

Ernährung

2.1 Makronährstoffe – 10

- 2.1.1 Protein als Makronährstoff – 10
- 2.1.2 Fett als Makronährstoff – 11
- 2.1.3 Kohlenhydrate als Makronährstoff – 12

2.2 Mikronährstoffe – 13

- 2.2.1 Wie wird eine ausgewogene Versorgung mit Mikronährstoffen sichergestellt? – 14
- 2.2.2 Kritische Mikronährstoffe – 16
- 2.2.3 Mikronährstoffe – Bedeutung für Überleben und Fortpflanzung – 19

2.3 Nährstoffe mit Einfluss auf die Reproduktionsrate – 21

- 2.3.1 Makronährstoffe – 22
- 2.3.2 Mikronährstoffe – 23

Literatur – 25

Jedes Lebewesen ist, vereinfacht ausgedrückt, eine Kraft-Wärme-Maschine. Damit es in der Umwelt überleben und sich fortpflanzen kann, ist die Zufuhr von Energie notwendig. Diese Energie stammt aus unterschiedlichen Quellen, sei es aus dem Sonnenlicht oder auch aus energiereichen Verbindungen in der Nahrung. Im Organismus wird sie in Energieformen umgewandelt, die vom Körper universell einsetzbar sind und dazu dienen, den Organismus in seiner Funktion zu erhalten bzw. ständig zu erneuern. Hierzu werden aber neben der Energie auch noch zahlreiche weitere Stoffe gebraucht, die mit der Nahrung aufgenommen und als Mikronährstoffe bezeichnet werden. Damit Lebewesen überleben und sich fortpflanzen können, brauchen sie genau diese Mikronährstoffe in einem ausgewogenen Verhältnis.

Bei der Beurteilung unserer Nahrung müssen wir zwei Kriterien unterscheiden: ihre Quantität und ihre Qualität. Der Begriff Quantität bezieht sich auf die Menge an Energie, die ein Mensch je nach körperlicher Belastung für ein gesundes Leben benötigt. Diese Energie wird mit den Makronährstoffen zugeführt. Die Qualität beschreibt die Menge an nicht-energie-liefernden essenziellen Stoffen in der Nahrung, die notwendig ist, damit die zugeführten Makronährstoffe so verarbeitet werden können, dass sie sowohl Energie als auch Bausteine für den gesamten Organismus liefern.

2.1 Makronährstoffe

Zu den Makronährstoffen zählen Proteine, Fett und Kohlenhydrate. Der Begriff »Makronährstoff« hat sich für diese Verbindungen eingebürgert, da es sich um Moleküle handelt, die aus kleineren Einzelbausteinen zusammengesetzte, große Verbindungen bilden. Eine andere Bezeichnung für Makronährstoffe – »energieliefernde Nährstoffe« – beschreibt direkt eine wichtige Funktion dieser Verbindungen. Was geschieht nun mit den Makronährstoffen, wenn wir sie verzehren?

2.1.1 Protein als Makronährstoff

Protein pflanzlicher oder tierischer Herkunft wird nach dem Verzehr in seine Bausteine, die Aminosäuren, zerlegt, die im Darm absorbiert werden und wiederum die Basis für die Herstellung körpereigener Proteine sind. Diese katalysieren Reaktionen des Stoffwechsels (Enzyme), dienen dem Transport von Stoffen wie Glucose, Vitamin A oder Kupfer oder werden für den Aufbau von Muskelmasse benötigt, um nur einige Beispiele zu nennen. Einige der insgesamt 20 Aminosäuren, die in Proteinen des menschlichen Körpers vorkommen, sind essenziell, das heißt, sie können nicht durch andere Bausteine ersetzt und müssen daher mit der Nahrung zugeführt werden (■ Tab. 2.1). Der gesunde erwachsene Mensch muss acht Aminosäuren mit der Nahrung aufnehmen, um das Stickstoffgleichgewicht zu erhalten: Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan und Valin. Streng genommen sind bei sechs dieser Aminosäuren nur die korrespondierenden Kohlenstoffskelette der Ketosäuren essenziell, da der Körper diese über eine Transaminierung in Aminosäuren umwandeln kann. Für Lysin und Threonin gilt dies nicht, da sie irreversibel transaminiert werden und folglich als eigentlich essenzielle Aminosäuren bezeichnet werden. Beide kommen vor allem in tierischem Protein, aber auch in Leguminosen vor. Darüber hinaus gibt es bedingt essenzielle Aminosäuren. Dazu gehören solche, die in einem bestimmten Alter oder bei Vorliegen von Erkrankungen

