

Christoph Michalk

Gesundheit optimieren – Leistungsfähigkeit steigern

Fit mit
Biochemie



EBOOK INSIDE



Springer

Gesundheit optimieren – Leistungsfähigkeit steigern

Christoph Michalk

Gesundheit optimieren – Leistungsfähig- keit steigern

Fit mit Biochemie

 Springer

Christoph Michalk

Wallerfangen, Deutschland

Mit Beiträgen von Philipp Böhm

Böhm und Michalk GbR

Wallerfangen, Deutschland

ISBN 978-3-662-58230-5

ISBN 978-3-662-58231-2 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-58231-2>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Fotonachweis Umschlag: Adobe Stock grki

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Geleitwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

alles, was Sie in diesem Buch lesen, stammt aus meiner Feder. Damit Sie wissen, wem Sie da eigentlich zuhören, möchte ich Ihnen in aller Kürze etwas über mich erzählen.

Demnächst werde ich 28 Jahre alt. Ich gehöre also definitiv zur jüngeren Generation jener Autoren, die zum Thema Gesundheit und Leistungsfähigkeit schreiben. Doch wieso interessiere ich mich überhaupt für dieses Thema?

Körperlich betrachtet musste ich schon früh immer etwas mehr tun als andere. Die Frage nach dem „Warum“ begleitete mich deshalb mein halbes Leben. In der Zwischenzeit war ich trotzdem ambitionierter Leistungssportler (andert-halb Jahrzehnte lang Handball auf hohem Leistungsniveau, später Triathlon, heute Kraftsport). Es schloss sich ein Sport- und Biologiestudium auf Lehramt für Gymnasien an, das ich kurz vor dem Abschluss aufgrund eines gesundheitlichen Schicksalsschlages, der mich viele Krankenhausaufenthalte kostete, abbrechen musste.

In der Zeit als Sportstudent und auch davor kam ich in Kontakt mit vielen, vielen verschiedenen Ernährungsformen und Diäten, erreichte oft ganzjährig mein angestrebtes Wettkampfgewicht und niedrige, einstellige Körperfettanteilwerte.

Im Laufe der Jahre entdeckte ich einen Grund, der in meinen Augen für viele meiner (gesundheitlichen und sportlichen) Probleme verantwortlich war: Innerhalb weniger Wochen verdoppelte ich mit den Methoden, die Sie in diesem Buch finden, die Werte meiner Schilddrüsenhormone, die vorher zu niedrig waren. Mit der Wucht der Wirkung hätte ich nicht gerechnet und daraufhin veränderte sich sehr viel in meinem Leben. Ich musste meinen Körper neu kennenlernen.

Etwas später begann ich Biowissenschaften zu studieren, und Anfang 2014 gründete ich einen Blog namens edubily – er sollte meine eigene Therapie sein. Ich dachte: Das, was ich über die Biochemie des Körper wusste und was ich aus meinem Verhalten gelernt habe, möchte ich anderen Menschen an die Hand geben, damit sie nicht dieselben Fehler machen wie ich.

Meinen Abschluss (B.Sc.) machte ich in zellulärer Biochemie (1,0). Leider verstarb meine Mutter mitten im Master-Studiengang (Molekulare Zellbiologie) an Krebs. Aus diesem und anderen Gründen entschied ich mich, mich zunächst

voll auf meine über Jahre größer gewordene Rolle als Autor bei edubily zu konzentrieren – und die angestrebte Doktorandenposition vorerst nicht anzunehmen.

Ich wünsche mir, dass es für Sie in diesem Buch einige Heureka-Momente gibt – und dass Sie viele Tipps und Tricks entdecken, die Ihnen helfen können.

Mit den besten Grüßen

Chris Michalk

Wallerfangen, Deutschland

Vorwort

Es gibt viele Menschen, die über 70 Jahre in einem Körper leben, über den sie nur sehr wenig wissen. Glücklicherweise muss kein Löwe der Welt zunächst ein Biochemiebuch lesen, damit er ein gesundes Leben führen kann.

Der Unterschied zu uns ist, dass ein Löwe in einer Umwelt lebt, an die er angepasst ist – er braucht gar nichts über seinen Körper zu wissen. Das Feedback, das ihm sein Körper in diesem Augenblick gibt, reicht aus. Denn das, was er täglich tut, und das, was seine natürliche Umwelt ihm gibt, ist abgestimmt an das, was sein Körper braucht.

Bei uns Menschen ist dieses fein justierte System in vielen Fällen entgleist. Wir leben zu entkoppelt von unserem Ursprung, in einer Welt, an die der menschliche Körper nicht angepasst ist. Daraus sind viele Probleme erwachsen, denen die Wissenschaft nachgegangen ist. Genau deshalb gibt es heute eine Vielzahl an interessanten Erkenntnissen, von denen Sie profitieren können. Zeitgleich sind wir im Grunde die gleichen einfachen Lebewesen geblieben und haben deshalb oft ähnliche Bedürfnisse wie viele andere Lebewesen dieser Erde.

Das heißt, die Zugänge, mithilfe derer Sie gesund und fit werden und bleiben können, unterscheiden sich nicht von denen eines Löwen. Auch Sie werden von einer passenden Ernährung und regelmäßiger Bewegung profitieren.

Dieses Buch möchte Ihnen die spannende Welt der „angewandten Biochemie“ näherbringen und die doch etwas langweiligen Begriffe „Ernährung“ und „Bewegung“ mit viel Hintergrundwissen und Information füllen. Sie erlangen dadurch Körperwissen, das ungemein motivierend sein kann.

Halten wir diesbezüglich zunächst einmal fest: Wir wissen, dass wir sind. Wir wissen, dass wir jetzt in diesem Moment durch unsere Augen auf bzw. in die Welt schauen. Zwar werden wir vermutlich nie beschreiben können, was wir sind. Fest steht aber, dass in dieser Welt alles naturwissenschaftlichen Gesetzen unterliegt: Das Gehirn, das Sie benutzen, das Herz, das für Sie schlägt, und die Beine, die Sie durch die Welt tragen, funktionieren, weil chemische und physikalische Gesetze es ermöglichen.

Das, was Sie überhaupt erleben können, hängt von Ihrem Körper ab – Sie sitzen sozusagen in einem Kino und erleben Ihr eigenes Leben. Zwischen dem, was außerhalb Ihres Körpers passiert, und Ihnen, steht ein Übersetzer, der das, was dort draußen passiert, für Sie erlebbar macht.

