

# Das Mikrobiom – eine dynamische Wohngemeinschaft

## Folgen und Ursachen einer veränderten intestinalen Biodiversität

**Sebastian Proschinger**  
**Dr. rer. nat. Jens Freese**

### Kurze Einführung

Auch wenn in den letzten Jahren das mediale und gesellschaftliche Interesse zum Thema Darmgesundheit durch unzählige populärwissenschaftliche Veröffentlichungen stark gestiegen ist, wurde bereits in der Antike über die gesundheitliche Relevanz des sich über 5,5–7,5 Meter zwischen Magenpfortner und After erstreckenden Teil des Verdauungstraktes spekuliert. Der Bestseller von Giulia Enders „Darm mit Charme“ hat die deutsche Öffentlichkeit für das Thema nachhaltig sensibilisiert. Enders spricht vom Darm als höchstuntergeschätztes Organ, weil nachvollziehbar selten und ungerne über seine Funktionen gesprochen wird. Dies gilt allerdings für die Wissenschaft inzwischen längst nicht mehr, denn die Erforschung dieses Organs zeigt in vielen unterschiedlichen Fachdisziplinen bereits beeindruckende Ergebnisse, die das altherwürdige Lehrbuchwissen mehr und mehr aus den Angeln hebt. Einen wesentlichen Beitrag liefern dabei die Darmbakterien.

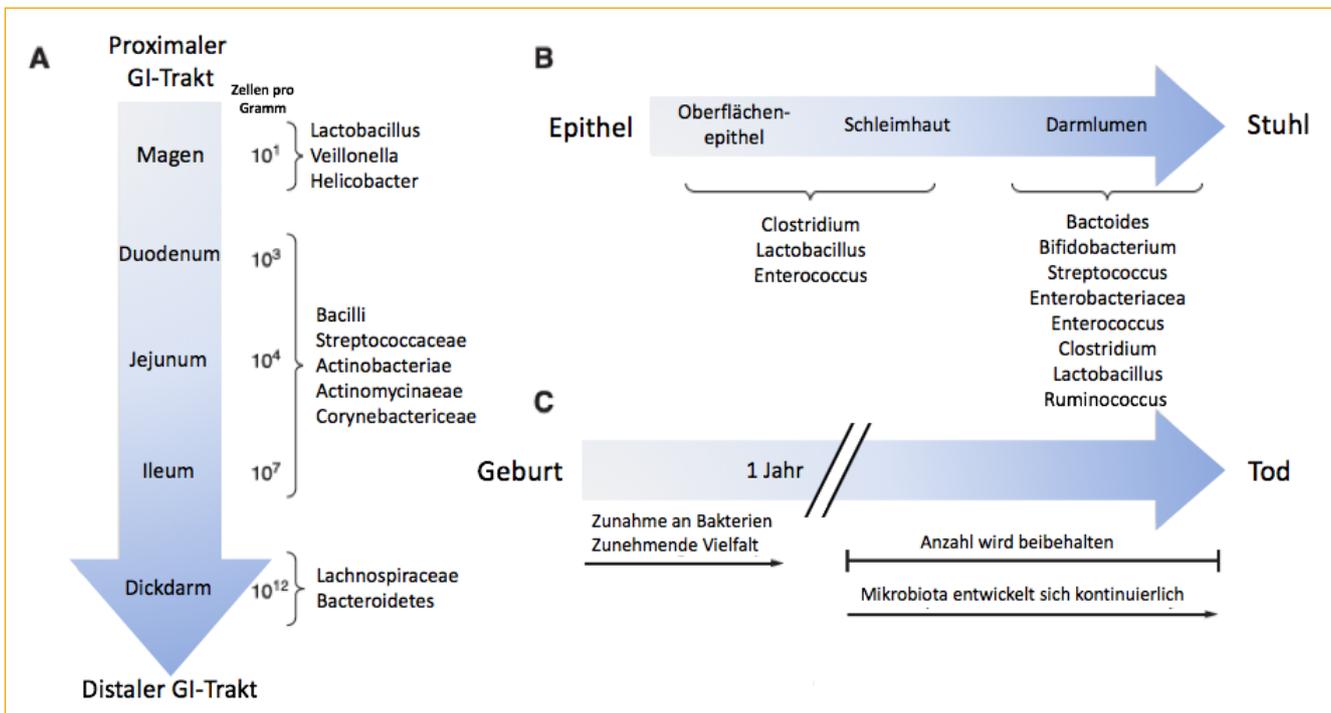
### Ein rasanter Aufschwung

Der Mensch beherbergt ein Vielfaches seiner Körperzellen als einzellige Organismen im Darm. Abhängig von Größe und Körpergewicht eines Menschen macht die Darmflora (= intestinale Mikrobiota) ca. 2% des Körpergewichts aus. Einen Großteil bilden Bakterien, die abhängig von der Lokalisation im Gastrointestinaltrakt eine enorm hohe Vielfalt aufweisen (Abb. 1). In den letzten 20 Jahren hat die Anzahl wissenschaftlicher Publikationen exponentiell zugenommen und wird 2019 wohl wiederholt einen Höchststand erreichen (Abb. 2). Im Jahr 2008 hat das National Institutes of Health (NIH), die wichtigste Behörde für biomedizinische Forschung in den USA, das mit 115 Millionen US Dollar dotierte „Human Microbiome Project“ als Public-Health-Initiative gestartet. Seither konnten wichtige Erkenntnisse zum Einfluss des Darms auf die Gesundheit gewonnen und Zusammenhänge zwischen der Darmflora und vielen der weltweit führenden Erkrankungsarten wie neurodegenerativen Erkrankungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und verschiedenen Krebsarten identifiziert werden [2].

Erst kürzlich wurden in einer Untersuchung an 20 Stuhlproben gesunder Engländer und Kanadier eine Vielzahl neuer Bakterienarten entdeckt. 105 der 273 (37%) identifizierten Bakterienstämme sind bisher nicht isoliert worden, wodurch diese Untersuchung die größte und umfassendste öffentliche Datenbank in Bezug auf die bakterielle Vielfalt hervorbrachte [3]. Die Veröffentlichung dieser Ergebnisse in der Fachzeitschrift „Nature Biotechnology“ unterstreicht die Relevanz. Auf dieser Basis können künftig Darm-assoziierte Erkrankungen noch besser analysiert und neue Therapieansätze entwickelt werden.

In der Forschung werden inzwischen einige Modelle und Techniken angewendet, um das Darmmikrobiom zu untersuchen und den Einfluss einer künstlich erzeugten Fehlbesiedlung des Darms (= Dysbiose) bzw. einer geringen Vielfalt an gesunden (kommensalen) Darmbakterien auf andere Organe zu ermitteln. Vor allem aber die Fortschritte in der DNA-Sequenzierung lassen Forscher tiefer in das Ökosystem des Darmmikrobioms hineinschauen. Das Ziel einer DNA-Sequenzierung des Mikrobioms via einer Stuhlprobe ist es, über das Identifizieren einer kurzen DNA-Sequenz, Rückschlüsse auf Identität und Funktion der Bakterienstämme zu ziehen. Um jedoch Zusammenhänge zwischen der Darmbesiedlung und verschiedenen Krankheitszuständen zu untersuchen, werden aufgrund von methodischen Limitationen und der Forschungsethik die meisten Untersuchungen noch immer an Labortieren (v.a. Mäuse) durchgeführt, was die Aussagekraft vieler Ergebnisse relativiert.

Eine Errungenschaft der letzten Jahrzehnte ist die wachsende fachübergreifende Zusammenarbeit in der Wissenschaft. Dadurch nähert man sich in systemischer Art und Weise bedeutenden Fragestellungen zunehmend ganzheitlich an. Systemisch bedeutet, dass auf der Suche nach Ursachen für bestimmte psychophysische Probleme nicht mehr nur eine Komponente (z. B. Organ oder Teil eines Organs) betrachtet wird, sondern miteinander kommunizierende Komponenten. Zum Beispiel kommuniziert das Gehirn mit dem Darm über mehrere Ebenen und umgekehrt. Dadurch, dass die Relevanz der Darmbakterien durch neuere Forschungsarbeiten in den letzten zwei Jahrzehnten deutlich angestiegen ist, wird in



**Abb. 1** Räumliche, zeitliche und mengenmäßige Angaben zur Bakterienbesiedlung des Darm. (A) Zunahme und Verteilung der Darmbakterien entlang des Gastrointestinaltraktes. (B) Verteilung der Darmbakterien im Längsschnitt des Darms. (C) Zeitliche Abfolge der Entwicklung und Beständigkeit der Darmflora im Verlauf des Lebens. Modifiziert nach [1].

der wissenschaftlichen Literatur von der sogenannten Mikrobiota-Darm-Hirn-Achse gesprochen [4]. Inzwischen werden auch andere Interaktionen postuliert und erforscht, die einen direkten Bezug zur Darmflora haben und in naher Zukunft eine therapeutische Wirksamkeit erzielen könnten. Dazu zählen die Darm-Muskel-Achse [5, 6], die Darm-Leber-Achse [7] und die Mikrobiota-Fettzellen-Achse [8].

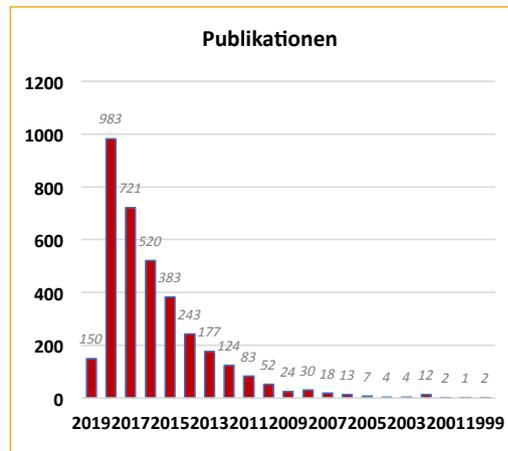
### Förderliche und schädliche Interaktionen in der Bakterienwelt

Gesundheitsrelevante Wechselwirkungen der Darmbakterien mit dem menschlichen Organismus (positiv wie negativ) werden durch bakterielle Stoffwechselprodukte wie Vitamine, kurzkettige Fettsäuren (engl. short chain fatty acids, SCFAs), Aminosäuren, Neurotransmitter sowie Virulenzfaktoren und bakterielle Toxine vermittelt. Da die Darmflora eine enorm hohe Vielfalt aufweist und eine beträchtliche Anzahl von intra- und interspezifischen (zusammengefasst auch polymikrobiellen) Interaktionen im Sinne der mikrobiellen Ökologie existiert, bezeichnet man die einzelnen Bakterien als Gemeinschaftsmitglieder (engl. community members). Neueste Studienergebnisse legen nahe, dass die Gemeinschaftsmitglieder in der Lage sind, komplexe Substrate wie Muzin (wichtige Polysaccharide auf der Oberfläche von Schleimhäuten) aufzunehmen und zu verstoffwechseln, was entscheidend für das Verständnis ihres Beitrags ist, zu einer lokalen Beeinträchtigung der Immunabwehr

(durch die Schädigung der Darmschleimhaut) und möglichen Infektionen beizutragen [9]. Überraschend ist zudem die Tatsache, dass einige Bakterienarten in vitro in einem nährstoffarmen Milieu (Aminosäuren und SCFA) das Zellwachstum paradoxerweise hochregulieren, bei hohem Nährstoffangebot das Wachstum hingegen hemmen [9].

Dabei können die Darmbakterien sowohl um zugeführte oder selbstproduzierte Nährstoffe konkurrieren, als auch sich gegenseitig in ihrem Stoffwechsel und damit in ihrem Überleben unterstützen. So kann ein Bakterium ein Stoffwechsel(end)produkt eines anderen Bakteriums für seinen Stoffwechsel beanspruchen und verwerten. Auf diese Weise kann das Fehlen bestimmter Bakterien unvorteilhafte Folgen für andere Bakterien in der Nachbarschaft haben [10]. Wenn man berücksichtigt, dass Bakterien in unserem Darm seit vielen Tausend Jahren die gleiche Umgebung teilen, ergibt diese evolutionäre Kooperation mehr als Sinn. Besiedeln hingegen unerwünschte pathogene Bakterien das Darmmilieu, die von den gleichen Stoffwechsel(end)produkten ebenfalls profitieren (ohne einen positiven Mehrwert für die anderen Gemeinschaftsmitglieder zu liefern), sinkt die Verfügbarkeit für die eigentlichen Empfänger (Mensch oder kommensale Darmbakterien).

Um das Zusammenspiel im Darmmilieu zu veranschaulichen: Ein Mutualismus (Win-Win Situation oder nützliche Kooperation für zwei oder mehr beteiligte Parteien) wurde z. B. zwischen dem Bak-



**Abb. 2** Anzahl der veröffentlichten Publikationen zwischen den Jahren 1999 und 2019 in der Datenbank PubMed, wenn in der Suche die Schlagwörter „gut“, „microbiota“ und „diversity“ eingegeben werden. Stand: 08.02.2019

terium *Desulfovibrio vulgaris* und dem Methanbildner *Methanococcus marisaludis* beobachtet [11]. *D. vulgaris* verstoffwechselt Laktat zu Acetat, CO<sub>2</sub> und Wasserstoff. Die dabei entstehende hohe Wasserstoffkonzentration hemmt daraufhin den Abbau des Laktats. Dadurch, dass *M. marisaludis* jedoch den entstehenden Wasserstoff nutzt und zu Methan verstoffwechselt, ermöglicht es *D. vulgaris* den weiteren Abbau von Laktat – eine Win-Win Situation.