Tab. 2.1 Für den Menschen essenzielle, bedingt essenzielle und nichtessenzielle Aminosäuren

| Kategorie der Aminosäure | Beschreibung |
|--|---|
| <i>Essenziell</i> | |
| Threonin, Lysin | Absolut essenziell |
| Valin, Leucin, Isoleucin, Phenylalanin, Tryptophan, Methionin | Nur das Kohlenstoffskelett der jeweiligen Aminosäure |
| Phenylalanin, Tryptophan, Methionin, Histidin | Für Säuglinge und Kleinkinder |
| <i>Bedingt essenziell</i> | |
| Arginin | Für Säuglinge, Kleinkinder, Schwerkranke |
| Serin | Bei chronischem Nierenversagen |
| Tyrosin | Bei Phenylalaninmangel, Sepsis, Phenylketonurie; für Frühgeborene |
| Cystein | Bei Methioninmangel, Leberzirrhose |
| <i>Nichtessenziell</i> | |
| Alanin, Glycin, Prolin, Asparaginsäure, Asparagin, Glutaminsäure, Glutamin | |

vorübergehend oder dauerhaft essenziell werden können. Beim Neugeborenen sind beispielsweise während der ersten Lebenstage Arginin, Cystein, Histidin und Tyrosin bedingt essenzielle Aminosäuren, da diese noch nicht aus anderen Aminosäuren gebildet werden können.

Das Nahrungsprotein erfüllt zwei wichtige Aufgaben: die Versorgung mit allen Aminosäurebausteinen, die der Mensch nicht selbst herstellen kann, und die Versorgung mit Stickstoff, den der Organismus für die Bildung von Aminosäuren und anderen Stickstoffverbindungen benötigt. In einer normalen Mischkost kommen alle Aminosäuren in ausreichender Menge vor. Dies gilt auch für eine vegane Ernährung, wenn sie richtig zusammengestellt ist. Kritisch wird es, wenn Protein im Wesentlichen über Getreide zugeführt wird, da in diesem Fall ein Mangel an den zwei wichtigen Aminosäuren Lysin und Threonin entstehen kann. Den pflanzenfressenden Urahnen in den afrikanischen Regenwäldern konnte das wegen der Vielfalt der aufgenommenen pflanzlichen Nahrung wahrscheinlich nicht passieren.

Als Energielieferant sind Proteine weniger tauglich als Fett oder Kohlenhydrate, da die Zersetzung in die kleinen Bausteine im Darm vor der Aufnahme und das Wiederausammenfügen im Organismus Energie verbraucht.

2.1.2 Fett als Makronährstoff

Pflanzliches oder tierisches Fett ist die wichtigste gut speicherbare Energiequelle des menschlichen Körpers. Neben ihrer Funktion als Energielieferant liefern Nahrungsfette jedoch auch Bausteine für die Zellmembranen in Form von Cholesterin und Phospholipiden, und enthalten Omega-(ω)-6- und Omega-3-Fettsäuren, die eine wichtige Rolle im Immunsystem spielen. Eine Fettsäure, die Linolensäure, ist für den Menschen essenziell, muss also mit der Nahrung

zugeführt werden. Sie ist vorwiegend in Fisch und einigen Ölsaaten enthalten. Fett wird nach der Aufnahme über den Darm rasch gespeichert und nur in Ausnahmefällen als sofortige Energiequelle eingesetzt.

2.1.3 Kohlenhydrate als Makronährstoff

Kohlenhydrate (Saccharide) sind der Hauptenergielieferant für den menschlichen Körper und dienen, anders als Fette, der raschen Energieversorgung. Die Mono-, Di- und Polysaccharide (Einfach-, Zweifach und Mehrfachzucker) sind in großer Menge allen Arten von Knollen, Hülsenfrüchten, Wurzeln, Getreide, Obst, Gemüse und auch in Blättern, die für unsere Ahnen das Gemüse gewesen sein dürften, enthalten. Sie stellen unter anderem den für den Menschen wichtigen Kohlenhydratbaustein, die Glucose, bereit.

Nach der Nahrungsaufnahme gelangt die Glucose über die Wand des Dünndarms in das Blut, woraufhin der Glucosespiegel im Blut steigt. Als Reaktion darauf schüttet die Bauchspeicheldrüse das Hormon Insulin aus, welches das Signal für Zellen verschiedener Gewebe ist, Glucose aus dem Blut aufzunehmen. In den Zellen wird die Glucose entweder in Energie umgewandelt oder in Leber und Muskulatur in Form von Glykogen gespeichert. Gleichzeitig sorgt Insulin dafür, dass der Aufbau von Körpermasse (Fett, Protein) gesteigert und der Abbau gehemmt wird, weshalb es auch als anaboles, also aufbauendes, Hormon bezeichnet wird.