Dieser Übersetzer ist es, der Ihre Realität überhaupt erst entstehen lässt! Heruntergebrochen auf das Kleine bedeutet das, dass zwischen Ihnen und dem

Leben Ihre Biochemie, der Übersetzer, steht. Ohne die richtigen Neurotransmitter sehen Sie keinen Sinn im Dasein. Ohne das passende Immunsystem sind Sie nicht lebensfähig. Und: Ohne den bewegten Muskel fehlen Ihnen Stoffe, die Sie gesund halten.

Schleichen sich auf dieser untersten Ebene Fehler ein, kann das schwerwiegende Folgen für die Makroebene, also unser Leben haben. Und davon haben wir nur eins. Aus diesem Grund sollte jeder Mensch mehr über seinen eigenen Körper und speziell seine eigene Biochemie wissen. Ein Schulfach mit den Namen „Angewandte Biochemie: Essentielles Wissen über den ein eigenen Körper“ wäre sicher eine großartige Bereicherung.

Chris Michalk

Wallerfangen, Deutschland

Oktober 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Unsere Evolution weist uns den Weg	1
2	Biochemie: Grundlage Ihrer Gesundheit und Leistungsfähigkeit	15
3	Behind the Scenes: Wie der Mensch mit seiner Umwelt interagiert	35
4	Angewandte Biochemie I: Essenzielle Mikronährstoffe	45
5	Angewandte Biochemie II: Mitochondrien	57
6	Angewandte Biochemie III: Hormone und Botenstoffe	73
7	Angewandte Biochemie IV: Neurotransmitter	103
8	Angewandte Biochemie V: Arteriengesundheit	115
9	Angewandte Biochemie VI: Insulinsensitivität	129
10	Angewandte Biochemie VII: Genetisches Maximum	149
11	Nachwort: „Don't separate – it's part of the result“	215
	Serviceteil	
	Sachverzeichnis	221



Unsere Evolution weist uns den Weg

- 1.1 Das Stufe-2-Denken für den Blick hinter die Kulissen – 2
 - 1.2 Die Anfänge der Gattung Homo – 3
 - 1.3 Die Geschichte des Homo erectus – 8
 - 1.4 Die San: Heutige Jäger und Sammler und Träger der „ältesten Gene“ – 10
- Literatur – 12

1.1 Das Stufe-2-Denken für den Blick hinter die Kulissen

Was hätten Sie gerne? Vielleicht ...

- mehr Energie
- mehr Antrieb
- mehr Muskeln
- mehr geistige Leistungsfähigkeit
- mehr Libido
- mehr Gesundheit
- mehr Langlebigkeit
- weniger Körperfett

Sie können das natürlich auch als Frage formulieren:

- Stimmt meine Libido?
- Bin ich oft krank?
- Schlafe ich schlecht?
- Kann ich mein Arbeitspensum bewältigen?
- Mache ich Fortschritte beim Sport?
- Ist mir warm oder friere ich ständig?
- Kann ich mich konzentrieren?
- Bin ich dauerhaft antriebsarm?
- Gibt es weitere Probleme?

Die schlechte Nachricht ist, dass ein Punkt ganz sicher auf Sie zutreffen wird. Und oft ist genau dieser Punkt lediglich ein Marker dafür, dass es noch viele weitere Probleme gibt.

Es gibt zwei gute Nachrichten: Zum einen sind Sie nicht alleine – kein Mensch ist perfekt. Zum anderen gibt es für viele unserer vermeintlich unlösbaren Probleme eine Lösung. Dieses Buch will Ihnen als Einführung in die weite Welt der „angewandten Biochemie“ dienen – im weiteren Sinne als Gebrauchsanleitung für Ihren Körper. Nach dem Lesen dieses Buchs werden Sie einen guten Eindruck davon haben, was die Natur – und somit Ihre Biologie als Homo sapiens – von Ihnen möchte. Wir werden den Spagat zwischen Ihrer ganz eigenen Biochemie und dem Wissen um unsere Evolution schaffen.

Unser Ziel ist es, dass Sie Ihre eigene Ideallinie finden und in der Lage sind, an Ihrem „genetischen Maximum“ zu leben. Dafür brauchen Sie das Wissen um wesentliche Abläufe in Ihrem Körper und um die Gesetze, mit denen wir auf täglicher Basis arbeiten. Sie brauchen aber auch Ihre Intuition und Ihr Gefühl. Denn das Feedback, das unser Körper uns gibt, ist weit mächtiger als jeder Ratschlag, den Experten Ihnen geben können, und weit mächtiger als jedes jemals geschriebene Biochemiebuch. Dennoch können Sie das Feedback nur richtig deuten, wenn Sie etwas über die Gesetze Ihrer eigenen Biochemie wissen.

Sehen Sie: Die oben genannten Punkte und Fragen können Sie nur deshalb formulieren, weil Sie feststellen, dass Ihnen etwas fehlt – Sie erkennen, dass etwas von Ihrem normalen, idealen Zustand abweicht. Viele Menschen können kleinere Abweichungen im Alltag gut kompensieren. Manche Abweichungen können allerdings so gravierend

sein, dass es sie in die Depression treibt. Denn zu wissen, dass man das eigene Potenzial nicht voll ausschöpfen *kann*, weil etwas Fundamentales nicht funktioniert, kann eine der bittersten Erkenntnisse überhaupt sein.

Umgekehrt zeichnen sich alle Gewinner im Leben dadurch aus, dass Sie einfach ein paar Prozent besser sind. Sie sind anderen Menschen immer einen Schritt voraus. Strengen Gewinner sich dafür mehr an? Nein, sie *sind* Gewinner – ohne mehr Arbeit. Der Nachbar isst auf jeder Geburtstagsparty die halbe Schüssel Nudelsalat und ist trotzdem immer schlank. Sie gehen täglich laufen, kennen jede Diät der Welt und können nicht mal ein Schokoeis essen, ohne direkt zuzunehmen. Das zu sehen und Vermutungen anzustellen, würden wir als „Stufe-1-Denken“ bezeichnen. „Stufe-2-Denken“ bedeutet, die Hintergründe zu verstehen. Vielleicht nicht im Detail, aber beispielsweise eine Vorstellung davon zu bekommen, was bei diesem Nachbar anders läuft als bei uns.

Zeitgleich müssen wir uns die Frage stellen, ob wir überhaupt den für uns vorgesehenen Weg gehen – oder ob wir uns im Leben falsch positionieren. Soll heißen: Natürlich mag etwas mit Ihnen nicht stimmen, wenn jede Kugel Schokoeis direkt zu Fettpösterchen wird. Auf der anderen Seite darf die Frage erlaubt sein, ob Sie sich überhaupt mit dem Nachbar vergleichen können.

