

Gesundheit und Krankheit im Spiegel von Anthropologie, Bioarchäologie und Evolutionärer Medizin

Kurt W. Alt & Sandra Pichler

»Mismatched to modernity. Adaptation
takes time«

(Nesse & Dawkins 2010)

Drei Millionen Jahre Co-Evolution Mensch und Kultur

Unter evolutiven Gesichtspunkten betrachtet ist die Gattung *Homo* seit Beginn der Menschheitsgeschichte vor etwa drei Millionen Jahren, wie andere Säugtiere, ein Teil der Natur und unterliegt deren Gesetzen. Bei einer Generationsdauer von 25 Jahren bevölkerten seither 120.000 Generationen Menschen die Erde. Vor zwei Millionen Jahren begann sich *Homo erectus* aus der Ursprungsregion Afrika nach Eurasien auszubreiten. Diese Auswanderung besaß Pioniercharakter und galt der Erschließung neuer Lebensräume. Migration scheint daher ebenso Teil der Natur des Menschen zu sein, wie das soziale Zusammenleben in offenen, exogam organisierten, mobilen, temporären Gemeinschaften, wie dies die längste Zeit der Menschheitsgeschichte der Fall war. Der panafrikanische Ursprung von *Homo sapiens* reicht mehr als 300.000 Jahre zurück und umfasst 12.000 Generationen (Hublin et al. 2017). Vor 200.000 Jahren begann auch *Homo sapiens* sich aus Afrika nach Eurasien auszubreiten (Harvati et al. 2019). Aufgrund der geringen Besiedlungsdichte während des Pleistozäns (Zeitabschnitt 2,5 MJ bis zum Beginn des Holozäns 12.000 Jahre vor heute) war das Leben in kleinen, kooperativen sozialen Gemeinschaften wahrscheinlich Teil der Dynamik weitgehend egalitärer Gesellschaften (Fox 1969; Bird-David 1988). Die sozio-kulturelle Organisation der Gemeinschaften, ihr Zusam-

menleben in Gruppen, das Rolle der Geschlechter und die Arbeitsteilung sind Gegenstand intensiver Forschung in den Natur- wie Geisteswissenschaften. Konsens besteht über Disziplingrenzen hinweg darüber, dass die Menschen, so lange sie als mobile Wildbeuter die verschiedenen Lebensräume der Welt durchstreiften, optimal an ihre Lebensbedingungen adaptiert waren (Haas et al. 2020).

Wer die Sonderstellung des Menschen in der Natur begreifen will, muss weit in die Evolutiongeschichte zurückblicken (Muehlenbein 2015). Die Beschäftigung mit der Stammesgeschichte unserer Art erlaubt die typischen Charakteristika der Gattung *Homo* zumindest in ihren Grundzügen nachzuzeichnen, wie den habituell Aufrechten Gang, das Freiwerden der Hände, das große Gehirn, Sprache, komplexes Denken und die begleitenden kulturellen Errungenschaften. Unter Berücksichtigung unserer langen Ahnenreihe in der Primatenevolution scheint die Spezies *Homo* primär in dem Sinne einzigartig, dass sie durch gezielte und kontinuierliche Manipulation ihrer ökologischen Umwelt einen revolutionären Wandel aus dem »Kontinuum« Evolution heraus realisiert hat (Vogel 1989). So verändert der Mensch die Tier- und Pflanzenwelt bereits früh im Pleistozän nachhaltig und nimmt tiefgreifend Einfluss auf die Stoffkreisläufe der Natur (Barnosky et al. 2004; Gamble 2014; Boivin et al. 2016).

Homo sapiens ist aus dem Blickwinkel der biologischen Evolution ein relativ junges Produkt der Natur und mit der Herausbildung des modernen Menschen hat die menschliche Makroevolution vor mehr als 300.000 Jahren einen vorläufigen Abschluss gefunden. Wie erfolgreich die Art seit ihrer Entstehung agiert, zeigt sich darin, dass es ihr gelang, sich global erfolgreich an die Umwelt und die unterschiedlichsten Ökotope anzupassen (Sayers & Lovejoy 2014). Diese Erfolgsgeschichte ist allerdings nicht allein durch die Biologie erklärbar. Als Pendant zur biologisch fundierten Weitergabe der Gene an die Nachkommen, schuf Dawkins (2006) den Begriff Mem (engl. Meme), um die Weitergabe menschlicher Verhaltensweisen und Traditionen und damit kulturelle Evolution zu beschreiben. Letztere ist in entwickelter Form charakteristisch für den Menschen, in ihren Grundzügen allerdings bereits in den großen Menschenaffen angelegt und damit tief in die Entwicklungsgeschichte der Hominiden zurückreichend. Im Verlauf der Menschheitsentwicklung beschleunigt sich das Tempo der kulturellen gegenüber der biologischen Evolution stark, wenngleich gegenseitige Abhängigkeiten existieren. Kernfaktoren dieser Beschleunigung bilden Kulturleistungen, wie Feuernutzung, Nahrungszubereitung, Bekleidung, Schutzbehausungen sowie als zentrale Faktoren, sozialer

Zusammenhalt und Kooperation. Ohne diese Errungenschaften und ohne die gesellschaftliche Einbindung ist der Mensch, ist unsere Art, weder denkbar noch überlebensfähig (Tomasello 2000; Fuentes 2004; Gamble et al. 2016).

Trotz dieser Erfolge ist die menschliche Evolution nicht zum Stillstand gekommen und setzt sich bis in der Gegenwart hinein fort. Mit dem Begriff »Mikroevolution« werden diejenigen Prozesse beschrieben, die auch weiterhin stattfinden und die Menschen als Spezies verändern (Hawks et al. 2007). Umfang und Ausmaß dieser mikroevolutiven Prozesse nachzuvollziehen, deren Ursachen und Auswirkungen zu erforschen, gewinnt aktuell in dem Maße an Bedeutung, wie sich die Konzeption des Menschen als Wesen durchsetzt, das nur ganzheitlich und jenseits aller Disziplinargrenzen zu verstehen ist. Diesem Anliegen folgt der von Marina Böddeker und Thomas Hehlmann herausgegebene Band aus dem Feld »Public Health«. Die Herausgebenden orientieren sich an einem Konzept, das sowohl unser evolutionäres Erbe als auch die Licht- und Schattenseiten technischer Innovationen auf die Lebensbedingungen und die Gesundheit des Menschen in der Postmoderne berücksichtigt.

Der Beitrag der Bioarchäologie zur Rekonstruktion der Vergangenheit

Die »Biologische Anthropologie«, synonym »Humanbiologie«, beschäftigt sich mit dem Menschen als lebendem Teil der Natur in Abhängigkeit von den genetischen Anlagen und modifizierend wirkenden Umweltfaktoren. Aufgrund unserer stammesgeschichtlichen Herkunft beginnt die Forschung bei den nächsten Verwandten des Menschen, den Primaten, setzt sich zeitlich folgend mit der Humanevolution auseinander und reicht bis in die Gegenwart. Traditionell steht dabei im deutschsprachigen Raum die biologische (physische) Seite des Menschen im Vordergrund. Eine Grundfrage dabei ist, welche biologischen Charakteristika die Spezies Mensch definieren und wie diese sich von ihren nächsten Verwandten, den nichtmenschlichen Primaten, unterscheidet. Dazu ist es notwendig, sich vergleichend mit der Genetik, der Anatomie und Morphologie sowie Physiologie der Hominoidea (Menschenaffen, Mensch, sowie deren Vorfahren) zu beschäftigen, das menschliche Verhalten zu studieren, die besondere Fähigkeit von *Homo* zur Adaptation herauszustellen und die Wechselwirkungen zwischen den Menschen und ihrer Umwelt zu untersuchen (Knussmann & Martin 1988; Grupe et al. 2012).

Anthropologie als *Wissenschaft vom Menschen* widmet sich in ihrer umfassendsten Ausprägung allen Facetten des Menschseins. Sie fokussiert dabei nicht allein auf unsere physischen Eigenschaften, sondern versucht auch die Kulturfähigkeit des Menschen evolutionsbiologisch zu erklären. Kultur ist zweifellos ein essentielles Element der menschlichen Gesellschaft, aber sie ist nicht in unseren Genen verankert. Anders verhält es sich mit der *Kulturfähigkeit* des Menschen. Menschen besitzen ein biologisches Potential für kulturelles Verhalten und lernen dieses während ihrer frühen Entwicklung zu nutzen. Die Fähigkeit, Kultur zu entwickeln, hängt eng mit der Entwicklung der neurobiologischen Strukturen des Gehirns zusammen und stellt demnach einen psychischen Adaptationsprozess dar. Anders verhält es sich mit unseren einzigartigen nicht-biologischen Charakteristika, die wir Kultur nennen. Mit den kulturellen Leistungen und sozial adaptierten Gesellschaftsstrukturen des Menschen beschäftigen sich Kultur- und Sozialwissenschaften. Strenge methodische Grenzziehungen zwischen Forschungsgebieten sind allerdings kaum möglich und auch nicht mehr zeitgemäß (Haidle et al. 2015; Waring & Wood 2021).

Durch die Übernahme des biologischen Populationskonzepts in der Mitte des 20. Jh. verstärkte sich der Druck zur Zusammenarbeit zwischen Archäologie und Anthropologie. Beide Disziplinen ergänzen sich in Fragen der kulturellen und biologischen Rekonstruktion der Vergangenheit, weil sie sich über den gemeinsamen Forschungsgegenstand *Mensch* thematisch nahestehen. Überdies arbeiten die Kulturwissenschaften längst nicht mehr ausschließlich mit geisteswissenschaftlichen Methoden und speziell in der Archäologie sind die Naturwissenschaften, insbesondere statistische, analytische und bildgebende Verfahren, inzwischen ein fester Bestandteil der Forschung (Pollard et al. 2023).