Durch diesen Effekt von Insulin wirkt sich der Verzehr von Kohlenhydraten besonders deutlich auf die Zunahme an Körpermasse aus, wenn gleichzeitig Fett und Protein aufgenommen werden. Die anabole Wirkung einer Aufnahme von Fett und Protein allein ist weitaus geringer, da diese den Blutglucosespiegel nicht so deutlich ansteigen lassen wie Kohlenhydrate.

Die Glucose steht der Muskulatur und anderen Geweben als rasche Energiequelle zur Verfügung. Besonders wichtig ist sie aber für das Gehirn, das ohne Glucose seine Leistungsfähigkeit nicht aufrechterhalten kann. Da das Gehirn den Energiestoffwechsel des Körpers sogar zu seinem Vorteil zu lenken vermag, bezeichnet man es auch als »selbstsüchtig« (*selfish brain*-Theorie; ► Abschn. 10.1, ► Abschn. 10.2).

Sinkt der Blutzuckerspiegel, wird weniger Insulin freigesetzt und ein Hungergefühl stellt sich ein. Bleibt dann allerdings eine Nahrungsaufnahme aus, werden zunächst die Glykogenspeicher abgebaut, es folgt ein Umbau einiger Proteinbausteine aus der Muskulatur zu Glucose und zuletzt werden auch Speicherfette geopfert, um den Blutzuckerspiegel wieder anzuheben. Drastische Folgen eines dauerhaft zu geringen Blutzuckerspiegels sind eine Kachexie (Abmagerung), wie sie bei schweren Erkrankungen auftritt, oder eine deutliche Unterernährung (► Abschn. 8.2). Aber selbst in solchen Fällen ist das Gehirn häufig noch recht gut versorgt und bedient sich bei einer Unterernährung zur Not an der Körpermasse, sodass die betroffenen Menschen meist lange Zeit noch geistig rege sind, obwohl der Körper schon lange nicht mehr mitspielt (► Abschn. 10.1, ► Abschn. 10.2).

Letztlich entscheidet die Zusammensetzung der Nahrung über Entwicklung und Belastbarkeit eines Individuums. Eine ausgewogene Versorgung mit Makronährstoffen ist die Basis. Die Makronährstoffe wären aber nutzlos, wenn sie nicht gleichzeitig die »Transporter« der Mikronährstoffe wären. Das heißt, mit jedem Makronährstoff werden auch spezielle Mikronährstoffe aufgenommen. Fehlt eine Makronährstoffkomponente, so fehlen auch die in den Nahrungsmitteln ebenfalls enthaltenen Mikronährstoffe. Eine ausreichende Ernährung ist also

keinesfalls nur eine Frage der Quantität, sondern der Qualität, und einen wesentlichen Anteil daran haben die Mikronährstoffe.

2.2 Mikronährstoffe

Mikronährstoffe werden, mit Ausnahme einer Fettsäure und zwei Aminosäuren, auch als nicht energieliefernde Nährstoffe bezeichnet und haben eine Vielzahl wesentlicher Funktionen, die Wachstum und Entwicklung ebenso sicherstellen wie Fortpflanzung und Überleben. Zu diesen Funktionen gehört beispielsweise ihre Rolle im Energiestoffwechsel, der aus den Makronährstoffen die Energie gewinnt, die wir brauchen, damit die Zell- und Organfunktionen ordnungsgemäß ablaufen können. Auch für das Immunsystem sind sie von Bedeutung, vor allem die fettlöslichen Vitamine A und D sowie Zink, Eisen und Selen.

Während die Makronährstoffe zumindest hinsichtlich ihrer Energiebereitstellung in gewisser Weise austauschbar sind, denn alle liefern verwertbare Energie, wenn auch nicht in derselben Menge, übernehmen einzelne Mikronährstoffe eher spezielle Aufgaben und sind nicht einfach gegeneinander auszutauschen. Ein über längere Zeit andauernder Mangel an einem Mikronährstoff hat daher Konsequenzen für die Gesundheit. Der Mangel an einigen Mikronährstoffen führt durch direkte Wirkung auf den Organismus zum Tod, der Mangel an anderen wiederum ist Ursache von Erkrankungen, die chronisch sein können.