Auf jeder Stufe des Lebens, in jedem Bereich des Lebens findet – auch jetzt gerade – eine Evolution statt. Im Idealfall schöpfen Sie Ihr Potenzial voll aus und landen irgendwann genau da, wo Sie hingehören.

Ist Ihnen schon mal aufgefallen, dass Menschen mit steigendem Differenzierungsgrad immer ähnlicher werden? Haben Sie sich mal Schwimmprofis angeschaut? Den Körperbau? Diese Menschen sehen nicht so aus, weil ein Profischwimmer in bestimmter Weise trainiert und deshalb breite Schultern und schmale Hüften bekommt. Vielmehr zeigt sich, dass es der perfekte Einklang zwischen genetischer Ausstattung und Umwelтанforderung ist, der diese Menschen bis in den Profibereich getragen hat.

Heißt: Wir müssen zum einen unsere genetische Ausstattung voll entfalten können – zum anderen müssen wir uns in eine für uns passende Position im Leben bringen, damit auch wir vom Leben getragen werden und in unserem eigenen „Profibereich“ landen.

Auch diese Erkenntnis ist nichts weiter als Biologie. Denn genau auf diese Art und Weise funktioniert Evolution. Mit dem Unterschied, dass unsere Vorfahren sich die Umwelt, in der sie geboren wurden, nicht aussuchen konnten. Es gibt für uns Menschen – mit biologischer Abweichung natürlich – eine passende Umwelt, in der wir ideal gedeihen können. Und erst dann können wir uns gut fühlen. Lassen Sie uns vor diesem Hintergrund doch zunächst anschauen, wie Ihre Vorfahren gelebt haben.

1.2 Die Anfänge der Gattung Homo

Unsere Geschichte beginnt vor 3 Millionen Jahren, auf den Bäumen Afrikas. Man nennt uns zu diesem Zeitpunkt noch Australopithecus. Wir interessieren uns natürlich für Gesetze, deshalb interessieren wir uns auch für die äußerlichen Merkmale dieser Spezies. Primaten, auch Australopithecinen, zeichnen sich durch große Kauapparate mit großen Zähnen aus. Sie haben lange Arme, relativ kleine Gehirne und zeigen einen für

Pflanzenfresser typischen Magen-Darm-Trakt. Doch was haben solche Primaten mit uns zu tun?

Reisen wir 100 Jahre zurück. Sie sind jetzt ein forschender Zoologe. Sie fliegen ab und an nach Afrika und besuchen Ausgrabungsstätten. Dabei stoßen Sie immer wieder auf Überreste von Tieren, die Ihnen von der Gestalt her ähneln, aber definitiv nicht Ihrer Art angehören. Sie finden einen Schädel, der vielleicht 2 Millionen Jahre alt ist. Er ähnelt sehr dem, was Sie als Primatenschädel bezeichnen. Dieser Schädel zeigt jedoch Tendenzen zur Vermenschlichung: Der Kauapparat ist nicht mehr so mächtig, die Zähne sind kleiner und die Zahnmorphologie ist anders. Sie als Naturwissenschaftler würden die Hypothese verkünden: Wir haben hier einen Primaten gefunden, der sich gerade zum Menschen entwickelt. Sie machen einen weiteren Fund. Dieses Mal ist das Skelett jünger – vielleicht eine Million Jahre alt. Nun sind Sie sicher: Das ist unser Vorfahr.

Australopithecus afarensis, mit dem bekannten Vertreter „Lucy“, war der Ausgangspunkt einer dramatischen Entwicklung. *Australopithecus* ist der Name der Gattung, in der sich ähnelnde Arten zusammengefasst werden. *Afarensis* ist die Bezeichnung der genauen Art (Kimbel und Delezene 2009).

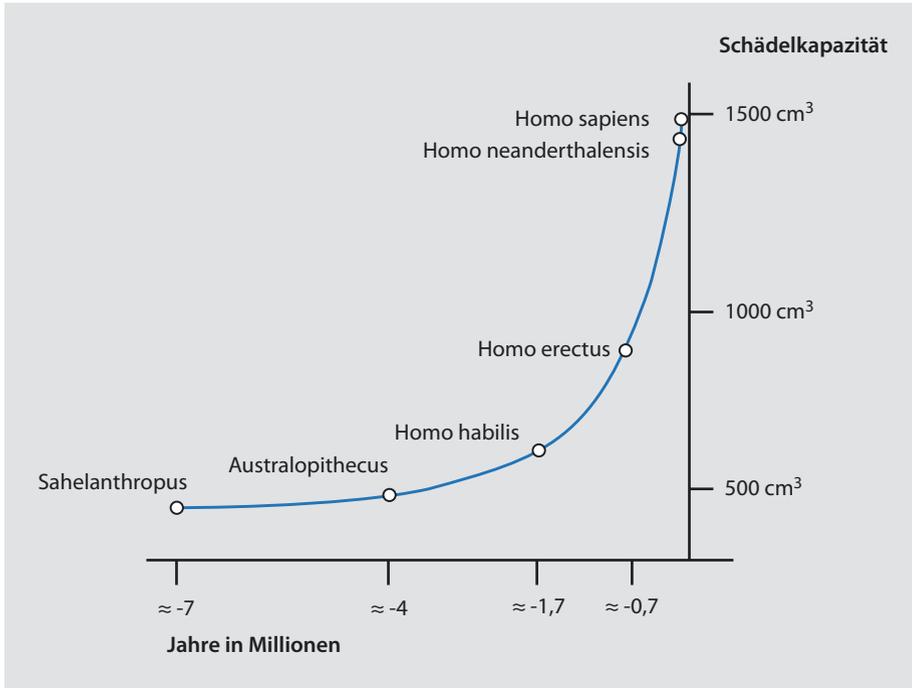
Unsere Gattung „Homo“ musste von der Natur zunächst erfunden werden. Freilich handelt es sich dabei nur um eine vom Menschen erstellte Kategorie. Arten und Individuen der Gattung *Australopithecus* mussten sich von den Arten, die in der Gattung *Homo* zusammengefasst werden, deutlich unterscheiden – so sehr, dass man sie eindeutig einer neuen Gattung zuordnen konnte. In der Tat sind die frühesten Arten der Gattung *Homo*, *Homo rudolfensis* und *Homo habilis*, so *Australopithecus*-ähnlich, dass lange darüber diskutiert wurde, ob sie überhaupt in die Gattung *Homo* gehören und nicht eher der Gattung *Australopithecus* zugeordnet werden sollten.