In der Archäologie repräsentieren Bestattungen, materielle Hinterlassenschaften und Siedlungsspuren zentrale Quellengattungen. Zur Auswertung dieser Quellen arbeiten die Altertumswissenschaften seit Jahrzehnten eng mit einer Vielzahl Subdisziplinen zusammen, deren Wurzeln in der Biologie, Physik, Chemie, Biochemie, Genetik und Geologie liegen. Dazu gehören die Archäobotanik, Archäozoologie, Prähistorische Anthropologie, Paläogenetik sowie die Isotopenforschung zur Rekonstruktion von Ernährung, Mobilität, Migration und spezifischer kultureller Praktiken, etwa Residenzregeln in menschlichen Partnerschaften. Die enge Zusammenarbeit manifestiert sich in der Etablierung einer eigenen Disziplin, der Naturwissenschaftlichen Archäologie (engl. Archaeological Science). Von besonderer Bedeutung ist hier

die Untersuchung organischer Materialien aus archäologischen Kontexten, seien dies menschliche Überreste, Tier- und Pflanzenreste oder anthropogene Spuren in oder auf Steingeräten, Keramik u. a. m. in der sog. Bioarchäologie (Weiner 2010; Pollard et al. 2023).

Transdisziplinäre Studien zwischen den Altertumswissenschaften und der Bioarchäologie verbinden heute biologische und kulturelle Aspekte der Evolution zu einer Wissenschaft vom Menschen mit all seinen Lebensäußerungen. Im Blickfeld der Forschung stehen dabei Kultur und Lebensraum, Herkunft und Entwicklung, die Adaptation an die Umwelt, Ernährung und Krankheit, demografische und gesellschaftliche Strukturen, das Genom und das menschliche Verhalten. Bioarchäologische Studien generieren in diesem Zusammenhang eindruckliche individuelle und kollektive anthropologische Basisdaten: osteologische Steckbriefe in biografischer Dichte und Tiefe, molekulargenetische und biogeochemische Fingerprints zur geografischen und ethnischen Herkunft, Ernährungsmuster und Mangelkrankungen, Aussagen über die soziale Struktur und die Geschlechterverhältnisse, über genetische Verwandtschaft ebenso wie Daten zur Morbidität und Mortalität von Bevölkerungen in der Vergangenheit (Meller & Alt 2010; Agarwal & Glencross 2011; Larsen 2015; Cheverko et al. 2021; Orlando et al. 2021).

Unter Berücksichtigung von Zeitstellung, Kultur und Lebensraum lassen sich auf diese Weise wichtige Informationen zum Ursprung, zur Entwicklung und dem möglichen Wandel von Krankheiten unter dem Einfluss von Umwelt, Erbe, Verhalten und sozialen Gegebenheiten dokumentieren. Der Transfer von Daten und Erkenntnissen aus der Bioarchäologie in die moderne Medizin hilft, die Entstehung und die evolutiven Ursachen von Krankheiten besser zu reflektieren und damit indirekt Einfluss zu nehmen auf deren Diagnose und Therapie.

Tiefgreifende soziale und kulturelle Umbrüche in der Menschheitsgeschichte bewirkten bedeutende Änderungen in der Lebensweise. Diese hatten oft weitreichende Folgen für die Umwelt und beeinflussten das Verhalten von Individuen wie Gruppen. Die Beherrschung des Feuers erschloss in gleichem Maße neue Lebensräume wie es Nährstoffe besser verfügbar machte (Gowlett 2016). Nachdem der Anbau von domestiziertem Getreide die Ernährung der frühen bäuerlichen Bevölkerungen nachhaltig veränderte, verschlechterte sich deren Gesundheitslage: einerseits aufgrund eines Überangebots von Kohlehydraten und damit einhergehender negativer Auswirkungen auf den Stoffwechsel, andererseits durch einen Mangel an essenziellen Nährstoffen wie Vitaminen und Proteinen (Pinhasi & Stock 2011; Marciniak et al. 2022).

Getreideprodukte deckten zwar den täglichen Kalorienbedarf, lieferten jedoch nicht die Nährstoffzusammensetzung für optimale Stoffwechselleistungen. Entwicklungsgeschichtlich ist zudem der zeitliche Rahmen der Veränderung bedeutsam. Während für die längste Zeit der Menschheitsgeschichte ein breites Nahrungs- und Nährstoffspektrum genutzt wurde, war der menschliche Körper innerhalb eines evolutionsbiologisch sehr kurzen Zeitraums einer neuen Subsistenzstrategie ausgesetzt, die von einem einzelnen Nahrungsprodukt, dem Getreide dominiert war. Die Auswirkungen dieser grundlegenden Veränderung in der menschlichen Ernährung wirken bis heute nach und sollen im Zentrum des vorliegenden Beitrags stehen.

In der Folge dieser Neuerungen begünstigte hoher Getreidekonsum die Entstehung und Verbreitung von Stoffwechselstörungen, aber auch allergischer Erkrankungen, deren Relevanz wir erst heute erkennen; mit der zunehmenden Bedeutung der Milchwirtschaft verbesserte sich die Eiweißzufuhr in neolithischen Gemeinschaften, auch wenn Milch kein natürliches Nahrungsmittel darstellt und der (erwachsene) Mensch von Natur aus laktoseintolerant ist (Eshed et al. 2010; Pinhasi & Stock 2011; Lieberman 2014). Daneben machte das enge Zusammenleben von Menschen und domestizierten Tieren auch Zoonosen zu einer neuen und alltäglichen Erscheinung (Mitchell 2003; Pearce-Duvel 2006; Aspöck & Walochnik 2007).

Obwohl wir über die längste Zeit unserer Existenz als Wildbeuter*innen gelebt haben, also ohne angebaute Pflanzen und Haustiere, gibt es grundsätzlich nicht »die Eine natürliche« Ernährungsweise des Menschen. Die Vorteile unserer Art liegen gerade darin, dass wir Menschen keine Nahrungsspezialisten sind, sondern uns opportunistisch an das jeweilige Nahrungsangebot in jedem Öko-System der Erde anpassen können, wenn auch nicht immer in optimaler Weise (Cordain et al. 2000). Während sich die Inuit überwiegend von tierischen Proteinen ernährten, lebten die Menschen in Anden und Amazonas in erster Linie von pflanzlicher Nahrung (Mann 2007). Die allmähliche Ausbreitung des Menschen über die gesamte Erde zeigt, wie erfolgreich die Kombination aus euryöker Lebensweise, mikroevolutionärer Adaptation und technologischer Innovation in der Vergangenheit war (Hublin & Richards 2009; Ungar 2017; Ben-Dor et al. 2021).

Gesundheit und Krankheit unter den Lebensbedingungen der Vergangenheit

Gesundheit und Krankheit der Menschen sind seit jeher in das komplexe Spannungsfeld zwischen Natur und Kultur eingebettet. Gesundheit existiert nur, wenn die Voraussetzungen dafür gegeben sind. Heute gilt, dass sich durch Änderungen des Verhaltens Lebenssituation und -stil zugunsten der »biologischen Bedürfnisse« dahingehend steuern lassen, dass ein hohes Maß an Gesundheit erreicht werden kann. Nach Ganten und Niehaus (2014: 19) lässt sich Gesundheit daher als die Summe derjenigen Einflussfaktoren beschreiben, die für sie verantwortlich sind: »*Biologie, Umwelt und Verhalten*«. Die Medizin hat in der Vergangenheit immer dann wichtige Fortschritte erzielt, wenn es ihr gelang, die richtigen Rückschlüsse aus den Zusammenhängen zwischen Lebens- und Arbeitswelt, unserer evolutionären Herkunft und den jeweiligen Umwelteinflüssen auf das Auftreten von Erkrankungen zu ziehen.

Der Umgang mit Gesundheit und Krankheit in der Gegenwart wird konzeptionell primär von der westlichen Medizin mit ihren Schlüsselkompetenzen Diagnostik und Therapie bestimmt und getragen. Die Existenz anderer Medizinkonzepte wie der *Medical Anthropology* (Foster & Anderson 1978; Wiley & Allen 2021), die in der Physischen Anthropologie und Ethnomedizin (Erickson 2008) wurzeln, wird dagegen eher marginalisiert. Ebenso stehen umweltbedingte Gesundheitsprobleme, aktuelles Beispiel sind die gesundheitlichen Folgen des Klimawandels, kaum im Fokus der Medizin. Deren Verständnis setzt die Beschäftigung mit ökologischen wie soziokulturellen Systemen voraus. Krankheit ist immer von der Umwelt abhängig, in welcher der Mensch lebt und agiert, wobei diese Umwelt sowohl natürlich als auch soziokulturell durch den Menschen geprägt ist. Der Faktor, dass Krankheit als ein integrales Element dieser Umgebung gesehen werden muss, beeinflusst umgekehrt auch die menschliche Evolution. Ein treffendes Beispiel für eine Krankheit, die dieses Wechselspiel illustriert, bietet hier z. B. die Sichelzellanomalie (Esoh & Wonkam 2021).

Transdisziplinäre bioarchäologische Studien zum Spannungsfeld von Gesundheit und Krankheit können ein neues Licht auf die Vergangenheit und Gegenwart werfen. Die vielleicht wichtigste Schlussfolgerung aus derartigen Studien lautet, dass viele unserer modernen Krankheiten in früheren Bevölkerungen nicht existierten und dass »*das Spektrum der Krankheiten, die den Menschen während des größten Teils seiner Entwicklung heimsuchten, viel kleiner gewesen sein dürfte als das, dem wir in historischer Zeit ausgesetzt waren*« (Black 1975: 515). Das

soll nicht heißen, dass Menschen früher gesünder waren als Menschen heute, sondern, dass die Menschen in der Vergangenheit infolge der geringeren Bevölkerungsdichte und der erst jüngst entwickelten technologischen Innovationen weniger Krankheitserregern und negativen Umweltfaktoren ausgesetzt waren (Houldcroft & Underdown 2023).