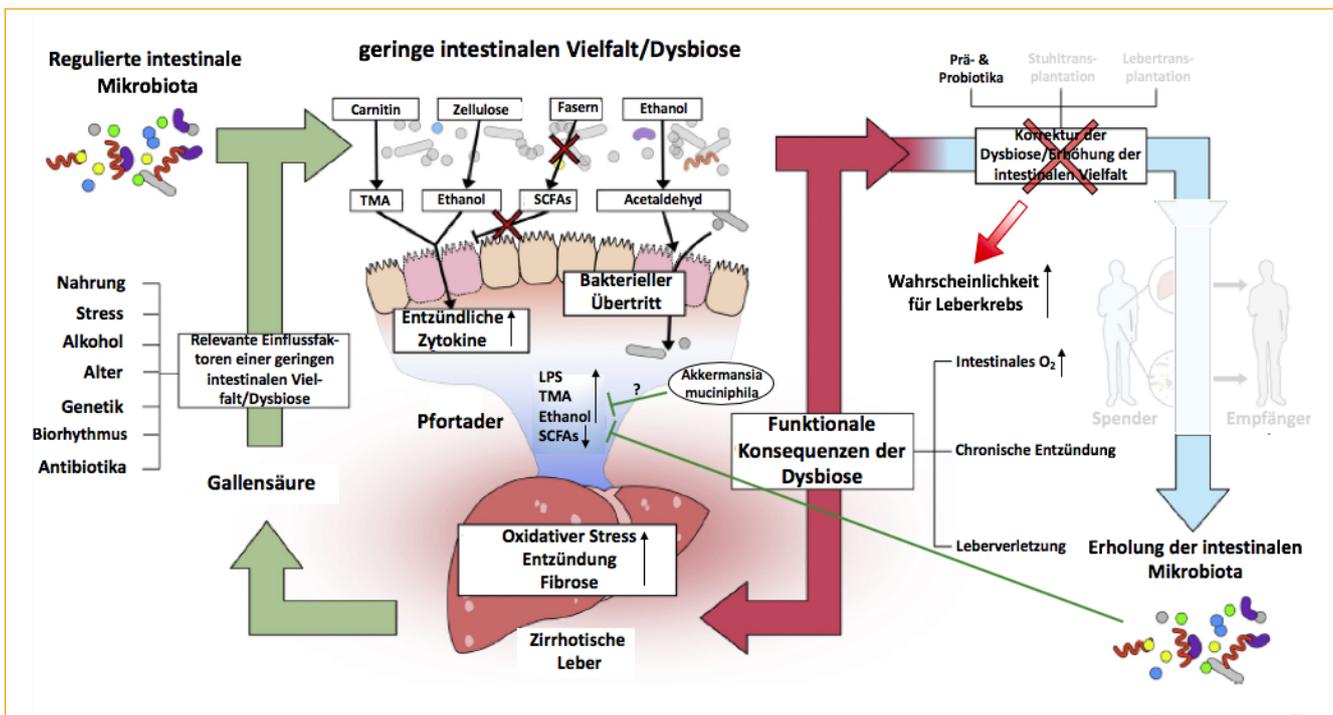
Auch bei Infektionen scheint eine direkte Wechselwirkung zwischen pathogenen Mikroorganismen üblich zu sein, frei nach dem Motto: Eine Infektion kommt selten allein. Auch dies kann die mikrobielle Ökologie negativ beeinflussen. In vielen Fällen wird eine Infektion von mindestens einem zweiten Krankheitserreger begleitet (engl. *coinfection*). In einem Mausmodell konnte gezeigt werden, dass eine gezielte *Coinfection* des bekannten Gastroenteritis auslösenden *Campylobacter jejuni* mit entweder *Salmonella typhimurium* oder dem enteropathogenen *Escherichia coli* sowohl die Last (Anzahl der Bakterien) als auch die Schwere der Infektion (stärkere Symptome) erhöht [12]. Eine *Coinfection* mit *Listeria monocytogenes* hingegen verstärkt die Infektion mit *C. jejuni* kaum – stattdessen wirkt das Bakterium sogar hemmend auf die Infektion. Die Interaktionen sind also komplex und scheinen stammesabhängig einem Kontinuum zwischen positiver und negativer Einflussnahme zu unterliegen. Der Nutzen der *Coinfection* liegt vermutlich darin begründet, dass dadurch die bakterielle Vielfalt und das Vorkommen von Stoffwechselprodukten verändert und damit auf das Wachstum von *C. jejuni* positiv eingewirkt werden kann. Das zeigt sich u.a. in einer erhöhten Konzentration nicht klassifizierter Enterobakterien und einer verringerten Butyratkonzentration (Zeichen einer Reduktion von kommensalen Bakterien) [12].

Tatsächlich veranschaulicht eine Übersichtsarbeit, dass *Coinfectionen* (in erster Linie bakterieller Natur) bei Menschen den Gesundheitszustand überwiegend negativ beeinflussen und sogar verschlimmern [13].

Um eine Infektion eines Menschen mit enterohämorrhagischen *Escherichia coli* (EHEC) oder enteropathogenen *Escherichia coli* (EPEC) in einem Mausmodell zu imitieren, werden gesunde und antibiotisch (Abtötung der gesamten Darmflora) behandelte Mäuse mit dem Bakterium *Citrobacter rodentium* infiziert. Eine Infektion der gesunden Mäuse ist mit einer beträchtlichen, aber reversiblen Abnahme der gesunden Darmbakterien im Dickdarm assoziiert. Zwischen dem 7. und 10. Tag nach der Infektion wurde die höchste Konzentration des *C. rodentium* gemessen, die ab dem 12. Tag wieder abnahm und am 22. Tag nicht mehr zu ermitteln war. Bei den Mäusen, deren intestinales Mikrobiom vollständig abgetötet wurde (engl. *germ-free*), wurden zwischen dem 7. und 10. Tag nach der Infektion hingegen zehnmal so viele Bakterien dieses Stammes identifiziert, die bis zum Ende der Untersuchung (Tag 42) nicht verdrängt wurden [14]. Diese Ergebnisse verdeutlichen die tendenziell schwache Überlebens- und/oder Kolonisationsfähigkeit schädlicher Bakterien innerhalb der Darmmikrobiota – vorausgesetzt, die Darmflora ist gesund (=vielfältig) besiedelt. Daher kann eine Förderung der gewünschten Darmbakterien durch gezielte Nährstoff- und Probiotikasupplementierung dazu führen, dass diese beim Konkurrieren um überlebenswichtige Nährstoffe und Platz an der Darmwand die Oberhand behalten. Eine dysbiotische Verschiebung der Darmflora fördert hingegen das Wachstum und die Verweildauer im Darm und damit die krankmachenden Eigenschaften des eingedrungenen Bakteriums. Das Vorhandensein einer gesunden Darmflora scheint für das Bekämpfen schädlicher Darmbakterien also unerlässlich zu sein. Dabei kann eine dichte Besiedlung des Darms mit gesundheitsförderlichen Bakterien insofern einer Infektion mit potentiellen Krankheitserregern vorbeugen, als dass der Platz zum Anheften und Vermehren an der Darmwand kleiner ist. Sollten sich allerdings die Mütter, Großmütter und Urgroßmütter nicht „darmgesund“ ernährt und/oder häufig Antibiotika erhalten haben, ist eine Verringerung der Vielfalt generationsübergreifend wahrscheinlich und eine ballaststoffreiche Ernährung gegebenenfalls nicht ausreichend, um eine gesunde Darmflora wieder aufzubauen [15]. Vielleicht erfährt der Leser beim nächsten Familientreffen, ob er seine Wohngemeinschaft im Darm mit probiotischen Bakterienstämmen optimieren sollte.

### Ist ein gesunder Darm „die Wurzel aller Gesundheit“?

Schönheit kommt bekanntlich von innen. Viele wissenschaftliche Untersuchungen deuten darauf hin,



**Abb. 3** Übersicht der Darm-Leber Achse. Eine reduzierte Vielfalt an Darmbakterien trägt maßgeblich zur Entstehung und Fortschreiten einer chronischen Lebererkrankung bei. Eine Dysbiose begünstigt Antibiotikatherapien, ein gestörter Schlaf-Wach- bzw. Biorhythmus, genetische Faktoren, das Alter, Alkoholkonsum, psychischer Stress und die zugeführten Nahrungsmittel (sowie die Zeitpunkte der Nahrungsaufnahme). Der relative Anstieg an fakultativen Anaerobiern (Bakterien, die u.U. auch Sauerstoff verwerten können) durch eine Erhöhung des intestinalen Sauerstoffs führt zu einer Fehlbesiedlung im Darm, da sie sich nun an Orten vermehren, die nicht für sie vorgesehen sind (distaler Intestinaltrakt). Die Aminosäure Carnitin wird von den fakultativen Anaerobiern vermehrt abgebaut, wodurch gewebescheidendes Trimethylamin (TMA) entsteht. Prozessiertes oder oral aufgenommenes Ethanol wirkt entzündlich und kann über sein Stoffwechselprodukt Acetaldehyd ebenfalls die Darmwand schädigen, sodass vermehrt intestinale Substanzen (v.a. entzündungsfördernde bakterielle Lipopolysaccharide (LPS)) in die Pfortader übertreten und nicht nur in der Leber, sondern systemisch entzündliche Prozesse in Gang setzen können. Eine verminderte Produktion an kurzkettigen Fettsäuren (SCFA), die an regenerativen Prozessen der Darmepithelzellen beteiligt sind, verstärkt diesen Vorgang. Bleibt die Fehlregulation über viele Jahre bestehen, ohne durch geeignete Therapien behoben zu werden, ist die Entwicklung einer zirrhotischen oder kanzerogenen Leber nicht unwahrscheinlich. Eine bestehende Leberschädigung vermindert die Bildung von Gallensäure, was die Verdauung von Makronährstoffen beeinträchtigt und die weitere Fehlbesiedlung begünstigt. Neben den etablierten Therapien (z. B. Gabe von Prä- und Probiotika), stellen Stuhl- oder Lebertransplantation neue klinische Ansätze dar. Vor allem die Supplementierung des Bakterium *Akkermansia muciniphila* könnte einen relevanten Beitrag leisten (siehe Text). Modifiziert nach [16].

dass diese Aussage auch für die Gesundheit gilt. Während Paracelsus im 16. Jahrhundert zugespitzt behauptete „Der Tod sitzt im Darm“, beschrieb Hippokrates in der Antike die gesundheitliche Relevanz des Darms deutlich moderater mit „Der gesunde Darm ist die Wurzel aller Gesundheit“. Wenn eine dysbiotische Verschiebung der Darmflora bzw. eine Abnahme der kommensalen Darmbakterien längere Zeit bestehen bleibt, können die gesundheitlichen Folgen in der Tat beträchtlich sein [16]. Diese Tatsache lässt sich an einer resultierenden Leberüberlastung beispielhaft aufzeigen (Abb. 3): An einem Mausmodell für Colitis-assoziierten Dickdarmkrebs wurde gezeigt, dass Mäuse mit einer gestörten Immunbalance (geringe anti-entzündliche Kapazität) eine verringerte Bakterien-Vielfalt und eine fehlregulierte Darmwandbesiedlung aufweisen [17]. Dabei nahm die Besiedlung der Darmflora mit enteropathogenen *E. coli* um den Faktor 100 zu, die

den frei gewordenen Platz an der Darmwand für sich beansprucht. Zudem erhöht die Besiedlung des *E. coli*-Stammes die Wahrscheinlichkeit einer Krebsentstehung nach Gabe eines Karzinogens drastisch [17]. Eine gesunde Darmflora hingegen reguliert das lokale Immunsystem, sodass ausreichend Stoffe produziert werden können (z. B. sekretorisches Immunglobulin A, sIgA), die die Besiedlung der Darmwand mit kommensalen Bakterien fördern und mit pathogenen Bakterien verhindern können [18, 19]. Dadurch, dass die Stoffwechselprodukte pathogener Darmbakterien die Zellen des Darmepithels schädigen (genau wie durch Antibiosen [20] und Chemo- bzw. Strahlentherapie [21]), können entzündungsfördernde Substanzen in die Blutzirkulation übertreten und bei anhaltender Fehlregulation in entfernten Organen wie z. B. Leber, Herz, Brust und Gehirn Schaden anrichten. Befindet sich die Darmflora im Gleichgewicht, scheinen

bestimmte Stoffwechselprodukte kommensaler Bakterien (v.a. SCFAs) das Krebszellwachstum in Leber und Darm verhindern zu können [22, 23].