Mikronährstoffe lassen sich grob einteilen in solche, die als Cofaktoren im Stoffwechsel wichtig sind – dabei handelt es sich vor allem um die wasserlöslichen Vitamine und viele Spurenelemente –, und in solche, die ähnlich wie ein Hormon (Prähormon) oder auch als wichtiger Teil eines Hormons wirken (Vitamin A, D, Jod), sowie in eine Gruppe von Verbindungen, die als Antioxidantien bezeichnet werden bzw. als antioxidative Cofaktoren (Vitamin C, E, Selen, Kupfer). Für die wasserlöslichen Vitamine gilt, dass ihre Wirkungen oft eng vernetzt sind bzw. sie an den unterschiedlichsten Stellen in den Energiestoffwechsel eingebunden sind. Hierbei können sie sich teilweise ergänzen bzw. auch kompensieren, wenn die Versorgung mit dem betreffenden Vitamin vorübergehend kritisch wird. Bei den fettlöslichen Vitaminen dagegen finden sich zwar auch gemeinsame Aktivitäten, allerdings mit Ausnahme von Vitamin K viel stärker auf zellulärer Ebene und weniger in speziellen Stoffwechselprozessen.

Je nach Mikronährstoff ist die Menge, die wir täglich benötigen, sehr unterschiedlich. Im Vergleich zu den Makronährstoffen, von denen wir täglich mehr als 500 g aufnehmen, um je nach Alter mit der notwendigen Mengen an Energie versorgt zu sein, sind bei den Mikronährstoffen nur sehr geringe Mengen zwischen 5 µg (Vitamin B₁₂ und D) und 100 mg (Vitamin C) erforderlich, um unseren Bedarf zu decken, d.h. alle abhängigen Funktionen zu gewährleisten. Ob sich daraus oder aus der Tatsache, dass die meisten Mikronährstoffe als Moleküle auch klein sind, der Name Mikronährstoffe ableitet, ist unklar und auch nicht wirklich von Bedeutung.

Wichtig ist allerdings, dass die meisten Mikronährstoffe mit einer gewissen Regelmäßigkeit auf dem Speiseplan stehen müssen und keinesfalls in allen Nahrungsmitteln vorkommen. Dennoch es ist ein Trugschluss anzunehmen, wir müssten alle Mikronährstoffe täglich aufnehmen, denn einige werden nur langsam abgebaut oder verbraucht (sie haben eine lange Halbwertszeit) und andere können im Körper gespeichert werden. Zu Letzteren gehören Vitamin A, Vitamin B₁₂, Jod und Eisen, sodass eine nur geringe Versorgung über längere Zeiträume – bei Eisen und Jod sind es Wochen, bei Vitamin A und B₁₂ Monate – ohne sichtbare gesundheitliche Folgen bleibt, sofern nicht eine Erkrankung oder eine besondere körperliche Belastung (z. B. eine Schwangerschaft) den Verbrauch erhöhen. Das Gros der Mikronährstoffe wird jedoch

nicht in körpereigene Speicher verfrachtet und besitzt zudem eine geringe Halbwertszeit von nur wenigen Tagen bis Wochen.

Manche Mikronährstoffe können also gespeichert werden, andere nicht. Die Ursache dafür könnte darin liegen, dass die Mikronährstoffe, die nicht gespeichert werden oder eine geringe Halbwertszeit besitzen – die wir also mit großer Regelmäßigkeit aufnehmen müssen –, in der Nahrung unserer Vorfahren sehr viel häufiger und in größerer Menge vertreten waren. Solche, die gespeichert werden können oder eine lange Halbwertszeit besitzen, nehmen wir seltener auf, weil es weniger Nahrungsquellen für sie gibt. Und in der Tat sieht es so aus, dass die Mikronährstoffe mit kurzen Halbwertszeiten und fehlender Speicherfähigkeit vor allem in Blättern, Früchten und Wurzeln enthalten sind, während andere, also solche mit langer Halbwertszeit oder Speichermöglichkeit, in großer Menge in Fleisch und tierischer Nahrung vorkommen. Um an Fleisch zu gelangen, mussten unsere Vorfahren jagen, was energie- und zeitaufwendig war, während pflanzliche Lebensmittel leicht und ohne große Anstrengung zu erhalten waren. Nun kann man davon ausgehen, dass unsere sehr frühen Vorfahren, die in den dichten Blättern der Baumwipfel lebten und sich von Früchten ernährten, eher selten auf Jagd gingen. Vielmehr wurde wahrscheinlich eher beiläufig von Zeit zu Zeit ein kleineres Wirbeltier oder auch Insekten verzehrt, sow wie das bei heute lebenden Affen zu beobachten ist.

