelementdaten aufgrund der hohen inter- und intra-individuellen Variabilität in der Regel nur auf dem Gruppenniveau interpretierbar sind, lassen sich wesentliche Aspekte gar nicht erschließen, oder sie werden verschleiert. Eine solche Fehlinterpretation hat z. B. auch bei der o. a. mittelalterlichen Skelettserie aus Schleswig in bezug auf die Säuglingsernährung stattgefunden, da die gruppentypische Spurenelementkonzentrationen einen frühen Entwöhnungszeitpunkt nahelegten (Grupe 1986). Eine Revision dieser Daten anhand von ^{15}N -Werten aus Knochenkollagen, auch im Vergleich mit entsprechenden Daten anderer mittelalterlicher Skelettserien, ist geeignet, diese Aussage zu widerlegen: bei den im Kleinkindalter verstorbenen Individuen läßt sich in der Regel im Zeitraum zwischen der Geburt und dem 4.-6. Lebensjahr ein Absinken der ^{15}N -Werte um 3-4 % feststellen, entsprechend dem oben beschriebenen Trophiestufeneffekt also der Wechsel von (fast) ausschließlicher Ernährung mit Muttermilch zu einer gemischten, der Erwachsenenahrung ähnlichen Ernährung. Auskunft über den Entwöhnungszeitpunkt gibt die Geschwindigkeit dieser Abnahme in den -Werten mit dem Lebensalter - je eher die erwachsenentypischen Isotopen erreicht werden, desto früher wurde abgestillt. Die Stickstoffisotopen der früh verstorbenen Kleinkinder aus Schleswig belegen, daß einige dieser Kinder nicht etwa früh entwöhnt wurden, sondern im Gegenteil nie gestillt worden sind, während andere noch im 2. Lebensjahr eine Isotopensignatur aufweisen, welche auf den häufigen Konsum von Milch (bzw. Milchprodukten) hinweist. Das generative Verhalten einer Bevölkerung und das damit zusammenhängende Bevölkerungswachstum hat großen Einfluß auf die Gestaltungen des unmittelbaren ökologischen Umfeldes. Verlängerte oder verkürzte Stillzeiten sind ohne Zweifel maßgeblicher Parameter des reproduktiven Verhaltens. Erst die Isotopenmethode kann jedoch Klarheit darüber schaffen, ob es sich bei den Praktiken zur Säuglingspflege und -ernährung tatsäch-

lich um ein gruppentypisches Verhalten handelt, oder ob die Säuglingsernährung vom individuellen Schicksal geprägt ist.

Dennoch ist es wünschenswert, mehr Details über die Art, Zusammensetzung und Zubereitung der täglichen Nahrung zu erfahren, um z. B. über die Rekonstruktion der Verwendung und Zusammensetzung von Getreide die entsprechenden Anbau- und Verarbeitungsverfahren zu erschließen, welche letztlich die erforderliche Information zur Umweltnutzung liefern. Wir verfolgen zur Beantwortung dieser Fragen gegenwärtig einen experimentellen Ansatz, welcher auf den Fortschritten in der Analyse sogenannter »dental microwear« beruht (Übersicht bei Rose und Ungar 1998). Die Auswertung mikroskopischer Verschleißmuster auf dem Zahnschmelz ist geeignet, Rückschlüsse auf den Zahngebrauch der untersuchten Individuen zu ziehen. Bei diesen Verschleißmustern ist zu unterscheiden zwischen solchen, die durch Zahn-auf-Zahn-Kontakten zwischen benachbarten oder opponierenden Zähnen hervorgerufen werden (Attrition) und solche, welche aufgrund von Zahn-Nahrung-Kontakten bevorzugt an den oberen Höckerfacetten der Zähne zu finden sind (Abrasion). Abrasive Partikel in der Nahrung können auf dem Zahnschmelz sowohl Gruben als auch Kratzspuren erzeugen, und deren Dichte bzw. das Verhältnis von Gruben und Kratzspuren wird als Marker für die Nahrungsqualität genutzt. Wir verfolgen insofern einen neuartigen Ansatz, als die Morphologie, die spezifische Qualität der mikroskopischen grubenförmigen Läsionen auf dem Zahnschmelz gezielt im Simulationsexperiment untersucht werden.