Starkes Übergewicht steht im Verdacht, ein wichtiger Risikofaktor für diverse Krebsarten zu sein – das zeigen zumindest epidemiologische Daten. Als mögliche Einflussfaktoren werden v.a. metabolische Entgleisungen und eine chronisch-latente Aktivität des Immunsystems diskutiert. Aber auch die Mikrobiota zeigt bei übergewichtigen Menschen eine dysbiotische Verschiebung. Durch eine künstliche Gewichtszunahme in Mäusen (genetisch oder durch Ernährungsintervention induziert) verändert sich ihre Mikrobiota und dadurch die Konzentration eines DNA-schädigenden Stoffwechselprodukts, das über die geschädigte Darmwand in die Leber gelangt und dort die Ausschüttung von entzündlichen und Tumorfördernden Stoffen induziert [24].

### Gewichtige Darmbakterien?

Auf der anderen Seite gibt es Erkenntnisse, die auf eine wechselseitige Beziehung zwischen der Mikrobiota und Übergewicht hindeuten. Im Jahr 2004 gab es erste Ergebnisse, die darauf hindeuten, dass die Mikrobiota als wichtiger Faktor die Einlagerung von Energie aus den aufgenommenen Nährstoffen in das Fettgewebe fördern und damit das Körpergewicht beeinflussen kann [25]. Dieser Prozess scheint mit einer Veränderung der beiden Hauptbakterienstämme (Bacteroidetes und Firmicutes) einherzugehen, deren Arten zusammen zirka 90% der Bakterien in der Darmflora ausmachen: die Konzentration der „Bacteroidetes“ nimmt ab, während die der „Firmicutes“ zunimmt [26]. In einer weiteren Untersuchung an Mäusen konnte eindrucksvoll nachgewiesen werden, dass die Transplantation eines „übergewichtigen Mikrobioms“ in Mäuse, deren Darmflora bis dato keimfrei war, die Zunahme des Körperfettes im Vergleich zur Transplantation eines „schlanken Mikrobioms“ um fast 100% höher war [27] – die Mikrobiota der übergewichtigen Mäuse ist eindeutig „energieeffizienter“. Dieses Konzept der Mikrobiota-abhängigen Gewichtszunahme wird auch „MircObesity“ genannt [28]. Eine detailliertere Beschreibung der Wechselwirkungen und molekularer Mechanismen der Gewichtszunahme würde den Rahmen dieses Artikels sprengen. Aus diesem Grund verweisen wir auf die zitierten Referenzen. Dennoch ist die Rolle des Bakteriums mit dem Namen *Akkermansia muciniphila* hervorzuheben, dessen intestinale Existenz sowohl in Nagetieren als auch in Menschen negativ mit dem Körpergewicht korreliert. In einer Untersuchung wurde gezeigt, dass eine fettreiche Ernährung die Besiedlung des Darms mit *A. muciniphila* um den Faktor 100 vermindert. Die Gabe von Präbiotika an übergewichtige und diabetische

Mäuse normalisierte die Menge an intestinalem *A. muciniphila* und wirkte sich positiv auf die Stoffwechsellage der Mäuse aus [29]. Noch wichtiger jedoch ist die Beobachtung, dass die Gabe von *A. muciniphila* das Wachstum der Fettspeicher senkt und sich positiv auf Entzündungsvorgänge innerhalb des Fettgewebes auswirkt. Zudem verhindert es eine Verdünnung der Mukusschicht, was einer Barriestörung der Darmschleimhaut und damit dem Anstieg an entzündlichen Mediatoren in der Blutbahn vorbeugt (Abb. 3).

Die Darmflora mit wichtigen probiotischen Bakterienstämmen und präbiotischen Produkten zu optimieren, ist sicherlich eine Strategie, die Mikrobiota weniger energieeffizient zu machen und die Anzeige auf der Waage zu reduzieren. Die Mikrobiota scheint allerdings noch über einen ganz anderen Wirkmechanismus Einfluss auf das Körpergewicht zu nehmen: In einer kürzlich veröffentlichten Untersuchung konnte an Mäusen gezeigt werden, dass ein Fastenprotokoll, das die Nahrungsaufnahme auf ein Zeitfenster von 24 Stunden an jedem zweiten Tag beschränkt (engl. every-other-day-fasting, EODF), die Erscheinung und Funktion von Fettzellen verändert: die klassischen weißen „Speicherfettzellen“ färben sich beige und verbrennen Fettsäuren, was neben einer Gewichtsreduktion weitere vorteilhafte Folgen für die Gesundheit mit sich bringt [8]. Dabei entsteht jedoch keine Zellenergie in Form von ATP, sondern zum größten Teil nur Wärme. Dieses Fastenprotokoll hat darüber hinaus einen direkten Einfluss auf die Darmflora, was zur Erhöhung von intestinalen Stoffwechselprodukten (Laktat und Acetat) führt. Mäuse, die das Fastenprotokoll mit einer keimfreien Darmflora absolvierten, zeigten hingegen keine „Bräunung“ der weißen Fettzellen. Wenn ihnen jedoch die Mikrobiota der Mäuse aus der anderen Versuchsgruppe transplantiert wurde, kommt es zur Umwandlung der Fettzellen. Zudem exprimieren die beigen Fettzellen Rezeptoren, womit die Stoffwechselprodukte der Mikrobiota aufgenommen und verstoffwechselt werden können [8].

Diese Ergebnisse sind auf den ersten Blick überraschend, da das Fasten eine negative Kalorienbilanz impliziert und ein zusätzliches Umwandeln von Energiesubstraten in Wärme die metabolische Effizienz nur noch verstärken würde. Betrachtet man die Ergebnisse dieser Untersuchung allerdings aus einem evolutionären Blickwinkel, könnte man die Ergebnisse folgendermaßen interpretieren: Je weniger Fettgewebe als Isolationsschicht bei Kälte vorhanden ist, desto mehr muss das noch vorhandene Fettgewebe dafür sorgen, dass durch die Wärmeproduktion die Körperkerntemperatur aufrechterhalten wird. Schon eine kleine Abnahme der Körperkerntemperatur kann für viele Organe kritische Folgen haben. Möglicherweise kommt dem Erhalt der Körperkerntemperatur unter den Umständen einer anhaltenden kalten Umgebung

eine höhere Priorität zu, als andere Organe mit Energiesubstraten für ihren Stoffwechsel zu versorgen. Diese Vermutung müsste jedoch erst wissenschaftlich diskutiert und validiert werden. Das würde dem Mikrobiom des Darms jedenfalls einen hohen evolutionären Stellenwert einräumen – als zentrales Element in der Überlebensstrategie bei anhaltender Kälteexposition.

Tatsächlich konnte (ebenfalls an Mäusen) herausgefunden werden, dass sich eine Kälteexposition (10 Tage bei 6°C) auf die Mikrobiota in der Form auswirkt, dass sich weiße Fettzellen in beige umwandeln [30]. Die Mikrobiota der Versuchstiere hat sich derart verändert, dass sie energieeffizienter wurde (vgl. „übergewichtiges Mikrobiom“ [27]), was z. T. auch auf die Vergrößerung der Aufnahmefläche der Darmschleimhaut zurückzuführen ist. Die Autoren sprechen aufgrund der signifikanten Änderungen ihrer Funktion von einer „kalten Mikrobiota“. Interessant ist die Beobachtung, dass die Konzentration des Darmbakteriums *A. muciniphila* durch die Kälteexposition deutlich abnahm, ähnlich wie es die Arbeitsgruppe um Patrice Cani bei der Mikrobiota übergewichtiger und diabetischer Mäuse beobachtete [29]. Für eine Darmflora, die mehr Energie aus den verdauten Nährstoffen in den Körper überführt, scheint die intestinale Reduktion von *A. muciniphila* charakteristisch zu sein – möglicherweise ein zweiseitiges Schwert zwischen einer hilfreichen Funktion (Energie-Mehraufnahme bei Kälte) und einer Dysfunktion (Energie-Mehraufnahme bei metabolischer Entgleisung).

### Alternder Mensch, alternde Mikrobiota

Das Leben ist einem stetigen Wandel unterworfen. Das trifft nicht nur für die Gesellschaft zu, sondern gilt ebenso für die menschliche Physiologie. Das Altern vieler Organe macht sich in Form von Herzinsuffizienz, Nierenschwäche oder Sehstörungen bemerkbar. Altersabhängige Veränderungen einer Lebensgemeinschaft von mehreren Milliarden Bakterien in unserem Körper sind allerdings weniger offensichtlich und bisher nicht ausreichend erforscht [31]. Einige Untersuchungen weisen auf eine dysbiotische Verschiebung der Mikrobiota im Alter hin, was signifikante gesundheitsrelevante Auswirkungen auf die Qualität des Alterns haben könnte [32]. Eine Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2018 untersucht den Zusammenhang zwischen der Mikrobiota und der Gesundheit der Skelettmuskulatur und rückt dabei das Konzept der Darm-Muskel-Achse in den Mittelpunkt [6] – eine Interaktion, die unterschätzt wird, jedoch einen wichtigen Einfluss auf die Gesundheit der gealterten Bevölkerungsschicht zu haben scheint. Die mikrobielle Zusammensetzung der Darmflora zeigt mit zunehmendem Alter eine dysbiotische Verschiebung, was sich v.a. durch eine verringerte Vielfalt der Darmbakterien und eine

Abnahme bzw. Zunahme der Bifidobakterien bzw. Proteobakterien nachweisen lässt. Die Autoren postulieren, dass die altersbedingte Fehlregulation der Mikrobiota und der damit erhöhte systemische Entzündungsstatus letztlich zum verstärkten Muskelabbau, zur Fettinfiltration in das Muskelgewebe und zum typischen altersbedingten Kraftverlust beitragen kann [6]. Zudem existieren Hinweise zum Einfluss der Mikrobiota auf neurodegenerative Erkrankungen, die in der Regel erst in erhöhtem Alter auftreten. Das zweite Gehirn, wie es oft genannt wird, ist eine Umschreibung des enterischen Nervensystems. Es kommuniziert über ein ausgefeiltes Nervengeflecht mit dem zentralen Nervensystem und kann dort effektiv zerebrale Prozesse regulieren. Nach einem deftigen Essen fühlt man sich oft müde, was an der sogenannten postprandialen Entzündungsreaktion im Darm liegen kann, wodurch Entzündungsmediatoren über die Verbindung zum Gehirn das Gefühl von Müdigkeit provozieren können. So gibt es Untersuchungen, die Laktobazillen (z.B. *L. rhamnosus*, *reuteri*, *acidophilus*, *brevis*) und Bifidobakterien (z.B. *B. lactis*, *infantis*, *longum*) aufgrund ihrer Fähigkeit zur Modulation zerebraler Prozesse als sogenannte „Psychobionten“ bezeichnen [33]. Neurodegenerative Erkrankungen, die mit einer Dysbiose in Verbindung gebracht werden, sind v.a. Parkinson (50% der Betroffenen erkranken zwischen dem 50. und 60. Lebensjahr) und Alzheimer (häufigste Form tritt über dem 65. Lebensjahr auf) [34, 35]. Ob die Zusammenhänge allerdings ursächlicher Natur sind und maßgeblich zum Pathomechanismus beitragen, muss weiter erforscht werden.

### Zusammenfassung

Die gesundheitliche Relevanz einer von kommensalen Bakterien dicht besiedelten Darmflora ist nach heutigem Kenntnisstand nicht mehr von der Hand zu weisen. Immer mehr Untersuchungen zielen auf die Erforschung eines großen Krankheitspektrums ab. Identifizierte Zusammenhänge werden in präklinischen Tierversuchen weiterhin auf ursächliche Zusammenhänge erforscht, sodass auf der Basis gesicherter Erkenntnisse therapeutische Strategien entwickelt werden können. Noch steckt die Mikrobiom-Forschung allerdings in ihren Kinderschuhen. Bevor Therapiekonzepte in der Praxis Anwendung finden, müssen sie durch zuverlässige Untersuchungen am Menschen validiert werden. Prävention kann allerdings schon jetzt jeder betreiben: Wählen Sie bewusst und sorgfältig aus, was Zugang zu Ihrem Darm findet und befeuern Sie damit das Wachstum gesundheitsfördernder Populationen in einer diversifizierten „Wohngemeinschaft“!