Die ■ Tab. 2.2 soll dazu dienen, bei den in den folgenden Kapiteln dargestellten Mikronährstoffquellen abschätzen zu können, inwieweit diese Quellen zur Versorgung beitragen können. Bezogen auf die Fragestellung der Versorgung unserer Ahnen sollte mindestens der EAR (*estimated average requirement*; geschätzter mittlerer Bedarf) erreicht werden, um Defizite zu vermeiden.

Referenzwert

Der Referenzwert, auch als empfohlene Tagesdosis bezeichnet, gibt die Menge eines Mikronährstoffs an, die ausreicht, um den Bedarf an diesem Mikronährstoff zu sichern. Der Bedarf kann allerdings nur geschätzt werden und wird daher im englischen Sprachraum auch EAR (*estimated average requirement*; geschätzter mittlerer Bedarf) genannt. Beim EAR handelt sich um die Menge, bei der (bei Normalverteilung) 50 % der gesunden Menschen ausreichend mit dem Mikronährstoff versorgt sind und die anderen 50 % nur unzureichend. Nimmt man zum EAR zwei Standardabweichungen des EAR hinzu, so erhält man einen Referenzwert (empfohlene Tagesdosis), bei dem 97,5 % aller Personen ausreichend versorgt sind. Der individuelle Bedarf hängt ab von Alter, Geschlecht, Schwangerschaft, Stillzeit, chronischen Erkrankungen, Lebensstil (Sport, Rauchen, Alkohol u. a.).

2.2.1 Wie wird eine ausgewogene Versorgung mit Mikronährstoffen sichergestellt?

Fehlt uns Energie, so verspüren wir ein Hungergefühl, das uns schließlich dazu bringt, etwas zu essen. Ist der Energiebedarf gedeckt, dann vergeht auch das Hungergefühl, wir sind satt. Fehlen uns dagegen Mikronährstoffe, so passiert, je nach Mikronährstoff, zunächst einmal nichts. Es stellt sich, anders als mal erwarten würde, kein besonderer Appetit auf Mikronährstoffe ein. Das ist verwunderlich, kann ein Mangel an Mikronährstoffen doch schwerwiegende gesundheitliche Folgen haben. Der Betreffende wird irgendwann krank und kann bei weiterer Unterversorgung sogar sterben. Erstaunlicherweise reagiert der Körper auf einen Mangel nicht mit einem selektiven Appetit auf den fehlenden Mikronährstoff, sondern es zeigen sich eher

Tab. 2.2 Geschätzter mittlerer Bedarf (EAR)* und Referenzwert (R)** der Menge eines Mikronährstoffs, die täglich zugeführt werden sollte. Der Referenzwert wird auch als empfohlene Tagesdosis bezeichnet. (*Institute of Medicine 2012, **Deutsche Gesellschaft für Ernährung 2014)

| Mikronährstoff | Bis zum 10. Lebensjahr | Erwachsener | Schwangerschaft | Stillzeit |
|-----------------------------------|------------------------|-------------|-----------------|-----------|
| | EAR/R | EAR/R | EAR/R | EAR/R |
| <i>Vitamine</i> | | | | |
| Vitamin A (ug) | 275/900 | 500/1000 | 550/1100 | 900/1500 |
| Vitamin D (ug) | 10/10 | 10/20 | 10/10 | 10/20 |
| Vitamin E (mg) | 12/12 | 12/15 | 12/15 | 16/17 |
| Vitamin C (mg) | 22/50 | 75/100 | 70/110 | 100/150 |
| Thiamin (mg) | 0,5/0,8 | 1,0/1,3 | 0,9/1,3 | 0,9/1,4 |
| Riboflavin (mg) | 0,5/0,9 | 1,1/1,5 | 1,2/1,5 | 1,3/1,6 |
| Niacin (mg) | 6/10 | 12/17 | 14/15 | 13/17 |
| Vitamin B ₆ (mg) | 0,5/0,5 | 1,1/1,5 | 1,6/1,9 | 1,7/1,9 |
| Folsäure (ug) | 160/300 | 320/400 | 520/600 | 450/600 |
| Vitamin B ₁₂ (ug) | 1/1,5 | 2/3 | 2,2/3,5 | 2,4/4 |
| <i>Mineralien</i> | | | | |
| Kupfer (ug) | 340/700 | 700/1200 | 800/1200 | 1000/1200 |
| Jod (ug) | 65/120 | 95/200 | 160/230 | 209/260 |
| Eisen (mg) | 4/10 | 8/15 | 23/30 | 7/20 |
| Zink (mg) | 4/8 | 9/10 | 10,5/10 | 10,9/11 |
| Calcium (mg) | 800/900 | 1000/1000 | 1000/1000 | 1000/1000 |
| Magnesium | 110/150 | 300/400 | 300/310 | 300/390 |
| EAR estimated average requirement | | | | |