Die Erforschung der Lebensbedingungen, der Lebensweise und der Krankheiten unserer Vorfahren gilt aufgrund der Quellenlage (primär Skelettreste) und retrospektiven Betrachtung ungleich schwieriger als die Praxis, rezente Gesundheitsdaten und die Lebenswelt von heutigen Patient*innen einander gegenüberzustellen. Um den Ursprung und die Entstehung spezifischer Erkrankungen zu erfassen, ist es notwendig, diachron in die Menschheitsgeschichte zurückzublicken, teils bis zu den vormenschlichen Primaten. Neben realen Krankheitsbefunden gilt die jeweiligen Lebensverhältnisse bezüglich der ökologischen und sozialen Rahmenbedingungen zu beachten. Die Erforschung der Krankheiten, Verletzungen, Stressmarker, Todesursachen, Morbidität und Mortalität der Menschen früherer Zeiten erfolgt durch die Paläopathologie (Aufderheide et al. 1998; Cox & Mays 2002; Buikstra 2019; Weber et al. 2022). Eine Vielzahl von Krankheiten hinterlassen charakteristische Spuren am Skelett. Diese machen zwar nur einen geringen Anteil der potentiellen Erkrankungen aus, erlauben aber dennoch tiefgreifende Einblicke in das Krankheitsspektrum, dem ehemalige Bevölkerungen ausgesetzt waren. Darüber hinaus ergeben sich Hinweise auf Lebens- und Arbeitsbedingungen, die Konflikthäufigkeit und im besten Fall epidemiologisch auswertbare Informationen. Krankheiten und Verletzungen differieren in ihrem Vorkommen zwischen Männern und Frauen, Erwachsenen und Nicht-Erwachsenen und sind in Auftreten und Häufigkeit deutlich an ihren chronologischen und kulturellen Kontext gebunden (Roberts & Manchester 2013).

In gesundheitlicher Hinsicht war die aneignende Lebensweise unserer Vorfahren als Wildbeuter*innen, spezialisiert auf Sammeln, Jagd und Fischfang vorteilhaft. Unser Organismus hat sich im Verlauf der Humanevolution physiologisch einem mobilen Lebensstil und einer breit gefächerten Ernährung angepasst, so dass heutige Zivilisationskrankheiten weitgehend unbekannt waren (Willett et al. 2006). Unter den Lebensbedingungen der Wildbeuter*innen waren weder Übergewicht noch Herz-Kreislauf-Krankheiten, Diabetes und Osteoporose, Karies oder psychische Erkrankungen relevant (Walker 2001; Cordain 2007). Aufgrund der hohen subsistenzbedingten Mobilität war das muskuloskelettale System der Individuen gut ausgebildet, Erkrankungen des Haltungs- und Bewegungsapparates selten.

Studien zu Zoonosen und Infektionskrankheiten deuten darauf hin, dass Jäger-Sammler*innen Gruppen ein deutlich begrenzteres Spektrum dieser Krankheiten aufweisen als spätere sesshafte Bevölkerungen (Cohen 1989). Die Lebensqualität dieser Gruppen während des Pleistozäns war allerdings nicht paradiesisch, sie blieben nicht gänzlich verschont von jedweden Krankheiten, Unfällen, den Folgen von Katastrophen und gelegentlichen Not- und Hungerzeiten (Froment 2001; Pichler 2017b).

Die Einführung der produzierenden Wirtschaftsweise zu Beginn des Holozäns führte zu einschneidenden sozialen, demografischen und ökonomischen Veränderungen, die sich im weiteren Verlauf über die ganze Welt verbreiteten (Benz 2000). Retrospektiv gesehen war das Neolithikum eine nicht mehr umkehrbare Revolution, die neben vordergründigen Vorteilen (höhere Ertragslagen, Unabhängigkeit von Jahreszeiten) auch Nachteile (eingeschränkter Mobilitätsradius, fehlende genetische Anpassung, negative gesundheitliche Folgen) mit sich brachte (Cordain et al. 2000). Das quantitativ höhere Nahrungsangebot führte erstmals in der Geschichte zu einer Fertilitätssteigerung und Bevölkerungszunahme (Bocquet-Appel & Bar-Yosef 2008). Von weltweit etwa 5 Mill. Menschen zu Beginn des Neolithikums stieg diese Zahl bis zur Zeitenwende auf knapp 200 Mill. Menschen an (Roser & Ritchie 2023). Verantwortlich für diesen revolutionären Vorgang zeichnet die immer stärkere Manipulation der natürlichen Umwelt mit Mitteln der menschlichen Kultur.

Kultur stellt damit einen Schlüssel zum Verständnis all derjenigen Prozesse dar, die über die Lebensweise, Subsistenz und Ernährung unsere Körpervorgänge steuern und Gesundheitsaspekte widerspiegeln. Durch die bäuerliche Lebensweise nehmen Ausgewogenheit und Nährstoffgehalt in der Nahrung ab, der Gesundheitszustand verschlechtert sich (Pichler 2017a). Weitere Begleiterscheinungen sind ein Anstieg der Arbeitsbelastung bäuerlicher Bevölkerungen. Die Robustizität des muskuloskelettalen Systems nimmt aufgrund reduzierter Bewegungsaktivität ab, während Verschleißerscheinungen infolge harter Feldarbeit zunehmen (Eshed et al. 2010; Ruff et al. 2015). Einseitige Ernährung, körperliche Beanspruchung bereits in frühester Jugend und eingeschränkte Mobilität führen zu einer geringeren Körperhöhe und ausgeprägten degenerativen Verschleißerkrankungen (Nicklisch 2017).

Die weitere Entwicklung im Verlauf der Prähistorie und Historie wird vor allem als kultureller Fortschritt wahrgenommen, da sie zu einer längeren Lebensdauer und einer höheren Lebensqualität geführt hat. Während ur- und vorgeschichtlicher Zeiten bis in die Neuzeit starben Menschen häufig an banalen Krankheiten, für die die moderne Medizin zahlreiche Behand-

lungsmöglichkeiten und Medikamente bereithält (Ganten & Niehaus 2014). Triebfeder der Evolution auf kultureller Ebene waren Fähigkeiten die auf Erfahrung, Kommunikation, Lernprozessen, Interaktion und Reflexion basieren und die Welt verändert haben. Der kulturelle Prozess verlief weder linear noch auf allen Ebenen gleich schnell, so dass sich die Lebenserwartung erst im 20. Jahrhunderts deutlich erhöht hat (Barbieri et al. 2015).

Mit Beginn der urbanisierten Industriegesellschaft im 18. Jahrhundert verbesserte sich die Situation der Menschen in Europa kurzfristig. Die Einführung der Kartoffel aus Südamerika bot neue Möglichkeiten der Ernährung, Industrialisierung und Verstädterung schufen Wohnraum und Arbeitsplätze. Schlechte Arbeits- und Wohnverhältnisse, lange Arbeitszeiten, Kinderarbeit, fehlender Arbeits- und Unfallschutz sowie Altersversorgung führten jedoch rasch zur sozialen Verelendung in den Städten. Die gesundheitlichen Folgen der Ausbeutung durch Lohnarbeit und erbärmliche Wohnbedingungen waren verheerend. Die Prävalenz von Tuberkulose, Geschlechtskrankheiten und Parasitenbefall stieg stark an und es kam wieder, aufgrund von Fehl- und Mangelernährung, zu einem Absinken der Lebenserwartung (Reinhard 2006).

Viele Krankheiten der Vergangenheit haben in der Gegenwart ihren Schrecken verloren und wir leben deutlich länger, aber dafür konfrontiert uns der kulturelle Fortschritt mit neuen Erkrankungen, die uns als »Kulturfolger« immer wieder vor neue Herausforderungen stellen.

Evolutionäre Medizin

Zivilisationskrankheiten – Folge kultureller Evolution und technischen Fortschritts

Die Lebensumstände und Lebensqualität der meisten Menschen in der Gegenwart sind besser als jemals in der Vergangenheit, insbesondere in den Gesellschaften der westlichen Industrienationen. Das scheinbar sorgenfreie Leben wird, auf den ersten Blick, getragen von weitgehend stabilen politischen Verhältnissen, wirtschaftlichem Wohlstand, sozialer Absicherung bei Krankheit und im Alter, modernen Hygienestandards, sauberem Wasser, Nahrungssicherheit, guter medizinischer Versorgung und einer hohen Lebenserwartung (Barbieri et al. 2015). Während des 20. Jahrhundert erreichten die Industrienationen einen Lebensstandard, den es niemals zuvor in der Geschichte gegeben hat. Dies Aussage gilt allerdings nur eingeschränkt,

weil »keine kulturelle Lebensform ohne innere Widersprüche und Unbefriedigtheiten« existiert, weshalb nicht alle Mitglieder in Gesellschaften »gleichermaßen davon profitieren« (Reckwitz 2019: 232f.). Auf den zweiten Blick generiert der spätmoderne Lebensstandard, über alle vermeintlichen Errungenschaften und Vorteile hinaus, Widersprüche, Enttäuschungen, Existenzängste und Gesundheitsprobleme, die diesen Fortschritt relativieren.

Kulturell und diachron betrachtet ist unsere moderne Lebensweise auf einem Höchststand. Doch der Preis für den Wohlstand in den Konsumgesellschaften ist hoch, denn er erfolgt zu Lasten der Gesundheit. Ursache dafür ist, dass die biologische Anpassung an heutige Lebensumstände weder körperlich noch psychisch mit dem kulturellen Fortschritt mithalten konnte. Dadurch hat die Häufigkeit früher seltener Erkrankungen stark zugenommen und es entstanden neue, durch die moderne Lebensweise induzierte Krankheiten. charakterisiert als Zivilisationskrankheit, Wohlstandskrankheit, *Civilisation Disease* und *Life Style Disease* (Nesse & Williams 1995; Porter 1999; Pollard 2008; Kopp 2019).