Sebastian Proschinger  
Mozartstraße 66  
50674 Köln | Deutschland  
info@ease-you.de  
www.ease-you.de

Dr. rer. nat. Jens Freese  
Braunstraße 38  
50933 Köln | Deutschland  
info@dr-freese.com  
www.dr-freese.com

#### Literatur

- [1] Sekirov, I. et al. (2010). Gut Microbiota in Health and Disease. *Physiol Rev* 90: 859–904
- [2] Fujimura, K.E. et al. (2010). Role of the gut microbiota in defining human health. *Expert Rev Anti Infect Ther.*; 8(4): 435–454
- [3] Forster, S.C. et al. (2019). A human gut bacterial genome and culture collection for improved metagenomic analyses. *Nature Biotechnology* Vol. 37: 186–192
- [4] Lyte, M. & Cryan, J.F. (2014). *Microbial Endocrinology: The Microbiota- Gut-Brain Axis in Health and Disease*. Springer New York Heidelberg Dordrecht London. DOI 10.1007/978-1-4939-0897-4
- [5] Bindels, L.B. & Delzenne, N.M. (2013). Muscle wasting: The gut microbiota as a new therapeutic target? *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology* 45: 2186–2190
- [6] Grosicki, G.J. et al. (2018). Gut Microbiota Contribute to Age-Related Changes in Skeletal Muscle Size, Composition, and Function: Biological Basis for a Gut-Muscle Axis. *Calcif Tissue Int*: 102:433–442
- [7] Vajro, P. et al. (2013). Microbiota and gut-liver axis: a mini-review on their influences on obesity and obesity related liver disease. *Pediatr Gastroenterol Nutr.*; 56(5): 461–468
- [8] Li, G. et al. (2017). Intermittent Fasting Promotes White Adipose Browning and Decreases Obesity by Shaping the Gut Microbiota. *Cell Metabolism* 26, 672–685
- [9] Tramontano, M. et al. (2018). Nutritional preferences of human gut bacteria reveal their metabolic idiosyncrasies. *Nature Microbiology* Vol 3: 514–522
- [10] Estrela, S. et al. (2013). From metabolism to ecology: cross-feeding interactions shape the balance between polymicrobial conflict and mutualism. *Am Nat.*; 180(5): 566–576
- [11] Hillesland, K.L. & Stahl, D.A. (2009). Rapid evolution of stability and productivity at the origin of a microbial mutualism. doi/10.1073/pnas.0908456107
- [12] Wang, G. et al. (2018). The Effect of Co-infection of Food-Borne Pathogenic Bacteria on the Progression of *Campylobacter jejuni* Infection in Mice. doi:10.3389/fmicb.2018.01977
- [13] Griffiths, E.C. et al. (2011). The nature and consequences of coinfection in humans. *Journal of Infection*, 63: 200–206
- [14] Kamada, N. et al. (2012). Regulated Virulence Controls the Ability of a Pathogen to Compete with the Gut Microbiota. *Science*: doi:10.1126/science.1222195
- [15] Sonnenburg, E.D. et al. (2016). Diet-induced extinctions in the gut microbiota compound over generations. doi:10.1038/nature16504
- [16] Kriss, M. et al. (2018). Low diversity gut microbiota dysbiosis: drivers, functional implications and recovery. *Current Opinion in Microbiology*, 44:34–4
- [17] Arthur, J.C et al. (2012). Intestinal Inflammation Targets Cancer-Inducing Activity of the Microbiota. doi: 10.1126/science.1224820
- [18] Mantis, N.J. & Corthésy, B. (2011). Secretory IgA 's complex roles in immunity and mucosal homeostasis in the gut. doi: 10.1038/mi.2011.41
- [19] Levy, M. et al. (2017). Dysbiosis and the immune system. doi:10.1038/nri.2017.7
- [20] Dethlefsen, L. e al. (2008). The Pervasive Effects of an Antibiotic on the Human Gut Microbiota, as Revealed by Deep 16S rRNA Sequencing. doi:10.1371/journal.pbio.0060280
- [21] Touchefeu, Y. et al. (2014). Systematic review: the role of the gut microbiota in chemotherapy- or radiation-induced gastrointestinal mucositis – current evidence and potential clinical applications. *Aliment Pharmacol Ther* 2014; 40: 409–421
- [22] Bindels, B.L. et al. (2012). Gut microbiota-derived propionate reduces cancer cell proliferation in the liver. *British Journal of Cancer*, 1–8
- [23] Pool-Zobel, L.B & Sauer, J. (2007). Overview of Experimental Data on Reduction of Colorectal Cancer Risk by Inulin-Type Fructans. *J. Nutr.* 137: 2580–2584
- [24] Yoshimoto, S. et al. (2013). Obesity-induced gut microbial metabolite promotes liver cancer through senescence secretome. doi:10.1038/nature12347
- [25] Bäckhed, F. et al. (2004). The gut microbiota as an environmental factor that regulates fat storage. doi:10.1073/pnas.0407076101
- [26] Ley, R.E. et al. (2005). Obesity alters gut microbial ecology. doi:10.1073/pnas.0504978102
- [27] Turnbaugh, P.J. et al. (2006). An obesity-associated gut microbiome with increased capacity for energy harvest. doi:10.1038/nature05414
- [28] Cani, P.D. & Delzenne, N.M. (2011). The gut microbiome as therapeutic target. *Pharmacology & Therapeutics*: 202–212
- [29] Everard, A. et al. (2011). Cross-talk between *Akkermansia muciniphila* and intestinal epithelium controls diet-induced obesity. doi:10.1073/pnas.1219451110
- [30] Chevalier, C. et al. (2015). Gut Microbiota Orchestrates Energy Homeostasis during Cold. *Cell* 163, 1360–1374
- [31] Odamaki, T. et al. (2016). Age-related changes in gut microbiota composition from newborn to centenarian: a cross-sectional study. DOI 10.1186/s12866-016-0708-5

- [32] Thevaranjan, N. et al. (2017). Age-Associated Microbial Dysbiosis Promotes Intestinal Permeability, Systemic Inflammation, and Macrophage Dysfunction. *Cell Host & Microbe* 21, 455–466
- [33] Sarkar, A. et al (2016). Psychobiotics and the Manipulation of Bacteria–Gut–Brain Signals. *Trends in Neurosciences*, Vol. 39, 11
- [34] Sampson, T.R. et al. (2016). Gut Microbiota Regulate Motor Deficits and Neuroinflammation in a Model of Parkinson's Disease. *Cell* 167, 1469–1480
- [35] Köhler, C.A. et al. (2016). The Gut-Brain Axis, Including the Microbiome, Leaky Gut and Bacterial Translocation: Mechanisms and Pathophysiological Role in Alzheimer's Disease. *Current Pharmaceutical Design*, 22, 6152–6166

# MUSKELDOPING AUS DEM DARM

## Wie die Darmflora die Muskelphysiologie beeinflusst

Darmprobleme sind sehr häufig – auch bei Sportlern. Dr. Jens Freese zeigt auf, warum wir uns besser um unsere Darmgesundheit kümmern sollten und was unsere Muskelleistung damit zu tun hat.



# B

ereits in der Antike wurde über die gesundheitliche Relevanz unseres Verdauungstraktes spekuliert. Hippokrates schrieb schon vor 2 500 Jahren: „Der Darm ist der Vater aller Trübsal.“

Damals hatte er noch keine Ahnung von der hohen Anzahl von Nerven- und Immunzellen und der noch viel höheren Anzahl von Mikroorganismen in unserem Darm. Wie eng der Darm mit anderen Organen über Nervenzellen, Hormone, Neurotransmitter und andere Metaboliten in Verbindung steht und welchen Stellenwert der Darm für einen gesunden Stoffwechsel dieser Organe hat, wird seit einigen Jahren tiefgreifend erforscht. Neben der bekannten Darm-Hirn-Achse sind inzwischen auch eine Darm-Lungen-Achse, eine Darm-Nieren-Achse, eine Darm-Knochen-Achse und sogar eine Darm-Muskel-Achse in der Fachliteratur beschrieben.

Zunächst das Wichtigste auf einen Blick: Neben der Haut ist unser Darm die wichtigste Immunbarriere zwischen Körper und Umwelt. Diese auch als „First Line of Defense“ bezeichnete Grenzfläche setzt sich aus den Enterozyten (Zellen der Darmschleimhaut) und den Verbindungsproteinen (Tight Junctions) zusammen. Darüber hinaus tragen die Darmschleimhaut (Mucosa), die Darmflora (Mikrobiota) und das Darmimmunsystem dazu bei, dass Allergene in unseren Nahrungsmitteln, Giftstoffe aus der Umwelt oder Endotoxine (Bakteriengifte, die durch abgestorbene Mikroorganismen im Darm entstehen) nicht den Körperkreislauf erreichen. Ein intaktes Darmimmunsystem ist jederzeit in der Lage, potenzielle Krankheitserreger effizient abzuwehren. Wird allerdings die Darmintegrität (Nährstoffaufnahme) durch eine regelmäßige Zufuhr von Allergenen dauerhaft gestört, steigt nicht nur die Permeabilität des Darms, sondern auch die Gefahr von Allergien, Infektionen und Autoimmunerkrankungen. Diese Barrierestörung bezeichnet man im Fachjargon auch als „Leaky-Gut-Syndrom“.



## BASICWISSEN „DARM“

- Länge: ca. 8 Meter; Fläche: ca. 400 m<sup>2</sup>
- Aufgabe: Verwertbare Nahrungsbestandteile erschließen, den Körper von unnützen und schädlichen Stoffen entlasten
- „Darmhirn“: reguliert die Verdauung, schlägt bei Unverträglichkeiten oder Giftstoffen Alarm
- Immunsystem: In der Schleimhaut des Dickdarms sitzen mehr als 70 Prozent unserer Abwehrzellen
- Darmflora: Milliarden nützlicher Bakterien und Pilze, die das Immunsystem unterstützen
- Aufgaben des Immunsystems der Darmschleimhaut: Immunabwehr, Immuntoleranz

### DER BUTYRAT-BOOST-EFFEKT

Ernährungsberater und Food-Experten wissen: Eine diversifizierte Darmflora mit gesundheitsfördernden Bakterienstämmen geht mit einer Erhöhung kurzkettiger Fettsäuren einher, die wir aus der ketogenen Ernährung kennen: Butyrat, Propionat und Acetat. Diese sind nicht nur wichtig für den Zellstoffwechsel der Darmwand – sie machen sie widerstandsfähiger gegen Schadstoffe und verhindern deren Eintritt in die Blutbahn –, sondern dienen auch als Nahrungsquelle für wichtige Darmbakterien. Auf diese Weise wirken Darmketone regulierend auf das Immunsystem ein. In einer Studie konnten Wissenschaftler zeigen, dass die mikrobielle Vielfalt (sie ist der Indikator für eine gesunde Darmflora) im Darm professioneller Rugby-Spieler deutlich höher ist als bei Nichtsportlern. Eine Zunahme an Butyrat konnte auch im Stuhl von Menschen nachgewiesen werden,

die sich über einen Zeitraum von sechs Wochen dreimal pro Woche erst moderater, dann intensiver Bewegung aussetzen. Bei übergewichtigen Teilnehmern war dieser Butyrat-Boost-Effekt deutlich reduziert. In einer Follow-up-Untersuchung sechs Wochen nach Ende der Studie hatte sich dieser positive Effekt bei allen Teilnehmern wieder in Luft aufgelöst. Das spricht dafür, dass sich Menschen täglich bewegen müssen – eine Erkenntnis, die keineswegs neu ist, allerdings in den letzten Jahrzehnten zunehmend ignoriert wurde.

### DARM-MUSKEL-ACHSE

Das Darm und Gehirn in enger Kommunikation stehen, ist längst bekannt. Bestes Beispiel ist der nervöse Magen-Darm-Trakt vor einer wichtigen Prüfung oder einem entscheidenden Wettkampf. Im Stress vermittelt unser Gehirn dem Darm, sich noch einmal zu entleeren, bevor der Organismus in den Kampfmodus wechselt. Aber auch in die andere Richtung muss die Kommunikation funktionieren. Denn ist die Darmintegrität z. B. durch Nahrungsgifte in Gefahr, vermittelt das Nervensystem entsprechende Impulse über das parasympathische System an das Gehirn und das Immunsystem. Übelkeit, Durchfall und Histamin-Ausschüttung sind alte evolutionäre Strategien, um ein Eindringen pathogener Erreger oder Giftstoffe zu verhindern.

Nicht sofort einleuchtend, wird wissenschaftlich seit einiger Zeit auch eine Darm-Muskel-Achse diskutiert. Eine Übersichtsarbeit zu diesem jungen Thema hat alle bis dato bekannten Informationen darüber zusammengefasst, wie die Darmflora die Muskelphysiologie beeinflusst: Wenn infolge einer allergenreichen Ernährung (etwa durch hohen Konsum von Gluten und Casein), Umweltgiften, Medikamenten und anderer toxischer Einflussfaktoren eine nachhaltige Dysbiose (Störung der Darmflora) entstanden ist, so hat dies einen indirekten Einfluss auf die Leistungs- und Regenerationsfähigkeit

von Muskeln. Eine beeinträchtigte Darmintegrität hemmt z. B. die Verfügbarkeit wichtiger Aminosäuren aus der Nahrung. Hierdurch werden das Muskelwachstum und die -regeneration beeinträchtigt. Auch die Absorptionskapazität und die Synthese von Vitaminen nimmt durch eine Darmdysbiose ab. Das führt auf Dauer zu einem Mangel an antioxidativer Kapazität, der sich vor allem nach intensiven Trainingseinheiten negativ auswirken kann. Wenn nicht ausreichend antioxidativ wirkende Vitamine, Reparaturproteine und antiinflammatorische Fettsäuren zur Verfügung stehen, können der trainingsinduzierte Zellstress und der säurebedingte Abbau von Mitochondrien nicht zeitnah reguliert werden.