unspezifische Symptome wie Schmerzen in Muskeln und Knochen bei einer Unterversorgung mit Vitamin D oder auch Zahnfleischbluten, Erschöpfung und Infektanfälligkeit bei Vitamin-C-Mangel.

Es stellt sich die Frage, wie die Natur sichergestellt hat, dass neben dem Energiebedarf auch der Bedarf an eben diesen essenziellen Mikronährstoffen gedeckt wird. Wie erkennen Lebewesen – angefangen bei den Herbivoren (Pflanzenfresser), über die Carnivoren (Fleischfresser) bis hin zu den Omnivoren (Allesfresser; der Mensch) – Nahrung, die alle für sie wichtigen Mikronährstoffe enthält?

Es ist schwer zu verstehen, wie eine Spezies all die essenziellen Stoffe mit einer gewissen Regelmässigkeit aufnehmen kann, die Leben und Überleben überhaupt erst möglich machen. Immerhin beläuft sich die Zahl der Verbindungen, auf die der Mensch nicht verzichten kann, auf 49.

Eine mögliche Erklärung ist ein Vorgang, der auch als Nischenkonstruktion bezeichnet wird. Lebewesen, die eine ökologische Nische mit einem bestimmten Angebot an Mikronährstoffen besiedeln, haben sich dieser Nische durch natürliche Selektion angepasst, wobei der Genotyp

der einzelnen Individuen wie in allen Populationen nicht identisch ist. Tritt in dem Lebensraum beispielsweise plötzlich eine Pflanzenkrankheit auf, die bedeutende Futterpflanzen zumindest teilweise vernichtet, oder Nahrungskonkurrenten finden sich ein, kann sich ein Mangel an einem Mikronährstoff einstellen. Dieser Mangel übt einen Selektionsdruck auf die Population aus. Welche Szenarien sind nun denkbar? Keinesfalls erfolgt eine aktive Veränderung des Genotyps von Individuen als Anpassung an den Nährstoffmangel – die Veränderung des genetischen Materials ist kein aktiver Vorgang und nicht zielgerichtet. Einige Mitglieder der Population werden möglicherweise auswandern und einen Lebensraum mit einem passenden Angebot an Mikronährstoffen besiedeln, nicht, weil sie dort den Mikronährstoff selbst, sondern weil sie dort die verschwundene Futterquelle oder einen passenden Ersatz antreffen. Andere sind möglicherweise aber auch Träger einer Mutation und damit von besonderen Merkmalen, die unter den ursprünglichen Bedingungen keine Rolle spielte, nun aber einen entscheidenden Überlebensvorteil darstelle, und zwar mit einem geringeren Angebot des Mikronährstoffs auszukommen oder auch ganz darauf verzichten zu können. Diese Individuen werden nun mehr Nachkommen hervorbringen als andere, sodass die positiven Merkmale verstärkt an die folgenden Generationen weitergegeben werden. Dieser als natürliche Selektion bezeichnete Vorgang kann im Zusammenhang mit der Nahrung und ihren spezifischen Inhaltsstoffen oft beobachtet werden. Dabei kann die Anpassung durch natürliche Selektion des Nischenbewohners ebenso erfolgen, wie durch Veränderung des Nahrungsangebots durch direkten Einfluss des Bewohners auf seinen Lebensraum. Letzteres kann geschehen, indem sich der Nischenbewohner eine neue Nahrungsquelle sucht, beispielsweise Früchte. Über die in ihnen enthaltenen Samen, die den Verdauungstrakt des Tieres unbeschadet passieren, und seine Ausscheidungen trägt der Nischenbewohner zu einer Verbreitung dieser Pflanzenart bei und kann sich so auch eine Nische konstruieren.