Genau genommen unterscheidet man Arten innerhalb einer Gattung dadurch, dass sie nicht mehr in der Lage sind, sich zu verpaaren. In der Gattung *Homo* sieht die Sache, wie Sie sehen werden, etwas anders aus. *Homo habilis* und *Homo rudolfensis* lebten in stark bewaldeten Umgebungen. Es wurde und wird davon ausgegangen, dass Wälder an Fluss- und Seeufern das zu Hause dieser Individuen war (Kuman und Clarke 2000).

Wie bereits eingangs erwähnt, hatten sowohl *Australopithecinen* als auch die frühen Arten der Gattung *Homo* recht kleine Gehirne. Im Vergleich zu Ihnen war das Gehirn dieser Vertreter im Schnitt um zwei Drittel kleiner, aber schon minimal größer als das Gehirn von heute lebenden Primaten wie Schimpansen (Aiello 1997). Die Entwicklung des Gehirns war außergewöhnlich: Es dauerte ca. eine Million Jahre, um die Gehirngröße zu verdoppeln (■ Abb. 1.1).

Nun stand ein anderer Vertreter auf dem Plan der Evolution: *Homo erectus*. *Homo erectus* ist der erste Vertreter der Gattung *Homo*, der uns mit Blick auf die Körpergröße, das Gewicht, den Gang, die Fortbewegungsart im Allgemeinen, die Nutzung von Werkzeugen und mit Blick auf die Arten der Kommunikation sehr ähnelt. Doch wie kann es sein, dass ein Gehirn, das energetisch kostspieligste Organ überhaupt, so dramatisch wächst? Die Antwort findet sich möglicherweise im Essverhalten.

Alle Primaten, außer wir, haben einen sehr langen Dickdarm, aber nur einen relativen kurzen Dünndarm. Wir hingegen haben einen mehr als doppelt so langen Dün-



■ **Abb. 1.1** Die Schädelkapazität im Verlauf der menschlichen Evolution

darm und nur ein Drittel der Dickdarmlänge anderer Primaten (Milton 1999). Gorillas und andere Primaten verbringen fast den ganzen Tag damit, Nahrung aufzunehmen. Die komplette skeletäre Anatomie eines Gorillas ist darauf ausgerichtet, Platz für den Bauchraum zu schaffen. Denn der Magen-Darm-Trakt dieser Tiere braucht viel Raum. Das liegt daran, dass ein Gorilla hauptsächlich zellulosereiche Kost, zum Beispiel Blätter, isst. Diese Blätter bestehen im Grunde nur aus Ballaststoffen, können also von normalen Verdauungsenzymen nicht zerlegt werden. Aus diesem Grund gehören Gorillas zu den „hindgut fermenters“.

Das bedeutet, dass Gorillas den von Bakterien üppig besiedelten Dickdarm benutzen, um Nährstoffe aus den Blättern zu extrahieren (Popovich et al. 1997). Die im Dickdarm lebenden Bakterien nämlich verfügen über die nötigen Verdauungsenzyme und Stoffwechselwege, um die Kost zu zerlegen. Ähnlich wie bei anderen Herbivoren, etwa Kühen, entstehen dabei große Mengen an Gasen, was den Bauch aufbläht – für die große Menge an pflanzlicher Kost und die Gase braucht es Platz.

Die Stoffwechselaktivität des Darms ist aus diesem Grund sehr hoch. Entsprechend verbraucht so ein riesiger, schwer arbeitender Dickdarm auch große Mengen an Energie. Während Ihr Gehirn bis zu 25 % Ihres Grundumsatzes frisst, beträgt dieser Wert bei anderen Primaten gerade einmal 8 % (Leonard et al. 2010). Nach dem Kleiber-Gesetz wäre es unmöglich, über einen energetisch so kostspieligen Darm zu verfügen und gleichzeitig das Gehirn eines Menschen zu haben.

Das Kleiber-Gesetz

Das bereits erwähnte Kleiber-Gesetz beschreibt den engen Zusammenhang zwischen der Masse eines Tieres und seiner Stoffwechselrate. Würden wir irgendein Tier nehmen, das in etwa so groß bzw. schwer ist wie wir, dann müsste dieses Tier sehr ähnliche Stoffwechselraten aufweisen. Nun ist uns aber im Zuge der Evolution ein riesiges, extrem kostspieliges Gehirn gewachsen. Um weiterhin das Kleiber-Gesetz zu erfüllen, muss etwas anderes, ebenfalls energetisch kostspieliges, weggefallen sein: der große (Dick-)Darm. Der nämlich ist bei Primaten sehr lang, um Pflanzen optimal zu verdauen. Bei uns Menschen hingegen fällt er kürzer aus, der Dünndarm ist im Vergleich allerdings deutlich länger. Einen langen Dünndarm gibt es dann, wenn die Nahrung qualitativ hochwertig ist (Milton 2003).

Damit ist im Prinzip bereits alles gesagt: Es ist vor allem eine Frage der Energetik, wenn man die Evolution eines primitiven hin zu einem hochmodernen Primaten, Homo sapiens, beurteilen möchte. Es steht völlig außer Frage, dass irgendein Vertreter der Gattung Australopithecus vermehrt auf eine deutlich nährstoff- und energiereichere Kost umgestiegen sein muss.

Bereits vor über 3 Millionen Jahren, also beim Übergang der Gattung Australopithecus zur Gattung Homo, haben gewisse Australopithecus-Arten Werkzeuge benutzt, um Knochen von Tieren zu brechen und das Mark auszuschauben. Das ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass sogar frühere Hominini-Arten qualitativ hochwertige Fette zu sich nahmen, die eine sehr hohe Energiedichte aufweisen (McPherron et al. 2010).

Es ist bis heute nicht klar, wann das erste Mal Feuer genutzt wurde. Fakt ist: Damit das Gehirn wachsen kann, musste die Darmaktivität kleiner werden. Damit die Darmaktivität kleiner werden kann, bedarf es mehr leicht zugängliche Energie. Im Idealfall werden dabei zeitgleich Stoffe mitgeliefert, die die hohe Stoffwechselaktivität des Gehirns unterstützen.

Nährstoffzufuhr versus Blutwert

Viele von Ihnen erstellen sich gerne Ernährungspläne, die sowohl die Kalorienzahl als auch die Mikronährstoffdichte aufzeigen. Laut solcher Rechnungen sind Sie in den meisten Fällen bestens mit Mikronährstoffen versorgt. Meistens führen Sie so sogar das Doppelte von dem zu, was die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) Ihnen empfiehlt.