Auch die Verstoffwechslung von sekundären Pflanzenstoffen nimmt bei einer Darmdysbiose ab. Polyphenole (sekundäre Pflanzenstoffe) sind wichtige Verbündete, wenn es darum geht, die Zellen vor freien Radikalen und Stress zu schützen. Das Resultat kann eine Muskelschwäche sein. Darüber hinaus ist unter diesen Bedingungen die Produktion kurzkettiger Fettsäuren beeinträchtigt.

### DYSBIOSE ODER KRANKHEIT?

Studien zeigen, dass eine kurzzeitige bewegungsinduzierte Minderversorgung des Darms mit einer Reduktion schützender Antikörper in der Darmschleimhaut verbunden ist. Über mehrere Wochen durchgeführte hochintensive Bewegungsbelastungen zeigen allerdings auch viele positive Effekte auf das Immunsystem und bestimmte Gehirnfunktionen. Hochintensives Training hat somit zwei Gesichter. Deshalb sollte sich die Regenerationszeit an die Intensität der Belastung anpassen.

Daneben beeinflussen aber vor allem Krankheiten und Medikamente die Darmflora negativ. Die Frage ist: Was kommt zuerst – die Dysbiose oder die Krankheit? Falsche Ernährung, Medikamenteneinnahme (vor allem Antibiotika) und Alterung gehen per se mit einer Veränderung des

## DIE WIRKUNGSWEISE KURZKETTIGER FETTSÄUREN IM ÜBERBLICK:

- Verbesserte Immunfunktion
- Reduktion entzündlicher Prozesse
- Produktion von Hormonen
- Stabilere Darmschleimhaut

Darmmilieus einher. Demgegenüber wirkt ein aktiver Lebensstil mit moderater Bewegung und einer variablen, naturbelassenen, biodynamisch-allergenarmen Ernährung (Verzicht auf Fertigprodukte, Fleisch aus Massentierhaltung, belastetes Obst und Gemüse, glutenhaltige Getreide- und caseinreiche Milchprodukte) positiv auf die Darmflora ein. Die Effekte: verringerte Darmdurchlässigkeit, reguliertes Immunsystem und Produktion wichtiger Signal- und Nährstoffe, die nicht nur im Darm vorteilhaft wirken. Im Sinne einer Darm-Muskel-Achse wirkt ein gesundes und funktionierendes Ökosystem im Darm einem übermäßigen Muskelabbau entgegen. Ferner wirkt sich eine gesunde Darmflora auch positiv auf die neuronale Ansteuerung und damit auf die Kraftfähigkeit aus.

Untersuchungen, die einen direkten kausalen Zusammenhang zwischen der Zusammensetzung der Darmflora und der Skelettmuskeln belegen, fehlen bislang (noch). Vielleicht lässt sich aber in absehbarer Zeit zeigen, dass neben der mentalen auch die körperliche Fitness von einer gesunden Darmflora und Darmintegrität direkt abhängig ist.

### „FITNESS“ FÜR DEN DARM

Ein „fitter“ Darm benötigt viele Ballaststoffe: „Grünzeug“ bleibt jedoch nicht nur bei Kindern, Jugendlichen und Männern gern auf dem Teller liegen, sondern auch bei vielen Sportlern. Biodynamisch angebaute Obst- und Gemüsesorten sind vollgepackt mit Mikronährstoffen, die unsere Körperzellen mit lebenswichtigen Mineralien, Spurenelementen und Antioxidantien versorgen. Aber vor allem die unverdaulichen Faserstoffe haben einen hohen regenerativen

Nutzen. Ballaststoffe in Gemüse, Hülsenfrüchten, Nüssen etc. füllen nicht nur den Magen, sondern dienen auch Bakterien im Dickdarm als Fermentationsquelle. Vor allem die daraus produzierten kurzkettigen Fettsäuren wie Propionat und Butyrat sind für die Absorptionsfähigkeit essenzieller Nährstoffe unglaublich wichtig.

Zwar steckt die Darmforschung noch in den Kinderschuhen, aber einige wichtige Erkenntnisse gibt es bereits. So wurde z. B. festgestellt, dass Diabetiker weniger kurzkettige Fettsäuren im Darm produzieren als Gesunde. Nehmen Diabetiker allerdings regelmäßig Metformin (das Standardpräparat zur Blutzuckerregulierung) ein, dann steigen die Butyratwerte an. Der Grund dafür ist offenbar die erhöhte Präsenz von Lactobazillen, die das Butyrat produzieren. Auf der anderen Seite beschleunigt Metformin das Wachstum von Escherichia-coli-Bakterien, was die begleitenden Darmstörungen von Diabetikern während einer Behandlung mit Metformin erklären könnte. Auch beim Thema „Darmkrebs“ stehen präventivmedizinische Effekte mit Butyrat in Verbindung. Studien zufolge reduziert Butyrat Entzündungen und Motilität im Darm. Dadurch wird z. B. das Tumorwachstum gehemmt.

### KETONE ALS „DOPING“

Kurzkettige Fettsäuren sind der Schlüssel zur Darmgesundheit: Das Keton Acetat wirkt zum einen hemmend auf pathogene Bakterien, zum anderen unterstützt es die Bifidobakterien dabei, schädliche Darmbakterien zu unterdrücken. Das Keton Butyrat ist ein wichtiger Nährstoff für die Darmschleimhaut. Diese hilft dem Körper, die Kommunikation

zwischen dem Immunsystem und der Darmflora zu verbessern und die Durchlässigkeit der Darmschleimhaut zu regulieren. Dies ist vor allem für Krankheiten wie Colitis ulcerosa und Morbus Crohn von Interesse. Aber eben auch für den Sportler, da rund 70 Prozent aller Leistungssportler regelmäßig über Darmstörungen klagen. Auch im Stoffwechsel spielen kurzkettige Fettsäuren eine wichtige Rolle: Während des Absorptionsprozesses werden kurzkettige Fettsäuren metabolisiert, während der Rest zur Leber transportiert wird. Dort werden sie zur Lipo- und Gluconeogenese herangezogen. Dem Organismus werden dann Ketone zur Verfügung gestellt, die das Gehirn direkt verstoffwechselt.

### FAZIT

Sportler sollten unbedingt auf eine hohe Ballaststoffzufuhr achten. Denn durch hohe Trainingsvolumina und -intensitäten wird zum einen der Darm energetisch vernachlässigt, zum anderen besteht im Sportlerorganismus ein hohes trainingsinduziertes Entzündungspotenzial. Ballaststoffe wirken antiinflammatorisch und antikanzerogen. Sie verbessern die Kommunikation zwischen dem Darm und allen anderen Organen – und dazu gehört auch die Muskulatur! ■

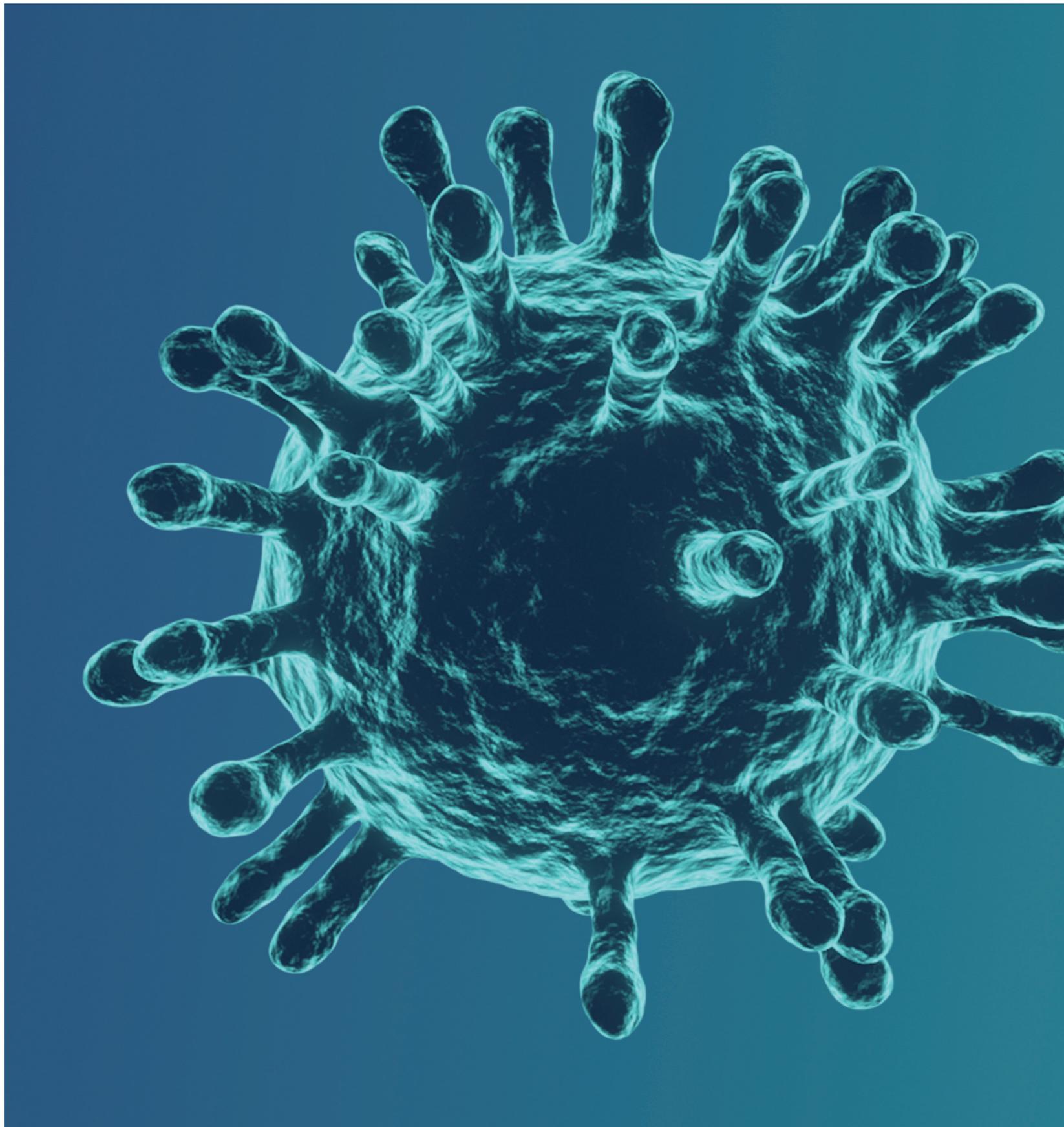
Literatur auf Anfrage beim Autor erhältlich.

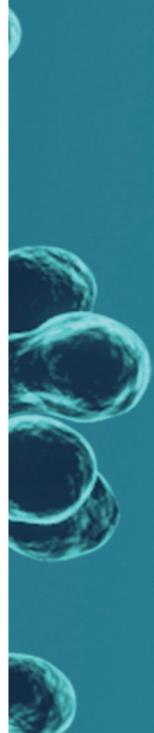


**DR. RER. NAT.  
JENS FREESE**

ist Leistungs- und Ernährungsimmunologe sowie Leiter der Dr. FREESE Akademie für Funktionelle Ernährungsimmunologie.

[www.dr-freese.com](http://www.dr-freese.com)





# DIE WELT DER VIREN

## SO BLEIBT DAS IMMUNSYSTEM FIT UND GESUND

DASS REGELMÄSSIGE BEWEGUNG DIE GESUNDHEIT POSITIV BEEINFLUSST, IST SCHON LANGE BEKANNT. DIESE ERKENNTNIS GEWINNT GERADE JETZT NOCH MEHR AN BEDEUTUNG, DENN DIE AKTUELLE CORONAPANDEMIE SORGT DAFÜR, DASS VIELE MENSCHEN GLAUBEN, DIESEM UNSICHTBAREN FEIND SCHUTZLOS AUSGELIEFERT ZU SEIN. DOCH STIMMT DAS WIRKLICH? **DR. JENS FREESE** UND **SEBASTIAN PROSCHINGER** ERKLÄREN, WIE DIE WIRKUNG VON SPORT AUF UNSER IMMUNSYSTEM IN DER FORSCHUNG BEWERTET WIRD UND WELCHE ART VON TRAINING DIE ABWEHRKRÄFTE BESONDERS STÄRKT.



## UM UNSER IMMUNSYSTEM ZU STÄRKEN, SOLLTEN WIR UNBEDINGT AUF EINEN FUNKTIONSFÄHIGEN DARM ACHTEN, DENN 80 PROZENT DER ERSTEN ABWEHRLINIE BEFINDEN SICH IM DARM!

Im Laufe der Menschwerdung (Hominisation) hat der Mensch ein über viele Millionen Jahre ausgeklügeltes Schutzsystem entwickelt, das seit jeher auf die Abwehr von Infektionen durch Bakterien, Pilze, Giftstoffe und eben auch durch Viren programmiert ist. Dieses urzeitliche Immunsystem ist keine starre Ritterrüstung – es lernt permanent dazu. Deshalb entwickeln auch COVID-19-Patienten nach 5 bis 7 Tagen spezifische Antikörper gegen dieses neue Virus. Bei einer Zweitinfektion können diese Immunglobuline gegen das spezifische Antigen (in diesem Fall das SARS-CoV-2-Virus) dann eine perfekt abgestimmte Immun- und Abwehrreaktion einleiten.