Wissenschaftlich werden in der Evolutionsmedizin als Evolutionäre Medizin (EM) biologische Prozesse auf evolutionärer, genomischer und zellulärer Ebene unter Einbeziehung soziokultureller Wechselwirkungen (Sperling et al. 2021; Mukherjee & Vogel 2023) erforscht, um den Ursachen von Gesundheit und Krankheit auf den Grund zu gehen (Williams & Nesse 1991; Stearns & Kolla 2008; Zampieri 2009; Nesse & Dawkins 2010; Brune & Schiefenhövel 2019). Die Anfänge der Evolutionären Medizin liegen im späten 19. Jahrhundert und sind zweifellos durch die Evolutionstheorie von Charles Darwin (1859) beeinflusst. Enorme Fortschritte in der Biotechnologie und den Lebenswissenschaften generell und in der Bioarchäologie im Besonderen haben in den letzten Jahrzehnten grundlegende neue Erkenntnisse und Hypothesen zur Evolution und Adaptation der Gattung *Homo* generiert. Großen Anteil an dieser Entwicklung hatten innovative Disziplinen wie Paläogenetik, Paläoökologie und Biochemische Anthropologie, die einen Zugang zum Genom, Mikrobiom und zu Stoffwechselprozessen unserer Vorfahren ermöglichten (Shackley 1981; Price 1989; Lambert 1993; Pate 1994; Adler et al. 2013; Pääbo 2014; Haak et al. 2015; Weyrich et al. 2017).

Analysen stabiler Isotope und genomische Daten generieren über essentielle Ergebnisse zur Ernährung und zum Mikrobiom hinaus zahlreiche paläopathologisch und -epidemiologisch wertvolle Ergebnisse, welche die biohistorischen Quellen zunehmend auch ins Blickfeld der Medizin rücken (Nicklisch et al. 2012; Gerbault et al. 2017; Münster et al. 2018; Spyrou et al. 2019; Alt et

al. 2022). Dies hat letztlich dazu geführt, Gesundheit heute als komplexe, vielschichtige Wechselwirkung zu verstehen, bei der Biologie, Umwelt und Verhalten als Netzwerk interagieren (Ganten & Niehaus 2014; Sperling et al. 2021).

Zivilisationskrankheiten sind die größte gesundheitliche Herausforderung der Gegenwart. Sie sind jedoch keine unmittelbare Folge des sozioökonomischen Fortschritts, d.h. keine Folge der Zivilisation im eigentlichen Sinn, sondern repräsentieren Reaktionen auf fehlende biologische Anpassungen an die westliche Lebensweise in der Gegenwart. Der Paläoanthropologe Daniel Lieberman (2014) bezeichnet die Zivilisationskrankheiten daher treffend als »*mismatch diseases*«: Menschen sind in Anatomie und Physiologie evolutiv an ein mobiles Wildbeutertum angepasst, der moderne Alltag konfrontiert uns jedoch mit Lebensweisen, an die wir biologisch weder physisch noch psychisch adaptiert sind (Stearns et al. 2008). Zudem hat sich die Wirkung der natürlichen Selektion in Folge unserer wachsenden Kontrolle über unsere Umwelt(en) stark abgeschwächt (Wuketits 2005). Im Zusammenhang mit dem Ursprung und den Konsequenzen der Zivilisationskrankheiten ist zu erwägen, wie die zivilisationsbedingte Etablierung moderner Lebensweisen mit dem Konsum hochprozessierter Nahrungsmittel und einer sich permanent ändernden Arbeitswelt und Wohnumgebung das Auftreten chronischer Zivilisationskrankheiten fördern und die Gesundheit nachhaltig beeinträchtigen. Es stellt sich also die Frage, welche Faktoren ausschlaggebend dafür sind, dass Menschen der Gegenwart *Lifestyle*-Krankheiten erleiden.

Prominente Killerfaktoren – Fehlernährung und Bewegungsmangel

Die aus den Zivilisationskrankheiten resultierenden Kosten und Folgen belasten in erheblichem Umfang Gesundheitssysteme und Wirtschaft (Merten 2015; Korzilius 2019). Die Mehrzahl dieser Erkrankungen wird primär durch zwei physiologisch wirksame Faktoren diktiert: Fehl-, Über und Mangelernährung sowie Bewegungsarmut (Booth et al. 2008; Raichlen et al. 2020). Die existenzielle Bedeutung beider Faktoren wird erst seit kurzem problematisiert. Physiologisch führt Nahrung dem Körper Energie und Nährstoffe zu und ist ein Schlüsselfaktor der Evolution. Unsere Vorfahren kannten weder »gute« noch »schlechte« Nahrungsmittel, orientierten sich an den Jahreszeiten und aßen was die Natur bereithielt (Ganten & Niehaus 2014). Organisiert in Wildbeutergesellschaften sicherte über den längsten Zeitraum der Menschheitsgeschichte das verfügbare Angebot an Pflanzen, Tieren und Wasser das Überleben (Hublin & Richards 2009). Die Gruppen waren außerordent-

lich mobil und Fertilitätskontrolle hielt Bevölkerungsdichte und -wachstum niedrig (Hayden 1972).

Zwei kulturelle Schlüsselereignisse der Vergangenheit veränderten nachhaltig und radikal die Lebens- und Ernährungsweise: zunächst der Übergang zu einer produzierenden bäuerlichen Wirtschaftsweise mit Sesshaftigkeit vor 12.000 Jahren und die Industrialisierung vor 250 Jahren. Diese Zäsuren repräsentieren Meilensteine, deren weitreichende gesundheitliche Folgen uns heute zu schaffen machen. Aus evolutionärer Sichtweise handelt es sich um relativ kurz zurückliegende Zeitspannen von 480 (Neolithikum) bzw. sogar nur zehn Generationen (Industrialisierung).

Ethnografischen Daten belegen, dass ca. 80 % der konsumierten Nahrung vor der Neolithisierung aus Wurzeln, Knollen, Samen, Nüssen, Pilzen und Früchten bestand (Cohen 1989). Mit den früh domestizierten Getreiden Einkorn und Emmer und späteren Hochleistungssorten (Weizen, Gerste, Roggen, Hafer) wurden Kohlenhydrate zum Hauptbestandteil unserer Ernährung und Getreide als Nutzpflanze wichtigstes Nahrungsmittel (Thompson & Roth 2014). Die mit deren Konsum verbundenen Unverträglichkeiten haben jüngst stark zugenommen (Dieterich et al. 2019). Über Getreide hinaus gelten Milch (Liebert et al. 2017) und das Fleisch spezifischer Haustiere (eurasische Rinder) (de Villiers et al. 2019) als Risikofaktoren für die Gesundheit. Milch ist ein treffendes Beispiel für eine Gen-Kultur Co-Evolution. Von Natur aus war Milch für Erwachsene kein natürliches Nahrungsmittel. Kinder verloren nach dem Abstillen die Fähigkeit Milchzucker zu spalten. Dass Erwachsene heute teils Milchzucker verdauen können, geht zum einen auf eine genetische Mutation zurück, zum wesentlichen aber auf eine kulturelle Errungenschaft, die Züchtung milchgebender Nutztiere. Ohne die kulturelle Leistung der Domestikation wäre die Mutation, die Laktosetoleranz bewirkt, ohne Nutzen geblieben (Gerbault et al. 2017).

Ein weiterer Meilenstein ist das Industriezeitalter. Die Menschen in den Städten ausreichend mit Nahrung zu versorgen gelang schlussendlich nur durch die industrielle Herstellung hochprozessierter Lebensmittel, die lange haltbar waren. Daran hat sich bis heute kaum etwas geändert (Cordain 2007). Neue Techniken der Nahrungsverarbeitung und der Einsatz chemischer Zusatzstoffe und Konservierungsmittel bestimmen unsere Ernährung und Industriezucker wurde zum Gesundheitskiller schlechthin (Yang et al. 2014). In der oralen Medizin lassen sich Erkrankungen wie Zahnkaries, Parodontopathien und funktionelle Störungen im Gebiss den Zivilisationskrankheiten zurechnen (Alt et al. 2017). Mikrobiomstudien zeigen, wie die Einführung des

Industriezuckers das orale Keimspektrums in der Mundhöhle grundlegend veränderte (Adler et al. 2013; Kilian 2018). Nahrungszucker verschieben im Wirtsorganismus das physiologische Gleichgewicht, sodass Bakterien wie *Streptococcus mutans* ihr Potential entfalten können.

Gesundheit und Leistungsfähigkeit basieren auf Bewegung. Diese kräftigt Muskulatur und Knochen, liefert Energie, steigert die Fitness, optimiert das Körpergefühl und bietet Erwachsenen den effektivsten Schutz vor Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Schlaganfall, Osteoporose, Arthrose, Krebs, degenerativem Muskelschwund und Diabetes (Suchert 2017). Die physischen Anforderungen an den Körper sind im Vergleich zu denjenigen unserer Vorfahren enorm zurückgegangen. Der demografische Wandel ließ zudem den Anteil älterer Menschen stark anwachsen und damit die Prävalenz altersassoziierter Krankheiten. Muskel- und Skeletterkrankungen führen zu Mobilitätsverlusten die meist als Schicksal akzeptiert werden. Funktionelles Bewegungstraining stabilisiert und verbessert den körperlichen Zustand von Betroffenen im höheren Alter jedoch nachweislich (Dimai et al. 2012; Hadji et al. 2013). *Health Benefits* bei Integration von mehr Bewegung in den Alltag sind vielfältig und nachhaltig im Hinblick auf die Vermeidung kardiovaskulärer Erkrankungen (Lin et al. 2015; Wahid et al. 2016). *Walking* und *Running* reduzieren das Risiko von Zivilisationskrankheiten wie Bluthochdruck, Herzkrankheit, Schlaganfall, Arthritis, Typ 2 Diabetes, Depression, Krebs und Hypercholesterinämie. Dies unterstreicht die essentielle Bedeutung präventiver Maßnahmen für alle Lebensalter.