Lassen Sie aber tatsächlich im Blut messen, sieht es nicht selten mau aus. Die 30 mg Eisen, die Sie in Ihrem Ernährungsplan finden, finden Sie nicht in Ihrem Blut. Der Eisenspeicher (Ferritin) zeigt sich häufig geleert.

Das Problem ist, dass viele Menschen, die sich für Gesundheit interessieren, davon ausgehen, dass pflanzliche Kost generell gesünder ist als tierische Kost. Gesundheit mit pflanzlicher Kost zu assoziieren, hat sich tief in die Köpfe vieler Menschen gesetzt. Damit wir uns richtig verstehen: Pflanzen sind gesund und sollten ohne Wenn und Aber eine große Rolle in unserer Ernährung spielen.

Dennoch: Sie können nicht davon ausgehen, dass Sie ohne Probleme wie ein Gorilla oder andere Primaten leben bzw. essen können. Eine Wissenschaftlerin namens Milton, die sich mit der Ernährung diverser Primaten befasst, hat einmal nachgemessen, wie viele Mikronährstoffe so ein kleines Äffchen pro Tag aufnimmt: Ein 7 kg schwerer Brüllaffe nimmt 5-mal so viel Kalzium, 3-mal so viel Magnesium und 3-mal so viel Kalium auf wie Sie. Und das, obwohl die Werte nicht mal auf Ihr Körpergewicht umgerechnet waren. Das heißt: So ein 7 kg schwerer Brüllaffe wiegt ein Zehntel von Ihnen, nimmt aber das 5-Fache an Kalzium auf (Milton 2003). Was läuft da schief? Machen Sie etwas „falsch“ oder übertreibt die Natur?

Die Wahrheit liegt wohl in der Mitte: Erstens kommen beim Affen tatsächlich mehr Mikronährstoffe im Blut an als bei Ihnen. Aber viel wichtiger ist, dass diese Äffchen lediglich 3–4 % von den oben genannten Mineralien aufnehmen. Wir sprechen in diesem Zusammenhang von Bioverfügbarkeit. Der Affe führt mithilfe seiner Pflanzen also 5 g Kalzium zu, am Ende bleiben davon vielleicht 200 mg hängen, die im Blut ankommen.

Mikronährstoffe aus Pflanzen weisen häufig eine niedrige Bioverfügbarkeit auf – das heißt, der Körper kann Mikronährstoffen aus Pflanzen nur sehr schlecht aufnehmen. Dazu mehr in ► [Kap. 4](#).

Doch zurück zur Entwicklung: Homo erectus lebte vor ca. 1,5–0,5 Millionen Jahren. Mit einem Gehirn, das zwei Drittel so groß war wie Ihres. Ein Teil der Homo-erectus-Population wanderte schon sehr früh nach Europa aus. Dort entwickelte sich daraus Homo neanderthalensis. Sie, Homo sapiens, entwickelten sich ebenfalls aus Homo erectus, aber nicht in Europa, sondern in Afrika. Wir stammen also nicht vom Neanderthaler ab, und tatsächlich ist er auch nicht unser Vorfahr. Es ist eine Art, die sich zeitlich relativ parallel in Europa entwickelte, während sich „die Wiege der Menschheit“ in Afrika findet. Immerhin haben Sie einen gemeinsamen Vorfahren mit dem Neanderthaler.

Sie sollten wissen, dass die Evolution immer selektiert. „Survival of the fittest“ – hat mit Fitness, wie wir sie kennen, eigentlich überhaupt nichts zu tun. Vielmehr beschreibt es *die Fähigkeit eines Individuums, sich an die gegebenen Umweltbedingungen anzupassen und sich auch dort fortzupflanzen*. Wobei Fortpflanzung als Folge ein Marker dafür ist, wie gut wir mit den jeweiligen Umweltbedingungen klarkommen. Das ist Fitness.

Die Evolution nutzt ein paar Tricks, wenn es um die Weiterentwicklung von Arten geht. Angenommen, Sie bekommen zehn Kinder. Keines dieser zehn Kinder sieht aus wie das andere. Vielmehr finden wir – in einem physiologischen Bereich – immer Schwankungen. Vielleicht kommen einige Ihrer Kinder mit Merkmalen auf die Welt, die es ihnen erlauben, besser mit der Umwelt zu interagieren. Ein Gehirn, das wie ein Schalldämpfer wirkt, wäre heute beispielsweise Gold wert. Das würde vor etlichen stressbedingten Erscheinungen schützen. Umgekehrt könnte es sein, dass ein Kind auf die Welt kommt, das besonders empfindlich auf Stress reagiert. Im schlimmsten Fall würde dieses Kind, noch bevor es sich fortzupflanzen kann, sterben – so hätte die Evolution dafür gesorgt, dass es seine Gene und somit die starke Stressempfindlichkeit nicht weitergeben kann.

Was sehr hart klingt, ist ein brachiales Beispiel für natürliche Selektion und „Fitness“. Das Kind mit dem ruhigen Buddha-Gehirn kann sich mit hoher Wahrscheinlichkeit fortpflanzen und gibt so die „Buddha-Gene“ an die nachfolgende Generation weiter.

Daher denkt man als Biologe, dass jede Art an einen spezifischen Lebensraum angepasst ist. Wenn das für jede Tierart gilt, dann sollte das auch für Sie gelten. Wir wollen in diesem Buch – auch – herausfinden, welche Kernelemente das sind. Sie können sich dann in die für Sie richtige Umwelt setzen. Denn: Jede Art bleibt gesund, solange sie in der für sie vorgesehenen Nische lebt.

Homo erectus war die erfolgreichste Art der Gattung Homo und lebte über eine Million Jahre. Wir, Homo sapiens, leben bisher lediglich circa 200.000 Jahre. Sie sollten sich also durchaus fragen, warum dieser Vertreter nicht mehr existiert. Wir aber schon.

Was wir vorab festhalten können: In 2,5 Millionen Jahren hat sich mit Blick auf die Umwelt wahrscheinlich sehr vieles verändert. Afrikanische Landschaften dürften anfänglich noch von üppiger Bewaldung geprägt gewesen sein – vor 200.000 Jahren dürften das vor allem Savannen gewesen sein.

1.3 Die Geschichte des Homo erectus

Von Homo erectus können wir möglicherweise lernen. Denn Homo erectus ist unser direkter Vorfahr, daher ist es sehr interessant zu wissen, warum dieser Vertreter ausstarb und wie er lebte.