### FEINKOORDINATION ERFORDERLICH

Man kann es mit einem Orchester vergleichen, das ein neues Stück einstudiert. Am Anfang weiß der Geiger nicht, wann die Bläser einsetzen. Erst der Dirigent sorgt dafür, dass unterschiedliche Musiker (Immunzellen) mit verschiedenen Instrumenten (Immunglobulinen und anderen Abwehrstoffen) zu einer Melodie (Abwehrreaktion) zusammenfinden. Das Problem: Bei der Erstinfektion mit einem neuen Erreger findet diese Feinkoordination noch nicht statt, weshalb es leicht zu einer Überreaktion des Immunsystems kommen kann. Dieses als Zytokinsturm bekannte Phänomen kann eine massive Entzündungsreaktion (im Fall von COVID-19 eine Lungenentzündung) auslösen. Die Statistiken der aktuellen Pandemie zeigen ein Phänomen schonungslos auf: Der größte Risikofaktor für einen schweren Verlauf der Infektionserkrankung sind oftmals lifestylebedingte Vorerkrankungen wie Diabetes Typ 2 und Bluthochdruck. Die weltweiten Zahlen verdeutlichen, dass es vielen Menschen an der nötigen Fitness und essenziellen Nährstoffen für ein optimal funktionierendes Immunsystem mangelt.

### KONTROLLFUNKTION IM HINTERGRUND

Ein „fittes“ Immunsystem ist ein Abwehrsystem, das ruhig im Hintergrund seine Kontrollfunktion wahrnimmt, im Infektionsfall aber seine volle Kapazität entfaltet, um den Erreger schnellstmöglich zu eliminieren. In den letzten 15, 20 Jahren konnte die Sportwissenschaft wertvolle Erkenntnisse über verschiedene Belastungsformen auf unser Immunsystem gewinnen. Vorweggenommen: Nicht nur Vitamin C ist ein essenzieller Nährstoff, den wir täglich zuführen müssen – auch Bewegung sollten wir endlich als lebensnotwendig begreifen für den Menschen im Allgemeinen und für das Immunsystem im Besonderen. Ohne die richtige Tagesdosis Sport werden die Waffen unseres Immunsystems stumpf.

### STRUKTUR DES IMMUNSYSTEMS

Unser Immunsystem ist ein komplexes System zur Abwehr fremder Substanzen (Antigene) und zur Vernichtung fehlerhafter Zellen, um Gefahren vom Körper abzuwenden. Solange wir dieses System, das in ständigem Austausch mit dem Hormon- und Nervensystem steht, nicht durch psychische Stressfaktoren, Fehlernährung und Bewegungsdefizite bzw. auch Übertraining dauerhaft schwächen, können wir darauf vertrauen, dass unser Abwehrsystem mit Bakterien, Viren, Pilzen, Giften oder Tumorzellen fertig wird. Um genauer zu verstehen, wie uns das Immunsystem vor Schäden aus der Umwelt schützt, wie Bewegung und Stress positiv oder negativ eingreifen, müssen wir zuerst einen kleinen Exkurs in die Immunologie unternehmen.

## AUFBAU DES IMMUNSYSTEMS

Zum Immunsystem werden folgende Organe oder Gewebeverbände gezählt:

**DAS KNOCHENMARK** ist nach dem 3. Lebensmonat der einzige Produzent der Abwehrzellen (Lymphozyten). Bis zu diesem Zeitpunkt findet die Blutbildung auch in der Leber und im Thymus statt.

**ZUM LYMPHSYSTEM** gehören vor allem Lymphknoten und Lymphbahnen, die die Lymphknoten untereinander verbinden. Die meisten Abwehrzellen zirkulieren zwischen dem Blutkreislauf und dem Lymphsystem.

**DIE MILZ** gehört beim Erwachsenen zu den sekundären Immunorganen. In ihr werden alte und fehlerhafte Blutzellen abgebaut.

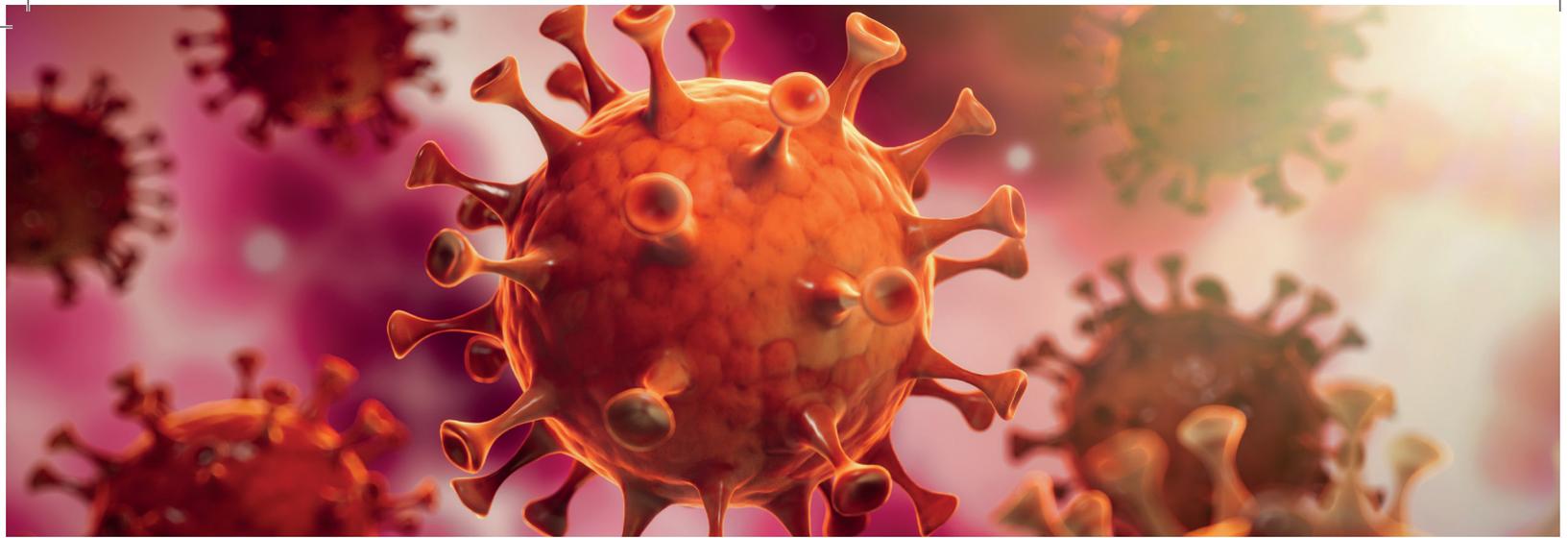
**GAUMEN- UND RACHENMANDELN** gehören zu den lymphatischen Geweben. Ihre Funktion ist vor allem die Abwehr von Krankheitserregern, die über Mund und Nase aufgenommen werden.

**DER THYMUS** (Bries) spielt bei Säuglingen und Kleinkindern eine wichtige Rolle in der Reifung der T-Lymphozyten. Mit zunehmendem Lebensalter verkümmert der Thymus. Bei Erwachsenen enthält er nur noch Reste von Lymphgewebe.

Sesshafte Immunzellen kommen in jedem Organ vor. Hierzu gehören z. B. die „**KUPFFERSCHEN STERNZELLEN**“ der Leber.

**DAS SCHLEIMHAUT-ASSOZIIERTE LYMPHGeweBE** (MALT) ist eine Ansammlung von Lymphgeweben im Bereich des Dünndarms, wo sich der Körper täglich schädlichen Fremdstoffen widersetzt.

**DAS BLUT** mit seinen Abwehrzellen (Leukozyten, Granulozyten), Antikörpern und dem Komplementsystem zählt insgesamt zu den Organen des Immunsystems.



## ANGEBORENES IMMUNSYSTEM

Das angeborene Immunsystem bekämpft Infektionserreger, ohne dass der Organismus vorher mit dem Erreger Kontakt hatte. Circa 90 Prozent aller Infektionen werden durch das angeborene Immunsystem erkannt. Die Aufgaben des angeborenen Immunsystems nehmen verschiedene Zellen wahr. Hierzu gehören neutrophile Granulozyten, Monozyten/Makrophagen und dendritische Zellen. Neutrophile Granulozyten, aktiviert durch Botenstoffe (Zytokine), wandern aus den Blutgefäßen in das betroffene Gewebe ein. Dort vernichten sie Krankheitserreger durch Phagozytose. Makrophagen (Fresszellen) halten sich im Gewebe auf. Sie erkennen und fressen (phagozytieren) in das Gewebe eingedrungene Erreger. Darüber hinaus spielen Makrophagen bei der Beseitigung schädlicher Abfallprodukte eine entscheidende Rolle, wie z. B. in der akuten Entzündungsphase einer Sportverletzung. Natürliche Killerzellen (NK-Zellen) können im Gegensatz zu T-Zellen ohne vorherige Aktivierung unmittelbar reagieren.

## ERWORBENES IMMUNSYSTEM

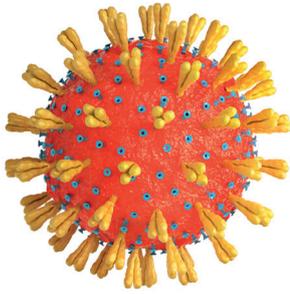
Neben einem angeborenen Immunsystem, das die unspezifische Abwehr gegen Fremdkörper bildet, existiert ein erworbenes Immunsystem (auch adaptives Immunsystem genannt), das spezifische Abwehrmechanismen zur Verfügung stellt. Um z. B. entartete Zellen (Krebszellen) zu eliminieren, muss der Körper die Fähigkeit besitzen, zwischen Selbst und Nicht-Selbst zu unterscheiden. Auf diese Weise werden Krankheitserreger und Tumorzellen als fremd erkannt und körperfremdes Gewebe wird vom Immunsystem angegriffen. Nach einer Identifizierung bekämpfen bestimmte Mechanismen die schädlichen Strukturen. Hierfür steht uns ein höchst effizientes System zur Verfügung, an dem mehrere Zellarten und chemische Moleküle beteiligt sind.

## DARM ALS ABWEHRLINIE

Mechanische Barrieren sorgen dafür, dass die Fremdstoffe erst gar nicht in den Körper eindringen oder ihn möglichst schnell wieder verlassen. Die Gesamtheit aller im Folgenden genannten Barrieren wird als die „First line of defense“ bezeichnet. Um unser Immunsystem zu stärken, sollten wir unbedingt auf einen funktionsfähigen Darm achten, denn 80 Prozent der ersten Abwehrlinie befinden sich im Darm!

### FIRST LINE OF DEFENSE

- **HAUT:** äußere Schicht als Barriere; Hauttalg, Schweiß und Normalflora als Wachstumsbremsen für körperfremde Mikroorganismen
- **SCHLEIMHAUT:** Bindefunktion des Schleims
- **NASE:** Abfangfunktion des Nasenschleims, Abtransportfunktion der Flimmerhärchen
- **AUGEN:** Abtransportfunktion der Tränen
- **ATEMWEGE:** Bindefunktion des Schleims, Abtransportfunktion der Flimmerhärchen
- **MUNDHÖHLE:** Antimikrobielle Speichelenzyme bekämpfen Mikroorganismen
- **MAGEN:** Salzsäure des Magens und Eiweiß abbauende Enzyme zerstören Bakterien und Mikroorganismen
- **DARM:** Infektabwehr durch lymphatisches Gewebe und physiologische bakterielle Besiedelung, Abtransportfunktion durch Entleerung (Stuhlgang)
- **HARNTRAKT:** Abtransportfunktion durch Harnausspülung



## DAS ADAPTIVE IMMUNSYSTEM

Über das angeborene Immunsystem hinaus besitzt die Abwehr höher entwickelter Organismen ein anpassungs- und erinnerungsfähiges Teilsystem, das vor allem gegen Viren hocheffektiv ist. Die T- und die B-Zellen gehören zu den Lymphozyten, einer Untergruppe der Leukozyten (weiße Blutkörperchen). Beide Zelltypen entwickeln sich im Knochenmark.

Das adaptive Immunsystem zeichnet sich durch die Anpassungsfähigkeit seiner Waffen gegenüber dem Angreifer aus. Im Rahmen dieser Anpassung sind die Zellen des adaptiven Immunsystems (T- und B-Zellen) in der Lage, spezifische Strukturen der Angreifer zu erkennen und gezielt zelluläre Abwehrmechanismen und molekulare Antikörper zu bilden. Nach der Infektion bleiben diese spezifischen Antikörper und die sog. Gedächtniszellen erhalten, um künftig den gleichen Angreifer mit kürzerer Reaktionszeit unschädlich zu machen. Damit das adaptive Immunsystem vom Angreifer überhaupt Kenntnis erlangt, bedient es sich Antigen-präsentierender Zellen. Hierzu zählen z. B. Makrophagen oder dendritische Zellen. Diese Zelltypen gehören zum angeborenen Immunsystem. Sie sind in der Lage, auf ihrer Oberfläche Muster der Erreger darzustellen. Damit besteht eine Verbindung zwischen dem angeborenen und dem adaptiven Immunsystem.