Prävention – Krankheitsursachen verhindern statt Symptome behandeln

Die Bevölkerung moderner westlicher Gesellschaften ist einerseits gesundheitsbewusst. Die Mehrzahl der Menschen praktiziert andererseits zunehmend Lebens- und Ernährungsweisen, die ein hohes, die Gesundheit gefährdendes Potential aufweisen und Zivilisationskrankheiten begünstigen. Prinzipiell wären letztere vermeidbar, was jedoch die Bereitschaft jedes Einzelnen voraussetzt, individuelle Verantwortung für seine Gesundheit zu übernehmen. Allerdings sind längst nicht alle Menschen aus sich selbst heraus dazu bereit, Anpassungen und Einschnitte bei Ernährung, Lebensstil und Verhalten zu akzeptieren, um ihre Gesundheit zu verbessern. Bei Gesundheitsthemen dominieren Ratgeber aller Art, die von Printmedien über Gesundheitspor-

tale im Internet bis zu Sendungen in Rundfunk und Fernsehen reichen. Ein enormer Wirtschaftsfaktor ist die mediale Werbung im Kontext Gesundheit. Den Fokus bildet hier der Bereich der Nahrungsergänzungsmittel und unterschiedlichste Empfehlungen zur Wahl der richtigen Ernährungsform. Da viele dieser Maßnahmen die Gesundheit in der Bevölkerung nachweislich nicht fördern oder nachhaltig verbessern und z. T. sogar schaden, wäre hier die Gesundheitspolitik gefragt.

Nach Aussagen des Sachverständigenrats (SVR) Gesundheit und Pflege in Deutschland liegt der Anteil chronisch kranker Menschen in Deutschland bei 40 % (Deutscher Bundestag 2001). In den USA entfallen auf eine ähnlich hohe Zahl chronisch Erkrankter ca. 75 % der gesamten Gesundheitsausgaben. Die bedarfsgerechte Versorgung chronisch kranker Menschen ist aus medizinischer und gesundheitsökonomischer Sicht die größte Herausforderung der Gesundheitssysteme in den Industrienationen. Der SVR sieht eine Vernachlässigung von Prävention und Rehabilitation durch das »Vorherrschen eines ätiologischen Krankheitsverständnisses, das sich primär an [...] Pathogenese und Therapie [...] akuter Krankheiten orientiert.« Ein mechanistisches Verständnis von »Heilung als Reparaturvorgang« ist nicht nur in Teilen der Ärzteschaft verbreitet, diese Sichtweise findet sich auch bei Patient*innen. Diese erwarten von einer ärztlichen Behandlung primär die Wiederherstellung ihrer vollen Leistungsfähigkeit, keine Apelle zur Verantwortung gegenüber der eigenen Gesundheit. Die Vorsorgemaßnahmen im Rahmen der Primärprävention verlieren unter dem aktuell praktizierten Medizinparadigma an Glaubwürdigkeit und Effizienz, wenn es Mittel gegen fast Alles gibt und falls dies nicht ausreicht, »Reparatur«, Ersatz oder zumindest Therapieoptionen bereitstehen (Deutscher Bundestag 2001: 215).

Die Gesundheitspolitik westlicher Industrienationen hat sich in den letzten Jahren der Gesundheitsförderung, Vorsorge und Bekämpfung sozialer Ungleichheit durch Primärprävention verschrieben; diese findet allerdings weitgehend außerhalb der Medizin statt. Programme und Kampagnen versuchen ihren Zielgruppen überzeugende Anreize und Einsichten darüber zu vermitteln, warum es sich lohnt, gesund zu leben. Allerdings werden aktuell diese Zielgruppen oft zu spät und nicht wirksam genug erreicht und Therapieangebote staatlicher Gesundheitsfürsorge starten häufig erst, wenn z. B. Übergewicht und Adipositas bereits eingetreten sind. Wünschenswert wären Ernährungs-, Bewegungs- und Verhaltenstherapien, die unabhängig vom Alter eingesetzt werden. Allerdings wird die Hinwendung zur Primärprävention bis heute nicht angemessen über den ärztlichen Leistungskatalog honoriert.

Krankheiten sind eng mit unserer evolutiven Entwicklung verknüpft und Spiegelbild unserer Anpassung an verschiedene Umwelten (Nesse & Williams 1995). Krankheiten sollten deshalb prinzipiell in zweifacher Hinsicht betrachtet werden: einerseits dahingehend »Wie« sie entstehen (proximate Ursachen) und andererseits »Warum« sie entstanden sind (ultimate Ursachen). Die Medizin fokussiert primär auf die proximativen Ursachen von Krankheiten, etwa wie diese sich mechanistisch durch eine Kombination biochemischer, physiologischer und immunologischer Reaktionen entwickeln (Antolin et al. 2012). Krankheit lässt sich auf diese Weise pathogenetisch als Fehlfunktion, Funktionsstörung, anatomischer Defekt oder als Infektion wahrnehmen und interpretieren. Der ultimate Ansatz dagegen stellt die Frage, warum wir überhaupt krank werden und nimmt zur Erklärung einen anderen Weg. Betrachtet wird hier die Humanevolution unter dem Aspekt der gemeinsamen Herkunft aller Organismen, unter sich ändernden Bedingungen der Umwelt über die Zeit und unter dem Einfluss der natürlichen (genomischen) und kulturellen Evolution (Nesse & Stearns 2008). In der Konsequenz bräuchte es in der Medizin eine Ausbildung zu den Rahmenbedingungen, auf deren Grundlage sich Gesundheit und Krankheit besser verstehen und adäquat behandeln lassen, aber bisher gehören weder die Beschäftigung mit der Biologie von Erkrankungen noch das Wissen über deren evolutive Verankerung: »*Evolution: Medicine's most basic science*« (Nesse & Dawkins 2010) zu den Standardthemen in der Ausbildung (Alt 2022). Daraus ergeben sich aus Sicht der Anthropologie und Evolutionsmedizin folgende Key Messages.

Bis heute ist es nicht gelungen, unsere biologische »Natur« an die neuen, kulturell überprägten Gegebenheiten der Gegenwart zu adaptieren. Die auf prähistorische Zeiten programmierte Resilienz in unserem Verhalten, die adäquate Reaktionen auf diverse Stresssituationen lieferte, versagt unter den kulturellen Voraussetzungen der Gegenwart. Die physischen Anforderungen an den Körper sind im Vergleich zu denjenigen unserer Vorfahren enorm zurückgegangen. Unser Verhalten, vor allem unsere Ernährungsweise, ist an die neuen Bedürfnisse aber nicht angepasst (Cordain 2007; Lieberman 2014). Früher musste Nahrung unter hohem physischem Aufwand täglich mühsam beschafft werden, heute ist sie im Überfluss vorhanden. Das Konsumverhalten orientiert sich unbewusst immer noch am Bedarf der Vorfahren, mit entsprechenden Folgen: Bereits die Ernährungsumstellung im Neolithikum setzte den Startschuss für die Ausbildung von Zivilisationskrankheiten (Eaton & Iannotti 2017; Alt 2020).

Das Wissen darüber, *wie* Krankheiten pathogenetisch entstehen, ergänzt zwei Schlüsselkompetenzen in die Medizin: Diagnostik und Therapie. Diese Fokussierung entspricht dem Selbstverständnis der Disziplin und charakterisiert ihre Herangehensweise. Um zu verstehen *Warum* wir krank werden, sollte man jedoch den Blick weit zurück in die Vergangenheit richten, mitunter weit über die Humanevolution hinaus. Die Auseinandersetzung mit dieser Thematik findet in der aktuellen Medizin wenig Raum. Aus Sicht der Evolutionären Medizin ist es zwingend notwendig, die biologische Herkunft des Menschen und seine soziokulturelle Evolution im Blickfeld zu haben. Dazu gilt es transdisziplinär generierte Erkenntnisse zu integrieren, die in der Physischen Anthropologie, der Bioarchäologie, der Paläogenetik oder den Lebenswissenschaften erforscht wurden. Valide Daten und Fakten über unsere Vergangenheit erleichtern Gesundheit und Krankheit der Menschen in der Gegenwart zu verstehen, nachvollziehbar und transparent zu machen.

Als Teil der Natur hat der Mensch das gesamte Erbe der Evolution in seinem Genom gespeichert (Ganten et al. 2009). Diese Sichtweise über die Entstehung des Lebens, ebenso wie das Verständnis über die Evolution von Viren und Bakterien, ohne deren Co-Existenz wir nicht leben könnten, bereichert und erweitert Optionen in der Therapie von Krankheiten. Diese wichtigen Erkenntnisse setzen sich in der Medizin nur langsam durch und die naturwissenschaftlichen Rahmenbedingungen für die Ausübung der Medizin (Physik, Chemie, Biologie) stehen kaum im Fokus der Ausbildung angehender Ärztinnen und Ärzte. Die Beschäftigung mit den ultimatzen evolutionären Zusammenhängen von Krankheiten ist ein Desiderat in der modernen Medizin. Dessen Überwindung verlangt die Bereitschaft sich eingehend mit der humanen Vergangenheit auseinanderzusetzen.

Dieses Dilemma zu beseitigen kann nur gelingen, wenn bereits das medizinische Curriculum die angemessene Auseinandersetzung mit den Ursachen von Erkrankungen einfordert. Für alle Auszubildenden in den Medizinberufen sollten die Prinzipien der Evolutionären Medizin zum Grundlagenwissen gehören (Wjst 2013; Grunspan et al. 2017). Ein weiteres Problem stellt die Vernachlässigung des Potentials dar, das Transdisziplinarität in der Beschäftigung mit den Ursachen von Krankheiten offeriert. Erst wenn die Mismatch-Situation zwischen der realen Lebensweise in der Gegenwart und der körperlichen und psychischen Verankerung der Menschen in unserer Entwicklungsgeschichte allen Beteiligten im Gesundheitssektor bewusst geworden ist, scheinen Erfolge in der Primärprävention vorstellbar. Momentan verhindern unzureichendes Wissen, das Fehlen schlagkräftiger und überzeu-

gender Argumente u.a. m., dass die Zielgruppen inner- und außerhalb des Gesundheitssektors adäquat erreicht werden. Ein Paradigmenwechsel auf diesem Weg kann nur von der Medizin selbst ausgehen.