Homo erectus war Großwildjäger. Damit ist nicht der Hirsch gemeint, sondern beispielsweise der europäische Waldelefant oder ein Rhinozeros – beide mehr als 1000 kg schwer. Studien legen nahe, dass Homo erectus gerne Elefanten jagte. Entsprechende Überreste des Waldelefanten wurden in Afrika, Europa und Asien gefunden.

Der Wissenschaftler Ben-Dor und seine Kollegen von der Universität Tel Aviv (2011) haben sehr aufwendig das Ernährungsverhalten von Homo erectus rekonstruiert. Bezogen auf die Morphologie des Kauapparats zeigt sich Homo erectus deutlich graziler als Vorgängerarten. Die Kiefer dieser Vorgängerarten waren viel größer und kräftiger, die Backzähne waren extrem groß – man spricht von „post canine megadontia“. Dieser Kauapparat sei besonders geeignet gewesen, um sehr harte und feste Nahrungsbestandteile zu verdauen – etwa Pflanzen und Pflanzenteile, die sogenannte „underground storage organs“ (USO), sprich Wurzeln und Co.

All diese Merkmale hatte Homo erectus nicht mehr. Aus diesen und energetischen Gründen gehen Ben-Dor und Kollegen davon aus, dass solche USO nicht mal als Nahrungsmittel genutzt wurden. Argumentativ wird das von Genanalysen untermauert, die zeigen, dass die ausgeprägte Nutzung von stärkehaltigen Lebensmitteln erst vor ca. 200.000 Jahren begann (Perry et al. 2007).

Um die Nahrung vorzuverdauen, hätte Homo erectus das Feuer nutzen können – so haben das spätere Individuen der Gattung Homo ausgiebig getan. Für diese Zeit ist das aktive Nutzen von Feuer allerdings nicht belegt. Nüsse waren zwar vorhanden, aber aufgrund des hohen Anteils an Stoffen, die die Verwertung der Nährstoffe eines Lebensmittels einschränken (Antinährstoffe), hätten sie vorher bearbeitet werden müssen. Das ist heute gang und gäbe bei „natürlich“ lebenden Kulturen: Die rohen Nüsse (oder eine

andere pflanzliche Kost) werden dabei vor dem Verzehr beispielsweise geröstet oder eine Zeit lang im Wasser getränkt.

Das halten Ben-Dor und Kollegen für unwahrscheinlich und erläutern weiter, dass die Energie, die man pro Stunde potenziell gewinnen kann, für Nüsse und Samen ca. 4000 Kilojoule, für Wurzelgemüse ca. 4000 Kilojoule und für Jagdbeute das 10-Fache betrug. Jagen war also – aus energetischer Sicht – die weitaus sinnvollere Variante. In wenigen Momenten werden Sie sehen, dass es bei den noch heute lebenden Buschmännern der Kalahari (!Kung San) ganz anders aussieht.

Unterm Strich, so die Autoren, gewann Homo erectus ca. 30–40 % seiner Energie aus dem Konsum von Pflanzen. Die Proteinzufuhr war aller Wahrscheinlichkeit nach sehr ausgeprägt, sie lag bei ca. 30–35 % der Gesamtkalorien.

➤ **Bei 2500 kcal, die Sie täglich verbrauchen, wären 30–35 % etwa 750–875 kcal. Da 1 g Eiweiß 4 kcal liefert, entspricht das rund 190–220 g Eiweiß. 200 g Eiweiß sind in ca. 1 kg Fleisch enthalten. Zum Vergleich: Wir verzehren rund 100 g Eiweiß täglich.**

Die Leber kann allerdings nur ca. 200–300 g Protein am Tag verarbeiten. Deshalb glauben die Wissenschaftler, dass diese Menge nicht überschritten wurde. Folglich sei ein großer Anteil der täglich zugeführten Energie durch tierische Fette abgedeckt worden. Die Autoren kalkulierten sogar den dafür nötigen Körperfettanteil der Tiere. Er musste mindestens 45 % betragen – das trifft nur auf sehr große Tiere, etwa Elefanten, zu.

Leider starb der in unseren Wäldern beheimatete Elefant ob der intensiven Jagd aus. Nicht gut für Homo erectus, aber gut für uns. Denn genau deshalb brachte die Evolution einen leichteren, agileren und intelligenteren Vertreter auf den Plan: Homo sapiens. Homo sapiens hatte niedrigere energetische Bedürfnisse und konnte somit auch ohne den Elefanten überleben.

Womit wir auch schon bei uns angekommen sind. Sie haben Afrika vor ca. 100.000 Jahren verlassen und erreichten vor ca. 40.000 Jahren schließlich Europa. Mitten hinein in eine Kaltzeit (vgl. deMenocal und Stringer 2016). In dieser Zeit nannte man Sie Cro-Magnon, der frühe europäische Homo sapiens. Zur gleichen Zeit lebte in Europa allerdings schon der Neanderthaler, der sich dort parallel zu Ihnen entwickelt hatte. Er hatte eine sehr viel robustere Statur. Der Neanderthaler hatte ein großes Becken und kurze, dafür extrem kräftige Beine. Der Rumpf war kompakter. Insgesamt waren Neanderthaler-Individuen bei gleichem Gewicht deutlich kleiner als Sie – wir würden diese Statur vielleicht als untermittelt bezeichnen.

Der Neanderthaler war deutlich besser an das harsche Klima angepasst als wir. Das lässt sich ableiten: Die Nase war sehr groß. Zusätzlich besagt die Allen-Regel, dass Körperanhänge von Tieren kürzer werden, je kälter das Gebiet ist, indem das Tier lebt. Es gibt dazu eine mathematische Gleichung, die man „crural index“ nennt. Sie setzt die Länge des Schienbeinknochens in Relation zur Länge des Oberschenkelknochens. In Anlehnung an die Allen-Regel ist der „crural index“ bei Neanderthalern deutlich niedriger als bei Homo sapiens. Oder anders ausgedrückt: Die Unterschenkel sind deutlich kürzer. Dieses Phänomen lässt sich auch innerhalb unserer Art beobachten. So haben Inuit als Zeichen der Kälteadaptation einen niedrigeren „crural index“ als beispielsweise Afrikaner, die sehr warme Habitate bewohnen (Porter 1999).

Zum einen lässt sich dies als Anpassung an die Kälte werten. Zum anderen aber auch als Anpassung an Steppenlandschaften. Eine Arbeit von Steudel-Numbers und Tilkens (2004) zeigt, dass Neanderthaler-Individuen sehr schlechte Ausdauerläufer waren. Wenn der Unterschenkel kürzer ist, wird die Fortbewegung ineffizienter. Um genauer zu sein, investierte der Neanderthaler in direktem Vergleich mit einem modernen Menschen 30 % mehr Energie in seine Fortbewegung. Sobald die Landschaft hügelig und uneben wird, hebt sich dieser Unterschied auf.