Damit stellt sich die Frage, ob sich die Entwicklung des Menschen mit Änderungen des Nährstoffangebots und damit der Nahrungsqualität in unterschiedlichen Nischen erklären lässt und wie solche Nischen ausgesehen haben könnten. Wenn man annimmt, dass die Vorfahren des Menschen vor 6–8 Mio. Jahren in Regenwäldern lebten und sich vorwiegend von Blättern und Früchten ernährten, so müsste eine Veränderung des Nahrungsangebots, der ökologischen Nische, zu einer natürlichen Selektion einer Spezies geführt haben, die sich der neuen Nische anpassen konnte und von dieser Veränderung profitiert hat. Man kann sich aber auch vorstellen, dass sich der Mensch ganz nach dem Prinzip der adaptiven Radiation an mehreren Orten gleichzeitig entwickelt hat, wobei die Besonderheiten der verfügbaren Nahrungsqualität in den verschiedenen Lebensräumen die Entwicklung unterschiedlich beeinflusst haben können. Waren alle essenziellen Mikronährstoffe, neben der erforderlichen Energie, in ausreichendem Masse vorhanden, so war es gleichgültig, aus welchen Nahrungsquellen diese entstammten. Das heißt, die unterschiedlichen Habitate müssen nicht zwingend das gleiche Nahrungsspektrum bereitgestellt haben, um eine adaptive Radiation zu ermöglichen.

Einige »Anpassungen« an die Sicherung der Mikronährstoffversorgung lassen sich gerade bei den kritischen Mikronährstoffen erkennen.

2.2.2 Kritische Mikronährstoffe

kritische Mikronährstoffe

Mikronährstoffe, deren ausreichende Verfügbarkeit nicht sichergestellt ist; vor allem solche, die nur in wenigen Nahrungsmitteln in ausreichender Menge vorkommen (■ Tab. 2.3)

Tab. 2.3 Mikronährstoffe, die in nur wenigen Lebensmitteln in größerer Menge vorkommen. Von den Lebensmitteln muss daher nur eine recht geringe Menge (eine übliche Portionsgröße) verzehrt werden, um den täglichen Bedarf an dem betreffenden Mikronährstoff zu decken

| Mikronährstoff | Lebensmittel | Menge des Lebensmittels, die aufgenommen werden muss, um die empfohlene Tagesdosis (Erwachsener) zu decken (g) | In der angegebenen Menge enthaltener Anteil an der empfohlenen Tagesdosis (Erwachsener) (%) |
|-------------------------|-----------------------------|--|---|
| Vitamin A | Leber | 10–25 | > 100 |
| Vitamin D | Seefisch | 50–100, je nach Fettgehalt | > 100 |
| Vitamin B ₁₂ | Leber Seefisch | 100 | > 100 |
| Eisen | Leber Muskelfleisch | 100 200–500 | 100 15–50 |
| Jod | Seefisch | 100 | 100–200 |
| Zink | Leber Keimlinge Nüsse | 100 100 100 | 100 > 100 100 |

Für den Menschen kritische Mikronährstoffe sind in erster Linie Vitamin D und Vitamin B₁₂. Andere Mikronährstoffe sind dagegen scheinbar im Überfluss vorhanden, manche werden jedoch aus pflanzlichen Lebensmitteln schlecht aufgenommen (Eisen, Zink, Folsäure), oder sie müssen aus pflanzlichen Quellen umgewandelt werden (Provitamin A) und können daher ebenfalls als kritisch gelten. Jod ist ein Sonderfall, da die Konzentration in Lebensmitteln regional schwanken kann. Die Versorgung mit wiederum anderen Mikronährstoffe unterliegt saisonalen Schwankungen (Vitamin C, Vitamin E) oder die Mikronährstoffe müssen wegen kurzer Halbwertszeiten mit großer Regelmäßigkeit aufgenommen werden (z. B. Niacin, Vitamin C).

Die Angaben der Empfehlung beziehen sich auf den modernen Menschen. Für unsere Vorfahren ist anzunehmen, dass diese aufgrund ihrer geringeren Körpergröße weniger des jeweiligen Mikronährstoffs benötigt haben.

Der Mensch hat sich seit seiner »vormenschlichen« Existenz als reiner Frugivore im Verlauf der Jahrtausenden dauernden Entwicklung langsam an ein breiteres Nahrungsangebot angepasst und sich zu einem Omnivoren entwickelt. Dies verdankt er der hohen Variabilität seiner Gene, die eine solche Anpassung im Zuge der natürlichen Selektion ermöglichte. Dazu gehört auch, dass sich im Verlauf der Evolution des Menschen für genau die kritischen Nährstoffe alternative Quellen oder auch andere Mechanismen etabliert haben, die die Versorgung auch in Zeiten knapper Zufuhr aus der primären Quelle sicherstellten (■ Tab. 2.4).