In der Gesundheitsfürsorge und im Gesundheitsmanagement müssen Konzepte etabliert und Strukturen geschaffen werden, die Menschen nachhaltig dazu befähigen, Verhaltensspielräume für ihre Gesundheit lebenslang zu nutzen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass sich die gesundheitliche Situation der Gesamtbevölkerung mit jeder Generation weiter verschlechtert. Die Bedeutung einer gesunden Ernährung sollte theoretisch und praktisch auf allen Ebenen in die schulische Ausbildung integriert werden. Tägliche Bewegung ist die optimale Investition in eine lebenslange Gesundheit. Umfassendes Monitoring zeigt auf, welche tiefgreifenden Veränderungen sich unter dem Einfluss von Bewegung, Belastung und Ernährung im Körper einstellen. Plädoyers gegen den Bewegungsmangel müssen herausstellen, dass es die Zweibeinigkeit und Mobilität sind, die den Menschen zu einem Global Player gemacht hat. Tägliche Bewegung ist die optimale Investition in eine lebenslange Gesundheit, muss allerdings bereits ab der Kindheit gepflegt werden (Schweizer 2019).

Die Umsetzung von Veränderungen im Sinne eines Paradimenwechsels müsste weit über die Medizin hinausreichen, im Schulalter beginnen, die ganze Gesellschaft umfassen und im Idealfall lebenslang andauern. Ein verbindliches Schulfach »Ernährung, Bewegung und Gesundheit« böte hier eine ausgezeichnete Grundlage. Die Gesundheitsförderung muss breit ansetzen, alle Altersgruppen (Kinder, Jugendliche, Erwachsene, Senior*innen) und Lebenskontexte (Kindergarten, Schule, Arbeitsplatz, Sportvereine, Freizeiteinrichtungen) berücksichtigen und auf adäquate Kommunikationstechniken setzen. Viele gesundheitsfördernde Erkenntnisse können zukünftig Anwendung im Bereich prädiktiver Gesundheitsinformationssysteme wie *electronic health* (eHealth) und *mobile health* (mHealth) finden.

Das Wissen und das biologische Verständnis über unsere Herkunft und Entwicklung schließt Gesundheit und Krankheit unmittelbar ein. Es erlaubt uns mittels der Evolutionären Medizin, deren Wirken in den Naturwissenschaften wurzelt, die biologischen Vorgänge im Körper immer besser zu verstehen. Die Medizin selbst verfügt heute über Kenntnisse und Techniken, Patient*innen unter Einbeziehung individueller Gegebenheiten personalisiert zu behandeln. Erkenntnisse aus der Evolutionären Medizin sind der Schlüssel hierfür, wenn nicht eine Verpflichtung, sollten wir trotz gesunder Lebensweise einmal krank werden. Ohne unsere sehr spezielle Evolutionsgeschichte, die

sukzessive den Weg aus der Natur zu einer immer stärker kulturell geprägten Evolution geebnet hat, würde unser Leben wohl noch immer ähnlich wie das unserer nächsten Verwandten, der Schimpansen, verlaufen.

Literatur

- Adler, C.J., Dobney, K., Weyrich, L.S., Kaidonis, J., Walker, A.W., Haak, W., Bradshaw, C.J.A., Townsend, G., Sołtysiak, A., Alt, K.W., Parkhill, J. & Cooper, A. (2013). Sequencing ancient calcified dental plaque shows changes in oral microbiota with dietary shifts of the Neolithic and Industrial revolutions. *Nature Genetics*, 45(4), S. 450–455.
- Agarwal, S.C. & Glencross, B.A. (Hg.) (2011). *Social Bioarchaeology*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Alt, K.W. (2020). Ursprung und Entwicklung der Zivilisationskrankheiten. In: Danube Private University (Hg.), *Ein neues Ganzes. Alles ist mit allem vernetzt*. DPU Jahrbuch 2020 (S. 1–18). Berlin: Quintessenz.
- Alt, K.W. (2022). Evolutionary Oral Medicine (EOM). Gasteditorial. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 77(6), S. 337–340.
- Alt, K.W., Al-Ahmad, A. & Woelber, J.P. (2022). Nutrition and Health in Human Evolution-Past to Present. *Nutrients*, 14(17).
- Alt, K.W., Kullmer, O. & Türp, J.C. (2017). Okklusion – Kultur versus Natur. *Zahnärztliche Mitteilungen*, 107(10), S. 58–64.
- Antolin, M.F., Jenkins, K.P., Bergstrom, C.T., Crespi, B.J., De, S., Hancock, A., Hanley, K.A., Meagher, T.R., Moreno-Estrada, A., Nesse, R.M., Omenn, G.S. & Stearns, S.C. (2012). Evolution and medicine in undergraduate education: a prescription for all biology students. *Evolution*, 66(6), S. 1991–2006.
- Aspöck, H. & Walochnik, J. (2007). Die Parasiten des Menschen aus der Sicht der Koevolution. *Denisia*, 20, S. 179–254.
- Aufderheide, P., Rodríguez-Maffiote Martín, C. & Langsjoen, O. (1998). *The Cambridge Encyclopedia of Human Paleopathology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Barbieri, M., Wilmoth, J.R., Shkolnikov, V.M., Gleij, D., Jasilionis, D., Jdanov, D., Boe, C., Riffe, T., Grigoriev, P. & Winant, C. (2015). Data Resource Profile: The Human Mortality Database (HMD). *Int J Epidemiol*, 44(5), S. 1549–1556.

- Barnosky, A.D., Koch, P.L., Feranec, R.S., Wing, S.L. & Shabel, A.B. (2004). Assessing the Causes of Late Pleistocene Extinctions on the Continents. *Science*, 306(5693), S. 70–75.
- Ben-Dor, M., Sirtoli, R. & Barkai, R. (2021). The evolution of the human trophic level during the Pleistocene. *Yearbook of Physical Anthropology*, 175(S72), S. 27–56.
- Benz, M. (2000). *Die Neolithisierung im Vorderen Orient: Theorien, archäologische Daten und ein ethnologisches Modell*. Berlin: Ex oriente.
- Bird-David, N.H. (1988). Hunters-gatherers and other people: A re-examination. In: T. Ingold, D. Riches & J. Woodburn (Hg.), *Hunters and gatherer. Volume 1: History, evolution and social change* (S. 17–30). Oxford: Berg Publishers.
- Black, F.L. (1975). Infectious diseases in primitive societies. *Science*, 187(4176), S. 515–518.
- Bocquet-Appel, J.-P. & Bar-Yosef, O. (2008). *The Neolithic Demographic Transition and its Consequences*. New York: Springer.
- Boivin, N.L., Zeder, M.A., Fuller, D.Q., Crowther, A., Larson, G., Erlandson, J.M., Denham, T. & Petraglia, M.D. (2016). Ecological consequences of human niche construction: Examining long-term anthropogenic shaping of global species distributions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(23), S. 6388–6396.
- Booth, F.W., Laye, M.J., Lees, S.J., Rector, R.S. & Thyfault, J.P. (2008). Reduced physical activity and risk of chronic disease: the biology behind the consequences. *European Journal of Applied Physiology*, 102(4), S. 381–390.
- Brune, M. & Schiefenhövel, W. (Hg.) (2019). *Oxford Handbook for Evolutionary Medicine*. Oxford: Oxford University Press.
- Buikstra, J.E. (Hg.) (2019). *Ortner's identification of pathological conditions in human skeletal remains*. London: Academic Press.
- Cheverko, C.M., Prince-Buitenhuis, J.R. & Hubbe, M. (2021). Theory in bioarchaeology. An introduction. In: C.M. Cheverko, J.R. Prince-Buitenhuis & M. Hubbe (Hg.), *Theoretical Approaches in Bioarchaeology* (S. 1–14). Abingdon: Routledge.
- Cohen, M.N. (1989). *Health and the Rise of Civilization*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Cordain, L. (2007). Implications of Plio-Pleistocene hominin diets for modern humans. In: P. Ungar (Hg.), *Evolution of the Human Diet: The Known, the Unknown, and the Unknowable* (S. 363–383). New York: Oxford University Press.

- Cordain, L., Miller, J.B., Eaton, S.B., Mann, N., Holt, S.H. & Speth, J.D. (2000). Plant-animal subsistence ratios and macronutrient energy estimations in worldwide hunter-gatherer diets. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(3), S. 682–692.
- Cox, M. & Mays, S. (2002). *Human osteology in archaeology and forensic science*. Cambridge: University Press.
- Darwin, C. (1859). *The Origin of Species by Means of Natural Selection*. London: Murray.
- Dawkins, R. (2006). *The God Delusion*. London: Bantam Press.
- de Villiers, E.M., Gunst, K., Chakraborty, D., Ernst, C., Bund, T. & Zur Hausen, H. (2019). A specific class of infectious agents isolated from bovine serum and dairy products and peritumoral colon cancer tissue. *Emerging Microbes & Infections*, 8(1), S. 1205–1218.
- Deutscher Bundestag (Hg.) (2001). *Gutachten 2000/2001 des Sachverständigen-rates für die Konzertierte Aktion im Gesundheitswesen. Bedarfsge-rech-tigkeit und Wirtschaftlichkeit. Band III: Über-, Unter- und Fehlver-sorgung*. Drucksache 14/6871. Bonn: Deutscher Bundestag.
- Dieterich, W., Schuppan, D., Schink, M., Schwappacher, R., Wirtz, S., Agai-my, A., Neurath, M.F. & Zopf, Y. (2019). Influence of low FODMAP and gluten-free diets on disease activity and intestinal microbiota in patients with non-celiac gluten sensitivity. *Clinical Nutrition*, 38(2), S. 697–707.
- Dimai, H.P., Redlich, K., Peretz, M., Borgström, F., Siebert, U. & Mahlich, J. (2012). Economic burden of osteoporotic fractures in Austria. *Health Eco-nomics Review*, 2(1), S. 12.
- Eaton, J.C. & Iannotti, L.L. (2017). Genome–nutrition divergence: evolving understanding of the malnutrition spectrum. *Nutrition Reviews*, 75(11), S. 934–950.
- Erickson, P.I. (2008). *Ethnomedicine*. Long Grove, Ill: Waveland Press.
- Eshed, V., Gopher, A., Pinhasi, R. & HersHKovitz, I. (2010). Paleopathology and the origin of agriculture in the Levant. *American Journal of Physical An-thropology*, 143(1), S. 121–133.
- Esoh, K. & Wonkam, A. (2021). Evolutionary history of sickle-cell mutation: im-plications for global genetic medicine. *Human Molecular Genetics*, 30(R1), S. R119–R128.
- Foster, G.M. & Anderson, B.G. (1978). *Medical Anthropology*. Chichester: Wiley.
- Fox, R.G. (1969). Professional primitives: Hunters and gatherers of nuclear south Asia. *Man in India*, 49(2), S. 139–160.