**T-Zellen** verfügen über mehrere Rezeptoren, um das Andocken an passende Gegenmoleküle (Antigene) zu ermöglichen. Neben dem T-Zell-Rezeptor, mit dem ein spezielles Antigen erkannt wird (Schlüssel-Schloss-Prinzip), ist noch ein Oberflächenmarker entscheidend, der sie als T-Helferzelle (CD4) bzw. als T-Killerzelle (CD8) klassifiziert.

**T-Helferzellen** können über ihren spezifischen T-Zell-Rezeptor nur an körperfremde Strukturen andocken, die durch B-Zellen, dendritische Zellen oder Makrophagen verschlungen wurden.

**T-Killerzellen** dienen dazu, fremde Peptide an der Oberfläche von eigenen Körperzellen aufzuspüren, die entweder auf zuvor eingedrungene Viren oder aber auch auf krebsartige Veränderungen hindeuten. Läuft die Erkennung positiv, vermehren sich die T-Zellen, schütten zytotoxische Substanzen aus und töten die veränderte Zelle mittels Apoptose (programmierter Zelltod) ab.



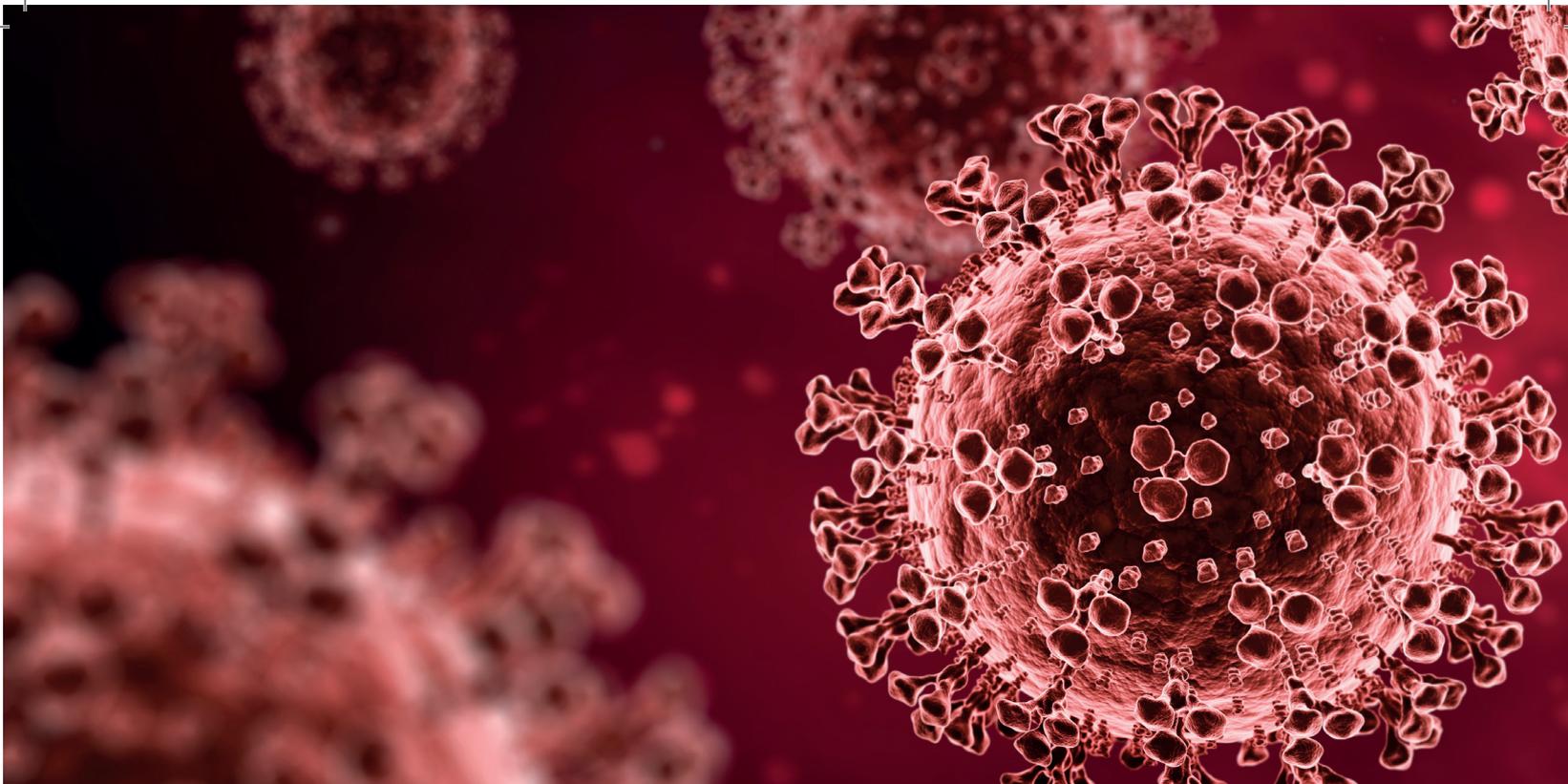
**B-Zellen** beginnen sich zu teilen und Antikörper zu produzieren. Während einer Erstinfektion dauert es rund fünf Tage, bis sich aus B-Zellen Antikörper produzierende Plasmazellen entwickeln. Diese sind in der Lage, Antigene zu erkennen und zu markieren. Einige der B-Zellen werden zu Gedächtniszellen, um im Fall einer neuerlichen Infektion schnell mit der Produktion des passenden Antikörpers reagieren zu können. Zur Abwehr eingedrungener Bakterien, Viren oder anderer Fremdstoffe produzieren die B-Lymphozyten maßgeschneiderte Antikörper, die bestimmte Proteine (Antigene) an der Oberfläche der Fremdstoffe erkennen und sich an diese anheften. Je nach Art der Antikörper ist der Eindringling durch diese Anheftung entweder direkt blockiert oder die angedockten Antikörper wirken als Signal, das beispielsweise Fresszellen anlockt.

## STÄRKUNG UND SCHWÄCHUNG DES IMMUNSYSTEMS

In das Immunsystem können sich, wie in alle biologischen Systeme, Fehler einschleichen wie beispielsweise folgende:

- Das Immunsystem kann die Toleranz verlieren, auf Fremdstoffe angemessen zu reagieren. Dabei kommt es zu Überreaktionen wie Allergien.
- Werden nicht alle Autoimmunkörper produzierenden T-Lymphozyten bei der Reifung im Thymus aussortiert, können diese später unter bestimmten Bedingungen auf den eigenen Körper ansprechen und damit eine Autoimmunreaktion auslösen. Die Folge: Polyarthrit (Gelenke), Hashimoto-Thyreoiditis (Schilddrüse), Psoriasis (Haut), Morbus Crohn (Darm) etc.
- Haben sich Viren in z. B. eine Lipidschicht eingehüllt, die der Körper nicht als fremd erkennt, so sind sie nicht eliminierbar. Einem solchen Nichterkennungsmechanismus liegt auch die Krebsentstehung zugrunde.





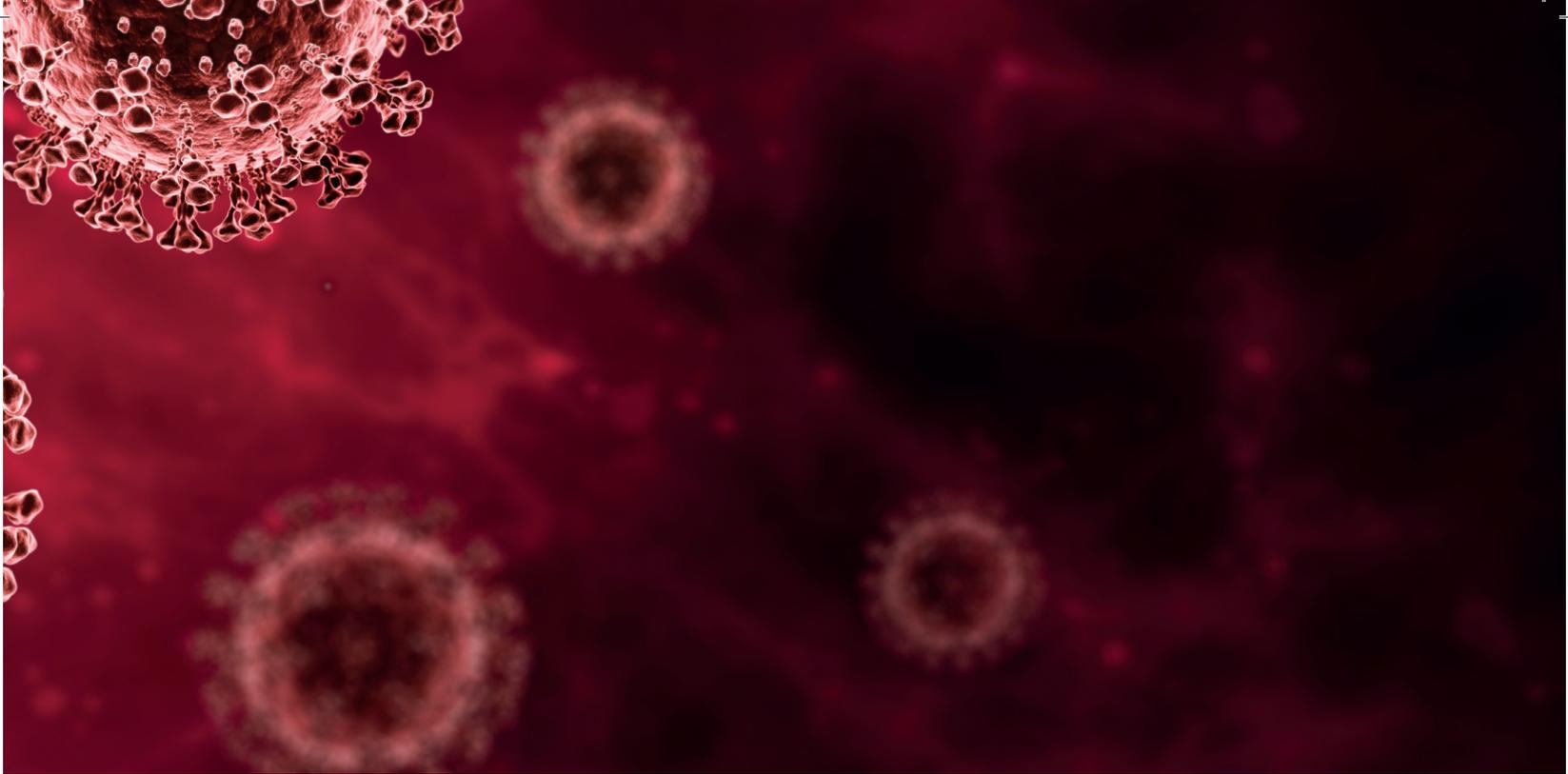
## KRANKHEITSERREGER ERKENNEN

Ein gesundes Immunsystem hilft uns, auf der einen Seite Krankheitserreger zu erkennen und zu bekämpfen, auf der anderen Seite Viren in Schach zu halten, die sich an den Menschen angepasst haben (wie z. B. das Epstein-Bar-Virus), um damit einen Krankheitsausbruch zu verhindern bzw. Symptome in physiologischen Grenzen zu halten. Sämtliche Lebensbeeinflüsse, wie die tägliche Ernährung inklusive aller essenzieller Nährstoffe, wie vor allem Eisen, Zink und Selen, Vitamine, Schlafhygiene, Stressbalance, Bewegung, Hitze- und Kältestress können unser Immunsystem fit halten, um den unausweichlichen Infektionserregern die Stirn zu bieten. Auch Sonnenlicht stärkt das Immunsystem. Bestimmte Immunzellen besitzen auf ihrer Oberfläche einen sogenannten Toll-like-Rezeptor (TLR). Dieser Rezeptor wird bei einer viralen oder bakteriellen Infektion durch Bestandteile dieser Erreger aktiviert und veranlasst die Immunzellen, eine Vorstufe von Vitamin D (25-hydroxyvitamin D) zu produzieren. Parallel dazu bildet die gleiche Zelle einen weiteren Rezeptortyp aus, der auf die Erkennung von Vitamin D spezialisiert ist. Sobald Vitamin D an den neuen Rezeptor bindet, regt er die Immunzelle an, das antibakteriell wirkende Cathelicidin zu bilden. Sonnenlicht wird benötigt, damit Immunzellen die Vorstufe des Vitamins D in das aktive Vitamin D umwandeln. Aus diesem Grund war z. B. vor mehr als hundert Jahren das tägliche Sonnenbad fester Bestandteil der Tuberkulosetherapie.