Die Ernährung des Neanderthalers basierte auf Fleisch vom Großwild. Diverse Studien legen nahe, dass Neanderthaler sogenannte Top-Level-Karnivoren waren (u. a. Richards und Trinkaus 2009). Das sind Jäger, die an oberster Stelle der Nahrungskette stehen. Das lässt sich in Form von Atomisotopen eindeutig bestimmen. Der Neanderthaler hatte Isotopwerte, die darauf schließen lassen, dass er sich wie eine Hyäne oder andere Karnivoren ernährt haben muss.

Ähnliche oder dieselben Studien zeigen, dass der Mensch, *Homo sapiens*, noch deutlich höhere Stickstoffwerte hatte als der Neanderthaler. Noch höhere Stickstoffwerte deuten nicht etwa auf einen noch höheren Fleischkonsum hin, sondern zeigen, dass eine beträchtliche Menge Protein von marinen Organismen stammt. Sprich: *Homo sapiens* war der bessere Fischer. Überhaupt scheinen Nahrungsmittel marinen Ursprungs – Muscheln, Tang, Fische und Co. – eine wichtige Quelle diverser „Schlüssel-mikronährstoffe“ gewesen zu sein, die eine große Rolle in der Entwicklung von *Homo sapiens* und Vorgängerarten gespielt haben müssen.

Insgesamt kann man davon ausgehen, dass die Ernährung des *Homo sapiens* mehr Diversität zeigte, als es beim Neanderthaler der Fall war. Allerdings gibt es auch diesbezüglich Funde, die auf eine signifikante Zufuhr von pflanzlicher Nahrung beim Neanderthaler hindeuten (Richards und Trinkaus 2009; Henry et al. 2011). Erstaunlicherweise fanden Forscher auf den Zähnen von Neanderthalern Spuren von Datteln, Bohnen und Gräsern, deren chemische Konstellation außerdem darauf hindeutet, dass sie mit Wärme behandelt wurden. Haben diese Neanderthaler bereits mit stärkehaltigen Kohlenhydraten gekocht?

Zeitgleich sollten wir nicht vergessen, dass es nicht *das* Klima, *die* ökologische Nische gab. Ähnlich wie heute lebten diverse Individuen in verschiedenen geografischen Bereichen. So gesehen gab es nicht nur das sehr kalte Klima, sondern auch wärmere Gebiete. *Die* Paläoernährung gab es deshalb nicht.

Der Vollständigkeit halber sei noch angemerkt, dass sich Neanderthaler und *Homo sapiens* wohl verpaarten, weshalb alle heute lebenden Europäer ca. 3–5 % Neanderthaler-Gene in sich tragen. Es ist nicht bekannt, ob sie Einflüsse auf unseren Stoffwechsel haben. Bekannt ist die Funktion im Keratinhaushalt. Keratin, ein Protein, spielt eine Rolle im Stoffwechsel der Haare, der Nägel und der Haut (Sankararaman et al. 2014). Es ist denkbar, dass diese Gene Anteil an unserer Fähigkeit hatten, mit dem damals vorherrschenden Klima zurechtzukommen.

1.4 Die San: Heutige Jäger und Sammler und Träger der „ältesten Gene“

Wie hat es ausgesehen, bevor wir Afrika damals verließen? Um eine Ahnung davon zu bekommen, könnten wir uns mit noch heute lebenden, mehr oder weniger unberührten Populationen befassen. Die „ältesten“ und somit „ursprünglichsten“ Gene haben

die San (Behar et al. 2008). Das ist eine Jäger-und-Sammler-Gruppe, ansässig im Süden Afrikas.

Das Aussehen dieser Menschen könnte uns noch ehesten verraten, wie der „originale Homo sapiens“ damals ausgesehen haben muss. Sie finden Bilder dieser Menschen im Internet. Ebenso kann uns die Lebensweise dieser Menschen verraten, wie die Lebensweise der frühen Menschen ausgesehen haben könnte.

Die Buschmänner der Kalahari sind alle relativ klein. Im Schnitt ca. 1,55 m groß und 50 kg schwer. Ein Großteil der Buschmänner zeigt einen BMI von unter 20. Etwa 25 % der Frauen dort sind – nach den Kriterien der WHO (Weltgesundheitsorganisation) – untergewichtig. Nach unseren Standards wäre das ein kritischer Ernährungszustand. Tatsächlich aber zeigen diese Menschen keinerlei Anzeichen einer Unterversorgung. Kaum zu glauben, aber der Körperfettanteil schwankt zusätzlich je nach Saison. Das heißt, dass die Buschmänner und -frauen durchaus „noch dünner“, also abgemagert, sein können – für diese Population ist das ganz normal (Kirchengast 1998).

Die recht hohe pflanzliche und tierische Diversität in Afrika, die das Angebot an verzehrbaren Pflanzen und Tieren unseres Supermarkts deutlich übersteigt, sorgt für eine vielfältige Nahrungsgrundlage. Trotzdem ist das Grundnahrungsmittel der Buschmänner die Mongongo-Nuss. Sie essen im Schnitt 250 g Fleisch pro Tag, was einer Menge von 40 g Protein entspricht. Insgesamt verzehren diese Menschen ca. 100 g Protein pro Tag. Gut 40 % des verzehrten Proteins stammt somit aus der Mongongo-Nuss.

Ergänzt wird diese Grundlage durch den Verzehr einiger Pflanzen, was insgesamt ca. 2200 Kilokalorien ergibt, die ein Mensch dort durchschnittlich zu sich nimmt. Bezogen auf die Größe und das Gewicht dieser Menschen wäre das eine Ernährung mit einem hohen Gehalt an tierischen und pflanzlichen Proteinen, einem hohen Anteil pflanzlicher Fette und einem mäßigen Kohlenhydratanteil.

Jagte Homo erectus der Ökonomie wegen noch sehr ausgiebig Großwild, sieht es bei den !Kung San ganz anders aus: Hier ist das Großwildangebot begrenzt, weswegen vorrangig kleine Tiere gejagt werden – aus ökonomischer Sicht ist das natürlich ungünstiger. Hier zeigt sich, dass das Sammeln von Pflanzen pro Stunde ca. 2500 Kilokalorien liefert, die Jagd lediglich 1000 Kilokalorien. Zusätzlich geht das Pflanzensammeln mit einer höheren Erfolgsrate einher. Die Jagd hingegen ist bei den !Kung San eine unsichere Variante der Energiebeschaffung. Trotzdem oder gerade deshalb wird Fleisch als wertvoller betrachtet und immer bevorzugt, wenn es verfügbar ist.