- Froment, A. (2001). Evolutionary biology and health of hunter-gatherer populations. In: C. Panter-Brick, R.H. Layton & P. Rowley-Conwy (Hg.), *Hunter-gatherers : an interdisciplinary perspective* (S. 239–266). Cambridge: University Press.
- Fuentes, A. (2004). It's Not All Sex and Violence: Integrated Anthropology and the Role of Cooperation and Social Complexity in Human Evolution. *American Anthropologist*, 106(4), S. 710–718.
- Gamble, C. (2014). *Settling the Earth. The archaeology of deep human history*. New York: Cambridge University Press.
- Gamble, C., Gowlett, J. & Dunbar, R. (2016). *Evolution, Denken, Kultur. Das soziale Gehirn und die Entstehung des Menschlichen*. Berlin: Springer.
- Ganten, D. & Niehaus, J. (2014). *Die Gesundheitsformel Die großen Zivilisationskrankheiten verstehen und verhindern*. München: Knaus.
- Ganten, D., Spahl, T. & Deichmann, T. (2009). *Die Steinzeit steckt uns in den Knochen. Gesundheit als Erbe der Evolution*. München: Piper.
- Gerbault, P., Walker, C., Yonova-Doing, E., Brown, K. & Thomas, M.G. (2017). The Evolution of Lactose Tolerance in Dairying Populations. In: J. Lee-Thorp & M.A. Katzenberg (Hg.), *The Oxford Handbook of the Archaeology of Diet* (S. o. A.). Oxford: Oxford University Press.
- Gowlett, J.A.J. (2016). The discovery of fire by humans: a long and convoluted process. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1696), S. 20150164.
- Grunspan, D.Z., Nesse, R.M., Barnes, M.E. & Brownell, S.E. (2017). Core principles of evolutionary medicine: A Delphi study. *Evolution, Medicine, and Public Health*, 2018(1), S. 13–23.
- Grupe, G., Christiansen, K., Schröder, I. & Wittwer-Backofen, U. (2012). *Anthropologie. Ein einführendes Lehrbuch*. Heidelberg: Springer.
- Haak, W., Lazaridis, I., Patterson, N., Rohland, N., Mallick, S., Llamas, B., Brandt, G., Nordenfelt, S., Harney, E., Stewardson, K., Fu, Q., Mittnik, A., Bánffy, E., Economou, C., Francken, M., Friederich, S., Pena, R.G., Hallgren, F., Khartanovich, V., Khokhlov, A., Kunst, M., Kuznetsov, P., Meller, H., Mochalov, O., Moiseyev, V., Nicklisch, N., Pichler, S.L., Risch, R., Rojo Guerra, M.A., Roth, C., Szécsényi-Nagy, A., Wahl, J., Meyer, M., Krause, J., Brown, D., Anthony, D., Cooper, A., Alt, K.W. & Reich, D. (2015). Massive migration from the steppe was a source for Indo-European languages in Europe. *Nature*, 522(7555), S. 207–211.

- Haas, R., Watson, J., Buonasera, T., Southon, J., Chen, J.C., Noe, S., Smith, K., Viviano Llave, C., Eerkens, J. & Parker, G. (2020). Female hunters of the early Americas. *Science Advances*, 6(45), S. eabd0310.
- Hadji, P., Klein, S., Gothe, H., Häussler, B., Kless, T., Schmidt, T., Steinle, T., Verheyen, F. & Linder, R. (2013). The epidemiology of osteoporosis–Bone Evaluation Study (BEST): an analysis of routine health insurance data. *Deutsches Ärzteblatt International*, 110(4), S. 52–57.
- Haidle, M.N., Bolus, M., Collard, M., Conard, N., Garofoli, D., Lombard, M., Nowell, A., Tennie, C. & Whiten, A. (2015). The Nature of Culture: an eight-grade model for the evolution and expansion of cultural capacities in hominins and other animals. *Journal of Anthropological Sciences*, 93, S. 43–70.
- Harvati, K., Röding, C., Bosman, A.M., Karakostis, F.A., Grün, R., Stringer, C., Karkanas, P., Thompson, N.C., Koutoulidis, V., Mouloupoulos, L.A., Gorgoulis, V.G. & Kouloukoussa, M. (2019). Apidima Cave fossils provide earliest evidence of *Homo sapiens* in Eurasia. *Nature*, 571(7766), S. 500–504.
- Hawks, J., Wang, E.T., Cochran, G.M., Harpending, H.C. & Moyzis, R.K. (2007). Recent acceleration of human adaptive evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(52), S. 20753–20758.
- Hayden, B. (1972). Population Control among Hunter/Gatherers. *World Archaeology*, 4(2), S. 205–221.
- Houldcroft, C.J. & Underdown, S. (2023). Infectious disease in the Pleistocene: Old friends or old foes? *American Journal of Biological Anthropology*, 182(4), S. 513–531.
- Hublin, J.-J., Ben-Ncer, A., Bailey, S.E., Freidline, S.E., Neubauer, S., Skinner, M.M., Bergmann, I., Le Cabec, A., Benazzi, S., Harvati, K. & Gunz, P. (2017). New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of *Homo sapiens*. *Nature*, 546(7657), S. 289–292.
- Hublin, J.-J. & Richards, M.P. (Hg.) (2009). *The Evolution of hominin diets. Integrating approaches to the study of paleolithic subsistence*. Dordrecht: Springer.
- Kilian, M. (2018). The oral microbiome – friend or foe? *European Journal of Oral Sciences*, 126 Suppl 1, S. 5–12.
- Knussmann, R. & Martin, R. (Hg.) (1988). *Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. 1: Wesen und Methoden der Anthropologie*. Stuttgart: Fischer.
- Kopp, W. (2019). How Western Diet And Lifestyle Drive The Pandemic Of Obesity And Civilization Diseases. *Diabetes Metabolic Syndrome and Obesity*, 12, S. 2221–2236.

- Korzilius, H. (2019). Deutsches Gesundheitssystem: Hohe Kosten, durchschnittliche Ergebnisse. *Deutsches Ärzteblatt*, 116(49), S. A-2283-2284.
- Lambert, J.B. (1993). *Prehistoric human bone: archaeology at the molecular level*. Berlin: Springer.
- Larsen, C.S. (2015). *Bioarchaeology. Interpreting behavior from the human skeleton*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lieberman, D.E. (2014). *The Story of the Human Body. Evolution, health, and disease*. New York: Vintage Books.
- Liebert, A., López, S., Jones, B.L., Montalva, N., Gerbault, P., Lau, W., Thomas, M.G., Bradman, N., Maniatis, N. & Swallow, D.M. (2017). World-wide distributions of lactase persistence alleles and the complex effects of recombination and selection. *Human Genetics*, 136(11-12), S. 1445–1453.
- Lin, X., Zhang, X., Guo, J., Roberts, C.K., McKenzie, S., Wu, W.C., Liu, S. & Song, Y. (2015). Effects of Exercise Training on Cardiorespiratory Fitness and Biomarkers of Cardiometabolic Health: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of the American Heart Association*, 4(7), S. e002014.
- Mann, N. (2007). Meat in the human diet: An anthropological perspective. *Nutrition & Dietetics*, 64(s4), S. S102-S107.
- Marciniak, S., Bergey, C.M., Silva, A.M., Haluszko, A., Furmanek, M., Veselka, B., Velemínský, P., Vercellotti, G., Wahl, J., Zariņa, G., Longhi, C., Kolář, J., Garrido-Pena, R., Flores-Fernández, R., Herrero-Corral, A.M., Simalcik, A., Müller, W., Sheridan, A., Miliauskienė, Ž., Jankauskas, R., Moiseyev, V., Köhler, K., Király, Á., Gamarra, B., Cheronet, O., Szeverényi, V., Kiss, V., Szeniczey, T., Kiss, K., Zoffmann, Z.K., Koós, J., Hellebrandt, M., Maier, R.M., Domboróczi, L., Virag, C., Novak, M., Reich, D., Hajdu, T., von Cramon-Taubadel, N., Pinhasi, R. & Perry, G.H. (2022). An integrative skeletal and paleogenomic analysis of stature variation suggests relatively reduced health for early European farmers. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 119(15), S. e2106743119.
- Meller, H. & Alt, K.W. (Hg.) (2010). *Anthropologie, Isotopie und DNA*. Halle: Landesmuseum für Vorgeschichte.
- Merten, H. (2015). *Das deutsche Gesundheitssystem – unheilbar krank? Wie das Gesundheitssystem funktioniert und wie es erneuert werden muss*. Norderstedt: Books on Demand.
- Mitchell, P. (2003). The Archaeological Study of Epidemic and Infectious Disease. *World Archaeology*, 35(2), S. 171–179.
- Muehlenbein, M.P. (2015). *Basics in Human Evolution*. London: Elsevier.