Die Speicherung wichtiger Mikronährstoffe ist wie die Energiespeicherung die einfachste Lösung, eine kontinuierliche Versorgung sicherzustellen, und im gesamten Tierreich weit verbreitet. Zusätzliche Quellen bedeuten eine weitere Sicherheit und am Ende steht, als seltene Ausnahme, die Synthese durch den Körper selbst. Alle anderen Mikronährstoffe können entweder gar nicht oder nur für kurze Zeit gespeichert werden. An sie ist allerdings auch leichter heranzukommen, da die meisten in Wurzeln, Blüten und Früchten vorkommen.

Tab. 2.4 Mikronährstoffe, die nur in wenigen und nicht beliebig zugänglichen Quellen vorhanden sind, und ihre alternative Bereitstellung

| Mikronährstoff | Primäre Quelle | Alternative Bereitstellung |
|-------------------------|--------------------------|--|
| Vitamin D | Fisch | Synthese in der Haut |
| Vitamin A | Leber | Speicherung über 6–12 Monate (Provitamin A) |
| Niacin | Fleisch, einige Pflanzen | kann teilweise durch Tryptophan ersetzt werden |
| Vitamin B ₁₂ | Leber | Speicherung über 1–3 Jahre |
| Eisen | Fleisch | Speicherung über Wochen |
| Jod | Seefisch, Wasser | Speicherung über Wochen |

Die Dauer der Speicherung kann stark davon abhängen, wie viel und wie schnell das einzelne Individuum unter den gegebenen Bedingungen von den unterschiedlichen gespeicherten Mikronährstoffen verbraucht, das heißt, welchen Bedarf es hat. Über den individuellen Bedarf wissen wir allerdings wenig. Er schwankt durch eine individuelle genetische Variabilität des Verbrauchs im Stoffwechsel und wird außerdem bestimmt durch Alter, Geschlecht, Gesundheitszustand, Körpermasse und die täglich verbrauchte Menge an Energie. Vor allem die genetische Ausstattung des Individuums hat einen Einfluss darauf, welche Mengen an Mikronährstoffen benötigt werden, damit seine Enzyme ihre Funktion im Stoffwechsel optimal erfüllen können. Zwischen den Individuen einer Population gibt es kleinste genetische Unterschiede (Polymorphismen), die sich wiederum auch auf die Ausprägung von Merkmalen niederschlagen, also eine Vielfalt von Phänotypen, bedingen können. Von diesen Polymorphismen können einige auch die Aufnahme und den Bedarf an Mikronährstoffen betreffen und genau diese Polymorphismen sind es dann, die es Individuen einer Art erlauben, sich an ein verändertes Angebot an einem oder mehreren Mikronährstoffen anzupassen oder eben auch nicht.

Polymorphismus

Obgleich der genetische Code bei allen Menschen gleich ist und wir alle die gleichen Gene besitzen, können unsere Gene in verschiedenen Varianten vorkommen und morphologische Unterschiede zwischen einzelnen Individuen hervorrufen, die beispielsweise die Haarfarbe aber auch Stoffwechselvorgänge betreffen. Diese Varianten haben wir über Generationen von unseren Vorfahren geerbt, oder sie haben sich neu entwickelt.

Betrifft die Variation nur ein einzelnes Nucleotid in einem Gen, wird sie auch als Einzelnucleotidaustausch, kurz SNP (*single nucleotide polymorphism*), bezeichnet. Bisher sind mehr als 1 Mio. solcher SNPs bekannt und jeder von uns besitzt bis zu 50.000 von ihnen. In vielen Fällen bleibt der SNP ohne messbaren bzw. funktionellen Effekt. Liegt er jedoch in einer Region, in der die DNA für die Herstellung eines bestimmten Proteins abgelesen wird, also in einem Gen, dann wird möglicherweise eine falsche Aminosäure in das Protein eingebaut. Dadurch kann dessen Funktion verändert werden. Ist zum Beispiel ein Enzym betroffen, dann kann es vollkommen inaktiviert werden, seine Aktivität kann aber auch gesteigert oder mehr oder weniger gehemmt werden. Hat ein solches Enzym einen Cofaktor (z. B. ein Vitamin), der seine Funktion unterstützt, dann kann dies bedeuten, dass das Enzym weniger oder mehr von diesem Cofaktor benötigt, um ordnungsgemäß arbeiten zu können.

Mikronährstoffe als Motor der Evolution

Biesalski, H.K.

2015, XI, 246 S. 20 Abb., Softcover

ISBN: 978-3-642-55396-7