Bei der Ernährung, deren Kohlehydratanteil im wesentlichen auf Getreide beruht, stellen Opal-Phytolithe den wesentlichen abrasiven Faktor dar. Gerade diese opalen Siliziumkörper werden von heimischen Pflanzen in großer Menge produziert, wobei Silizium vom Grundwasser in Form von Monokieselsäure an die Oberfläche gebracht und in verschiedenen Pflanzenteilen durch die Bildung von Siliziumkörpern abgelagert wird, welche härter sind als Zahnschmelz und daher Abrasion verursachen. Die Opal-Phytolithen liegen in Form von deutlich voneinander unterscheidbaren morphologischen Typen vor, welche sich entsprechend des Bestimmungsschlüssels von Kaplan et al. (1992) auch in differenzieller Weise auf die diversen Getreidearten verteilen. Aus diesen Gründen, und auch aufgrund ihrer Resistenz gegenüber Dekomposition, hat sich die Analyse von Opal-Phytolithen sowohl im archäologischen Fundgut (Piperno 1988), als auch auf bodengelagerten menschlichen Zähnen (Lalueza Fox & Pérez-Pérez 1994, Lalueza Fox et al. 1996) bei der Rekonstruktion menschlicher Subsistenzstrategien als nützlich erwiesen.

Bei der Inspektion von 30 Molaren aus der frühmittelalterlichen Skelettserie von Wenigumstadt (Ldkr. Aschaffenburg) ließ sich auf jedem Zahn mindestens ein Phytolith identifizieren, welcher trotz mechanischer Reinigung der Skelette fest auf dem Zahnschmelz verhaftet war. Dies spricht zunächst für eine grobe Nahrung, welche hohe Beißkräfte erforderte. Für intakte Phytolithen konnte anhand ihres Typus zumindest eine Ausschlußdiagnose in bezug auf das konsumierte Getreide getroffen werden.

Simulationsversuche zur Produktion von Abrasionsspuren auf menschlichem Zahnschmelz eröffnen darüberhinaus die Perspektive der Identifikation des konsumierten Getreides anhand der speziellen Morphologie der grubenartigen Läsionen. Mehrheitlich finden sich aufgrund der einander überlagernden Kauzyklen Gruben von unspezifischer Größe und Form. Rund 25 % der experimentell produzierten Gruben wiesen jedoch charakteristische Merkmale auf, welche auf die für die jeweils verwendeten Getreidesorten typi-

Literatur

- Ambrose, S.H. (1993) Isotopic analysis of paleodiets: Methodological and interpretive considerations. In: Sandford, M.K. (ed): Investigations of Ancient Human Tissue. Gordon & Breach, Langhorne/Pennsylvania. pp 59-130.
- Bork, H.-R., Bork, H., Dalchow, C., Faust, B., Piorr, H.-P., und Schatz, T. (1998) Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Klett-Perthes Verlag, Gotha und Stuttgart.
- Hoefs, J. (1997) Stable Isotope Geochemistry. 4. Auflage. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Grupe, G. (1986) Multielementanalyse: Ein neuer Weg für die Paläodemographie. Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (Hrsg.), Materialien zur Bevölkerungswissenschaft, Sonderheft 7, Wiesbaden.
- Kaplan, L., Smith, M.B. & Sneddon, L.A. (1992) Cereal grain phytoliths of southwest Asia and Europe. In: Rapp, G. Jr. & Mulholland, S.C. (eds): Phytolith Systematics, Advances in Archaeological and Museum Science. Plenum Press, New York, Vol. 1. pp 149-174.
- Lalueza Fox, C., Juan, J., & Albert, R.M. (1996) Phytolith analysis of dental calculus, enamel surface, and burial soil: information about diet and paleoenvironment. American Journal of Physical Anthropology 101, 101-113.

Lalueza Fox, C. & Pérez-Pérez, A. (1994) Dietary information through the examination of plant phytoliths on the enamel surface of human dentition. *Journal of Archaeological Science* 21, 29–34.

Lambrou-Phillipson, C. (1998) A Greek Mediterranean diet: a shield for all season. *Rivista di Antropologia* (Roma), Suppl. Vol. 76, 95–104.

Piperno, D.R. (1988) *Phytolith Analysis. An Archaeological and Geological Perspective*. Academic Press.

Rose, J.C. & Ungar, P.S. (1998) Gross dental wear and dental microwear in historical perspective. In: Alt, K.W., Rösing, F.W. & Teschler-Nicola, M. (eds): *Dental Anthropology. Fundamentals, Limits, and Prospects*. Springer Verlag, Wien, New York. pp 349–386.

schen Phytolithen zurückzuführen waren. Signifikante Unterschiede in der microwear beruhen darüberhinaus auf der Art und Weise der Getreidezubereitung (historische versus moderne Mühleintechnik), was ebenfalls experimentell bestätigt werden konnte.

Sowohl in bezug auf die molekularen Bestandteile, als auch in bezug auf mikroskopische morphologische Merkmale bergen menschliche Skelettfunde eine Fülle von detaillierten Informationen über frühes Ernährungsverhalten, sowohl auf der Ebene einzelner Individuen als auch auf der Ebene der Bevölkerung. Die Kenntnis der Subsistenzstrategie wiederum trägt in Umkehrung des einleitenden Zitates zur Erschließung mittelalterlicher Umweltnutzung in bezug auf die Agrarproduktion in entscheidender Weise bei.