- Mukherjee, S. & Vogel, S. (2023). *Das Lied der Zelle: Wie die Biologie die Medizin revolutioniert – Medizinischer Fortschritt und der Neue Mensch*. Berlin: Ullstein.
- Münster, A., Knipper, C., Oelze, V.M., Nicklisch, N., Stecher, M., Schlenker, B., Ganslmeier, R., Fragata, M., Friederich, S., Dresely, V., Hubensack, V., Brandt, G., Döhle, H.-J., Vach, W., Schwarz, R., Metzner-Nebelsick, C., Meller, H. & Alt, K.W. (2018). 4000 years of human dietary evolution in central Germany, from the first farmers to the first elites. *PLOS ONE*, 13(3), S. e0194862.
- Nesse, R.M. & Dawkins, R. (2010). Evolution medicine's most basic science. 5. In: D.A. Warrell, T.M. Cox, J.D. Firth & E.J.J. Benz (Hg.), *Oxford Textbook of Medicine* (S. 12–15). Oxford: Oxford University Press.
- Nesse, R.M. & Stearns, S.C. (2008). The great opportunity: Evolutionary applications to medicine and public health. *Evolutionary Applications*, 1(1), S. 28–48.
- Nesse, R.M. & Williams, G.C. (1995). *Why We Get Sick: The New Science of Evolutionary Medicine*. New York: Vintage Books.
- Nicklisch, N. (2017). Spurensuche am Skelett. Paläodemografische und epidemiologische Untersuchungen an neolithischen und frühbronzezeitlichen Bestattungen aus dem Mittel-Elbe-Saale-Gebiet im Kontext populationsdynamischer Prozesse. Halle: Landesmuseum für Vorgeschichte.
- Nicklisch, N., Maixner, F., Ganslmeier, R., Friederich, S., Dresely, V., Meller, H., Zink, A. & Alt, K.W. (2012). Rib lesions in skeletons from early neolithic sites in Central Germany: on the trail of tuberculosis at the onset of agriculture. *American Journal of Physical Anthropology*, 149(3), S. 391–404.
- Orlando, L., Allaby, R., Skoglund, P., Der Sarkissian, C., Stockhammer, P.W., Ávila-Arcos, M.C., Fu, Q., Krause, J., Willerslev, E., Stone, A.C. & Warinner, C. (2021). Ancient DNA analysis. *Nature Reviews Methods Primers*, 1(1), S. 14.
- Pääbo, S. (2014). *Neanderthal Man. In search of lost genomes*. New York: Basic Books.
- Pate, F.D. (1994). Bone Chemistry and Paleodiet. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 1(2), S. 161–209.
- Pearce-Duvet, J.M. (2006). The origin of human pathogens: evaluating the role of agriculture and domestic animals in the evolution of human disease. *Biological Reviews*, 81(3), S. 369–382.
- Pichler, S.L. (2017a). Ein revolutionärer Wandel: langfristige Auswirkungen der neolithischen Lebensweise auf den Menschen. In: B. Röder, S. Bolliger

- Schreyer & S. Schreyer (Hg.), Archäologie in der Schweiz. Lebensweisen in der Steinzeit (S. 113–116). Baden: Hier und jetzt.
- Pichler, S.L. (2017b). Mit Sack und Pack, mit Kind und Kegel: Wildbeutergesellschaften früher und heute. In: B. Röder, S. Bolliger Schreyer & S. Schreyer (Hg.), Archäologie in der Schweiz. Lebensweisen in der Steinzeit (S. 61–64). Baden: Hier und jetzt.
- Pinhasi, R. & Stock, J.T. (2011). Human bioarchaeology of the transition to agriculture. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Pollard, A.M., Armitage, R.A. & Makarewicz, C.A. (Hg.) (2023). Handbook of Archaeological Sciences. Hoboken NJ: Wiley.
- Pollard, T.M. (2008). Western Diseases : an evolutionary perspective. Cambridge: Cambridge University Press.
- Porter, D. (1999). Health, civilization and the state: A history of public health from ancient to modern times. London: Routledge.
- Price, T.D. (1989). The chemistry of prehistoric human bone. Cambridge: Cambridge University Press.
- Raichlen, D.A., Pontzer, H., Zderic, T.W., Harris, J.A., Mabulla, A.Z.P., Hamilton, M.T. & Wood, B.M. (2020). Sitting, squatting, and the evolutionary biology of human inactivity. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 117(13), S. 7115–7121.
- Reckwitz, A. (2019). Das Ende der Illusionen. Politik, Ökonomie und Kultur in der Spätmoderne. Berlin: Suhrkamp.
- Reinhard, W. (2006). Lebensformen Europas. Eine historische Kulturanthropologie. München: Beck.
- Roberts, C.A. & Manchester, K. (2013). The Archaeology of Disease. Ithaca: Cornell University Press.
- Roser, M. & Ritchie, H. (2023) How has world population growth changed over time? Our World in Data. Verfügbar unter: <https://ourworldindata.org/population-growth-over-time> [05.10.2023].
- Ruff, C.B., Holt, B., Niskanen, M., Sladek, V., Berner, M., Garofalo, E., Garvin, H.M., Hora, M., Junno, J.-A., Schuplerova, E., Vilkkama, R. & Whittey, E. (2015). Gradual decline in mobility with the adoption of food production in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(23), S. 7147–7152.
- Sayers, K. & Lovejoy, C.O. (2014). Blood, bulbs, and bunodonts: on evolutionary ecology and the diets of *Ardipithecus*, *Australopithecus*, and early *Homo*. *The Quarterly Review of Biology*, 89(4), S. 319–357.

- Schweizer, G. (2019). *Bewegung! Plädoyer für eine gesunde Gesellschaft*. Salzburg: Ecowin.
- Shackley, M.L. (1981). *Environmental Archaeology*. London: Unwin Hyman.
- Sperling, K., Marek, R.M., Rühli, F., Bender, N., Flahault, A. & Ganten, D. (2021). Ein holistisches Gesundheitskonzept: Die Evolutionäre Medizin. In: P. Van der Eijk, D. Ganten & M.R. N. (Hg.), *Was ist Gesundheit? Interdisziplinäre Perspektiven aus Medizin, Geschichte und Kultur* (S. 236–259). Berlin: Walter de Gruyter.
- Spyrou, M.A., Bos, K.I., Herbig, A. & Krause, J. (2019). Ancient pathogen genomics as an emerging tool for infectious disease research. *Nature Reviews Genetics*, 20(6), S. 323–340.
- Stearns, S.C. & Koella, J.C. (2008). *Evolution in health and disease*. Oxford: Oxford University Press.
- Stearns, S.C., Nesse, R.M. & Haig, D. (2008). Introducing evolutionary thinking for medicine. In: S.C. Stearns & J.C. Koella (Hg.), *Evolution in health and disease* (S. 3–15). Oxford: Oxford University Press.
- Suchert, V. (2017). *Sitzen ist für'n Arsch. Warum die sitzende Lebensweise unsere Gesundheit gefährdet und was wir dagegen tun können*. München: Heyne.
- Thompson, P. & Roth, M. (2014). *Der Keim unserer Zivilisation Vom ersten Ackerbau bis zur Gentechnik*. Darmstadt: Primus.
- Tomasello, M. (2000). Culture and Cognitive Development. *Current Directions in Psychological Science*, 9(2), S. 37–40.
- Ungar, P. (2017). *Evolution's Bite. A Story of Teeth, Diet, and Human Origins*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Vogel, C. (1989). Die Hominisation, ein singulärer Sprung aus dem Kontinuum der Evolution? *Nova Acta Leopoldina NF*, 62, 141–154. In: J.-H. Scharf (Hg.), *Singularitäten, Nova Acta Leopoldina, Abhandlungen der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina* (S. 141–154). Leipzig: Wiss. Verl.-Gesellschaft.
- Wahid, A., Manek, N., Nichols, M., Kelly, P., Foster, C., Webster, P., Kaur, A., Friedemann Smith, C., Wilkins, E., Rayner, M., Roberts, N. & Scarborough, P. (2016). Quantifying the Association Between Physical Activity and Cardiovascular Disease and Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of the American Heart Association*, 5(9), S. e002495.
- Walker, A.R. (2001). Are health and ill-health lessons from hunter-gatherers currently relevant? *American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), S. 353–356.

- Waring, T.M. & Wood, Z.T. (2021). Long-term gene–culture coevolution and the human evolutionary transition. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 288(1952), S. 20210538.
- Weber, J., Wahl, J. & Zink, A. (Hg.) (2022). *Osteologische Paläopathologie. Ein Handbuch für Anthropologen, Mediziner und Archäologen*. Berlin: Lehmanns.
- Weiner, S. (2010). *Microarchaeology. Beyond the Visible Archaeological Record*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Weyrich, L.S., Duchene, S., Soubrier, J., Arriola, L., Llamas, B., Breen, J., Morris, A.G., Alt, K.W., Caramelli, D., Dresely, V., Farrell, M., Farrer, A.G., Francken, M., Gully, N., Haak, W., Hardy, K., Harvati, K., Held, P., Holmes, E.C., Kaidonis, J., Lalueza-Fox, C., de la Rasilla, M., Rosas, A., Semal, P., Soltysiak, A., Townsend, G., Usai, D., Wahl, J., Huson, D.H., Dobney, K. & Cooper, A. (2017). Neanderthal behaviour, diet, and disease inferred from ancient DNA in dental calculus. *Nature*, 544(7650), S. 357–361.
- Wiley, A.S. & Allen, J.S. (2021). *Medical Anthropology. A biocultural approach*, 4th edition ed. New York: Oxford University Press.
- Willett, W.C., Koplan, J.P., Nugent, R., Dusenbury, C., Puska, P. & Gaziano, T.A. (2006). Prevention of Chronic Disease by Means of Diet and Lifestyle Changes. In: D.T. Jamison, J.G. Breman, A.R. Measham, G. Alleyne, M. Claeson, D.B. Evans, P. Jha, A. Mills & P. Musgrove (Hg.), *Disease Control Priorities in Developing Countries* (S. 833–850). Washington (DC): The World Bank.
- Williams, G.C. & Nesse, R.M. (1991). The dawn of Darwinian medicine. *The Quarterly Review of Biology*, 66(1), S. 1–22.
- Wjst, M. (2013). Evolutionäre Medizin. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 138(51/52), S. 2663–2665.
- Wuketits, F.M. (2005). *Darwin und der Darwinismus*. München: Beck.
- Yang, Q., Zhang, Z., Gregg, E.W., Flanders, W.D., Merritt, R. & Hu, F.B. (2014). Added sugar intake and cardiovascular diseases mortality among US adults. *JAMA Internal Medicine*, 174(4), S. 516–524.
- Zampieri, F. (2009). Origins and history of Darwinian medicine. *Humana. Mente*, 9, S. 13–38.