Alle frei lebenden Tiere (auch wir sind Tiere!) kümmern sich rund um die Uhr um die eigene Gesunderhaltung. Bei den !Kung San ist es selbstverständlich nicht anders. Ein Großteil der täglichen Tätigkeiten dreht sich um Nahrungsbeschaffung und -zubereitung. Allerdings wird lediglich an zwei oder drei Tagen in der Woche gearbeitet – jeweils ca. sechs Stunden. Pro Woche macht das somit etwa 12–18 Stunden, in denen gearbeitet, also gejagt, gesammelt und gebaut wird.

Frauen sammeln an einem Tag so viel Essen, dass sie damit drei Tage lang ihre Familie ernähren können. Auch Männer jagen nicht täglich, sondern unregelmäßig. So kann es sein, dass eine ganze Woche durchgehend gejagt wird, aber danach drei Wochen überhaupt nichts passiert.

Was ist mit dem Rest der Zeit? In unserem Leben wäre das: Fernsehen, Beine hochlegen und Freunde treffen. In der Sprache der Buschmänner ist das Unterhaltung (was immer das auch sein mag), andere Buschmänner besuchen und Tanzen. Frauen kochen.

Die Männer üben sich in Trancetänzen. Fast jeder Buschmann kennt Techniken, die ihn in eine andere Welt eintreten lassen. Das lässt sich sogar anhand der Hirnströme messen. Die Ströme, die dann entstehen, nennt man beispielsweise α -Wellen (vgl. Lee und DeVore 1987).

Ähnliche Studien finden Sie zu vielen Jäger-und-Sammler-Gruppen. Besonders gut studiert sind beispielsweise die Hadza, Kitava oder auch die Aborigines. Doch wie aussagekräftig sind solche Studien? Eckpfeiler eines gesunden Lebensstils können wir daran sicher ableiten. Aber gilt das auch für konkrete und spezifische Empfehlungen? Eher weniger. Denn: Wenn wir feststellen, dass die San-Jäger sehr viele Nüsse essen, heißt das nicht, dass das die optimale Ernährung des Menschen darstellen muss.

Wie auch? Wie Sie sehen konnten, stammen wir von pflanzenfressenden Primaten ab. Wir selbst aber haben davon nur wenige Merkmale behalten. Heißt das umgekehrt, dass wir jetzt nur noch Fleisch essen sollen? Nein, wohl kaum.

Auf die Eckpfeiler solcher primitiven Ernährungsformen werden wir im Verlauf noch einmal zu sprechen kommen – das wird uns helfen, für uns passende Lösungen zu finden. Und es wird uns aufzeigen, warum Menschen von diesen Eckpfeilern profitieren.

Literatur

- Aiello LC (1997) Brains and guts in human evolution: the expensive tissue hypothesis. *Braz J Genet* 20(1):141–148
- Behar DM et al (2008) The dawn of human matrilineal diversity. *Am J Hum Genet* 82(5):1130–1140
- Ben-Dor M et al (2011) Man the fat hunter: the demise of *Homo erectus* and the emergence of a new hominin lineage in the Middle Pleistocene (ca. 400 kyr) Levant. *PLoS One* 6(12):e28689
- deMenocal P, Stringer C (2016) Human migration: climate and the peopling of the world. *Nature* 538:49–50
- Henry AG, Brooks AS, Piperno DR (2011) Microfossils in calculus demonstrate consumption of plants and cooked foods in Neanderthal diets (Shanidar III, Iraq; Spy I and II, Belgium). *Proc Natl Acad Sci U S A* 108(2):486–491
- Kimbel WH, Deleuzene LK (2009) A review of research on *Australopithecus afarensis*. *Am J Phys Anthr* 140(S 49):2–48
- Kirchengast S (1998) Weight status of adult !Kung San and Kavango people from northern Namibia. *Ann Hum Biol* 25(6):541–551
- Kuman K, Clarke RJ (2000) Stratigraphy, artefact industries and hominid associations for Sterkfontein, Member 5. *J Hum Evol* 38(6):827–847
- Lee RB, DeVore I (Hrsg) (1987) *Man the hunter*. Aldine de Gruyter, Hawthorne
- Leonard W, Snodgrass J, Robertson M (2010) Evolutionary perspectives on fat ingestion and metabolism in humans. In: *Fat detection: taste, texture, and post ingestive effects*. CRC Press, Boca Raton, S 3–18
- McPherron SP et al (2010) Evidence for stone-tool-assisted consumption of animal tissues before 3.39 million years ago at Dikika, Ethiopia. *Nature* 466(7308):857–860
- Milton K (1999) Nutritional characteristics of wild primate foods: do the diets of our closest living relatives have lessons for us? *Nutrition* 15(6):488–498
- Milton K (2003) Micronutrient intakes of wild primates: are humans different? *Comparative biochemistry and physiology part A. Mol Integr Physiol* 136(1):47–59
- Perry GH et al (2007) Diet and the evolution of human amylase gene copy number variation. *Nat Genet* 39(10):1256–1260

Literatur

- Popovich DG et al (1997) The western lowland gorilla diet has implications for the health of humans and other hominoids. *J Nutr* 127(10):2000–2005
- Porter AMW (1999) Modern human, early modern human and Neanderthal limb proportions. *Int J Osteoarchaeol* 9(1):54–67
- Richards MP, Trinkaus E (2009) Isotopic evidence for the diets of European Neanderthals and early modern humans. *Proc Natl Acad Sci U S A* 106(38):16034–16039
- Sankararaman S et al (2014) The genomic landscape of Neanderthal ancestry in present-day humans. *Nature* 507(7492):354–357
- Studel-Numbers KL, Tilkens MJ (2004) The effect of lower limb length on the energetic cost of locomotion: implications for fossil hominins. *J Hum Evol* 47(1):95–109



Biochemie: Grundlage Ihrer Gesundheit und Leistungsfähigkeit

- 2.1 „Trade-off“ – alles ist ein Kompromiss – 16
- 2.2 Genexpression und Phänotyp – 16
- 2.3 Die Zelle: Entstehungsort der Lebensenergie – 18
- 2.4 Wie zelluläre „Schalter“ den Stoffwechsel der Zellen regulieren – 19
- 2.5 Blutzucker und Körperfett – 25
- Literatur – 34