## DAS WECHSELSPIEL ZWISCHEN SPORT UND IMMUNSYSTEM

Bereits zu Beginn des Lockdowns in der Coronapandemie Mitte März 2020 warnten Sportmediziner davor, dass durch Inaktivität in der Quarantäne mehr Menschen gesundheitlichen Schaden nehmen könnten als durch das SARS-CoV-2-Virus selbst. Dieser Aufruf verdeutlichte nicht nur die präventivmedizinische Bedeutung von Bewegung für die Gesundheit im Allgemeinen, sondern auch für die Leistungsfähigkeit unseres Immunsystems im Speziellen. Das Fehlen eines sicheren Impfstoffes und zugelassener Medikamente gegen ein neuartiges Virus hat uns allen in diesen ungewöhnlichen Zeiten schonungslos aufgezeigt, wie wichtig ein gut funktionierendes Immunsystem ist. Und Sport bzw. körperliche Aktivität beeinflusst das Immunsystems maßgeblich.

Obwohl bereits bis in die 1970er-Jahre Grundlagenforschung in der Sportimmunologie betrieben wurde, hat sich diese Fachdisziplin erst in den frühen 1980ern etabliert und seither diverse Schwerpunkte (z. B. Krebsforschung, neurodegenerative Krankheiten, Kognition) entwickelt. Aufgrund des technologischen Fortschritts in der wissenschaftlichen Methodik (Bioinformatik, Bildgebung, Zellbiologie) verstehen wir sowohl auf organischer als auch auf zellulärer Ebene immer besser, warum Sport eine gesundheitsförderliche Wirkung hat. Zumindest wissenschaftlich wird immer deutlicher, dass tägliche Bewegung so essenziell für unsere Gesunderhaltung ist wie Vitamin C – ein Nährstoff, den wir selbst nicht herstellen können und den wir deshalb täglich über die Nahrung



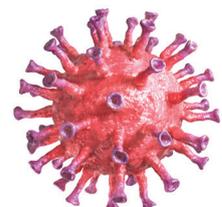
zuführen müssen. Auch Bewegung muss dem Organismus gewissermaßen täglich zugeführt werden. Inzwischen ist auch die wissenschaftliche Basis dafür gelegt, dass dem Fitnesstraining im Hinblick auf die Entstehung und Progression vieler metabolischer, neurologischer und kardiovaskulärer Erkrankungen ein erheblicher präventiver und kurativer Effekt beigemessen wird – und an all diesen Erkrankungen ist unser Immunsystem direkt oder indirekt beteiligt.

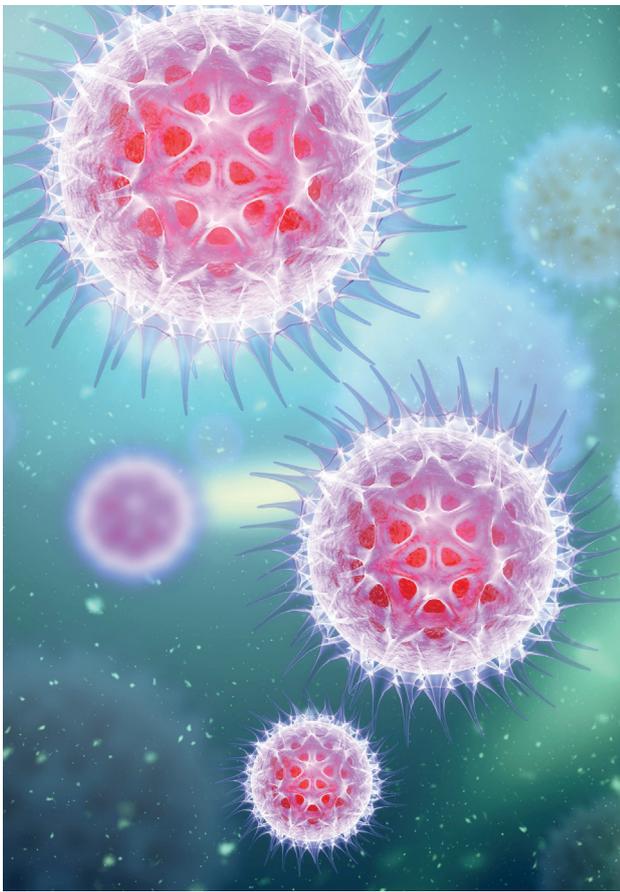
## OPEN-WINDOW-EFFEKT

Im Breiten- und Leistungssport hält sich die weitverbreitete Annahme, dass lang andauernde und intensive Bewegung die Funktion des Immunsystems vorübergehend beeinträchtigt und damit die Infektionswahrscheinlichkeit erhöht. In der Literatur ist dieser Effekt als „Open-Window-Effekt“ beschrieben. In den 1980er-Jahren postuliert, findet dieses Konzept auch heute noch immer viel Zuspruch. Aktuell wird dieses Paradigma allerdings grundlegend infrage gestellt und in der sportimmunologischen Forschung kontrovers diskutiert. Die Zweifel beziehen sich vor allem auf Durchführungsmängel von Studien in der Vergangenheit sowie Fehlinterpretationen in der Kinetik (Mobilität) von Immunzellen nach akuten Belastungen. Die Tatsache, dass die im Blut zirkulierende Menge vieler Zellarten (v. a. natürliche Killerzellen, T-Helferzellen, neutrophile Granulozyten) des Immunsystems während einer akuten Belastung ansteigt und nach der Belastung unter den Ausgangswert fällt, führte zunächst zu der Vermutung einer bewegungsinduzierten Immunsuppression, also einer

Hemmung der Immunkompetenz. Hemmung statt Stärkung? Was passiert tatsächlich mit Immunzellen, die aus dem Blut verschwinden? Immer mehr Untersuchungen konnten inzwischen nachweisen, dass die Konzentration der Immunzellen nach Belastung zwar im Blut absinkt, aber sie sterben keineswegs ab. Stattdessen migrieren sie in umliegendes Gewebe, um ihrer überwachenden und reparierenden Funktion in oder an Organen bzw. Gewebearten nachzukommen.

Die Sportimmunologie konnte zudem belegen, dass aktivierte Immunzellen überwiegend in Gewebe migrieren, die eine Grenzschicht zur Außenwelt darstellen, wie Lunge, Haut und Darm. Zudem sorgt diese bewegungsinduzierte Umverteilung der Immunzellen dafür, dass die zytotoxischen natürlichen Killerzellen (NK-Zellen) in z. B. Tumorgewebe einwandern und dort effektiv gegen entartete Zellen vorgehen können. Eine bis dato unveröffentlichte Forschungsarbeit des Instituts für molekulare Sportmedizin an der Deutschen Sporthochschule wies darüber hinaus nach, dass akute Belastungen die zytotoxische Funktion der NK-Zellen intensitätsabhängig erhöhen. Dieser Effekt hält nach Belastung für etwa eine Stunde an, d. h., je intensiver die körperliche Belastung durch Sport bzw. Training ist, desto stärker scheint der Anti-Tumor-Effekt zu sein.





## SPORT GEGEN ALTERUNG DES IMMUNSYSTEMS

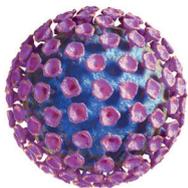
Statistisch gesehen, nimmt das Aktivitätslevel in der westlichen Welt mit zunehmendem Alter deutlich ab, was mit vielen altersbedingten Erkrankungen, wie z. B. Sarkopenie (Verlust von Muskelmasse) oder Osteoporose (Verlust von Knochenmasse), assoziiert wird. Diese schleichende Degeneration ist teilweise altersbedingt, beruht aber maßgeblich auf Bewegungsmangel und begünstigt über die Jahre den Zustand einer sogenannten Multimorbidität, also das Auftreten vielfältiger Symptome am Bewegungsapparat und an anderen Organsystemen gleichzeitig. Auch unser Immunsystem altert. Die abnehmende Fähigkeit des Immunsystems, adäquat auf Krankheitserreger wie Viren, Bakterien, Parasiten, Pilze etc. zu reagieren sowie ausreichend Antikörper nach einer Impfung zu entwickeln, wird im Fachjargon als Immunoseneszenz bezeichnet. Herabgesetzt sind hierbei hauptsächlich die Anzahl und die Funktion der T-Lymphozyten. Eine aktuelle Übersichtsarbeit unterstreicht die Relevanz von körperlicher Aktivität als effektive Strategie, die Immunoseneszenz in Teilen wieder umzukehren und damit nicht nur das Infektionsrisiko zu senken, sondern auch den Impfschutz zu verbessern. Auch wenn eine Verjüngung des Immunsystems und damit seiner Funktion zumindest teilweise möglich erscheint, ist die Erforschung des präventivmedizinischen Einflusses lebenslanger Bewegung auf die Alterung des Immunsystems ein aktueller Schwerpunkt in der Sportimmunologie.

## DIE INTENSITÄT MACHT'S?

Aktuell häufen sich Studienergebnisse, die die Intensität eines Trainings in Bezug auf den positiven Trainingseffekt auf unser Immunsystem hervorheben. Hochintensives Intervalltraining wird von diversen klinischen Gruppen, z. B. Autoimmunpatienten, nicht nur gut vertragen, sondern scheint auch das Immunsystem stärker zu beeinflussen als Ausdauertraining. So konnte an Menschen mit Multipler Sklerose (MS) gezeigt werden, dass HIIT im Vergleich zu moderatem Training ein Protein im Blutserum (MMP-2) senkt, das den Übertritt von aktivierten Immunzellen aus dem Blut in das zentrale Nervensystem fördert und dort die MS-typischen Entzündungen begünstigt. Bei Mäusen konnte der vermutete neuroprotektive Effekt von intensivem Training kürzlich bestätigt werden: weniger entzündliche und mehr antientzündliche Immunzellen des erworbenen Immunsystems (T-Lymphozyten) im zentralen Nervensystem, weniger klinische Symptome und sogar ein verzögerter Krankheitsbeginn!

## ERNÄHRUNG UND ÜBERTRAINING

In den vergangenen Jahren erschienen detaillierte wissenschaftliche Übersichtsarbeiten, die den Aspekt einer nährstoffreichen und sportartspezifischen Ernährung in den Mittelpunkt stellten. Dabei geht es u. a. um den unterstützenden Effekt einiger ausgewählter Nahrungsinhaltsstoffe (Mineralstoffe, einzelne Amino- bzw. Fettsäuren, Zusammensetzung der Makronährstoffe) auf die Immunfunktion. Die Fachdisziplin Immunonutrition existiert bereits seit Ende der 1940er-Jahre, findet aber erst seit Kurzem wieder mehr Beachtung im wettkampforientierten Sport. Das hat vor allem den Hintergrund, dass Leistungssportler vielen Stressoren ausgesetzt sind, die die Immunfunktion beeinträchtigen bzw. stark belasten können (verminderte Schlafqualität/-quantität, Langstreckenflüge mit Verschiebung des Biorhythmus, hohe Trainingslast und -frequenz bei oft nicht ausreichender Regeneration, Nähe zu infektiösen Zuschauern etc.). Die Studienzahl wächst rapide, doch für viele Mikro- und Makronährstoffe fehlt aktuell noch die klare Evidenz. Vor Kurzem konnten Wissenschaftler demonstrieren, dass z. B. Polyphe-nole (sekundäre Pflanzenstoffe) nach einer akuten hochinten-



siven Belastung positiv auf das Immunsystem einwirken. In einer weiteren Untersuchung wurden insgesamt 60 Proteine identifiziert, deren Konzentration im Blut nach wiederholtem intensivem Training stark ansteigt. Nach zwei Ruhetagen waren 13 Proteine immer noch erhöht. Die Mehrheit dieser Proteine besitzt immunologische Eigenschaften. Bis geeignete Biomarker zur Identifizierung eines Übertrainingszustands zur Verfügung stehen, ist es aber noch ein langer Weg, der Validierungen und Studien an vielen Athleten bedarf. Erste Beobachtungsstudien weisen darauf hin, dass immunologische Prozesse maßgeblich am Übertrainingszustand beteiligt sind.

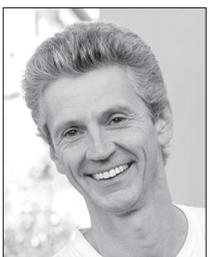
## AUSBLICK

Das Wissen um den Einfluss von Bewegung bzw. Training auf das Immunsystem ist in den letzten beiden Jahrzehnten exponentiell gewachsen und hat viele Arbeitsgruppen mit unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten hervorgebracht. Die stetige Verbesserung der o. g. Technologien lässt hoffen, dass die sportimmunologischen Effekte im Menschen in absehbarer Zeit noch genauer verstanden werden, um praxisrelevante Konsequenzen daraus abzuleiten. Dieser Erkenntnisgewinn wäre nicht nur für leistungssteigernde Effekte wertvoll, sondern auch für die Prävention und insbesondere für die Rehabilitation chronischer Erkrankungen im Sinne eines immunologisch wirksamen medizinischen Fitness- und Gesundheitstrainings.

### **Dr. rer. nat. Jens Freese**

leitet das Dr. FREESE INSTITUT für Sport-, Stress- und Ernährungsimmunologie und berät internationale Top-Athleten und Patienten mit chronischen Erkrankungen.

[www.dr-freese.com](http://www.dr-freese.com)



### **Sebastian Proschinger**

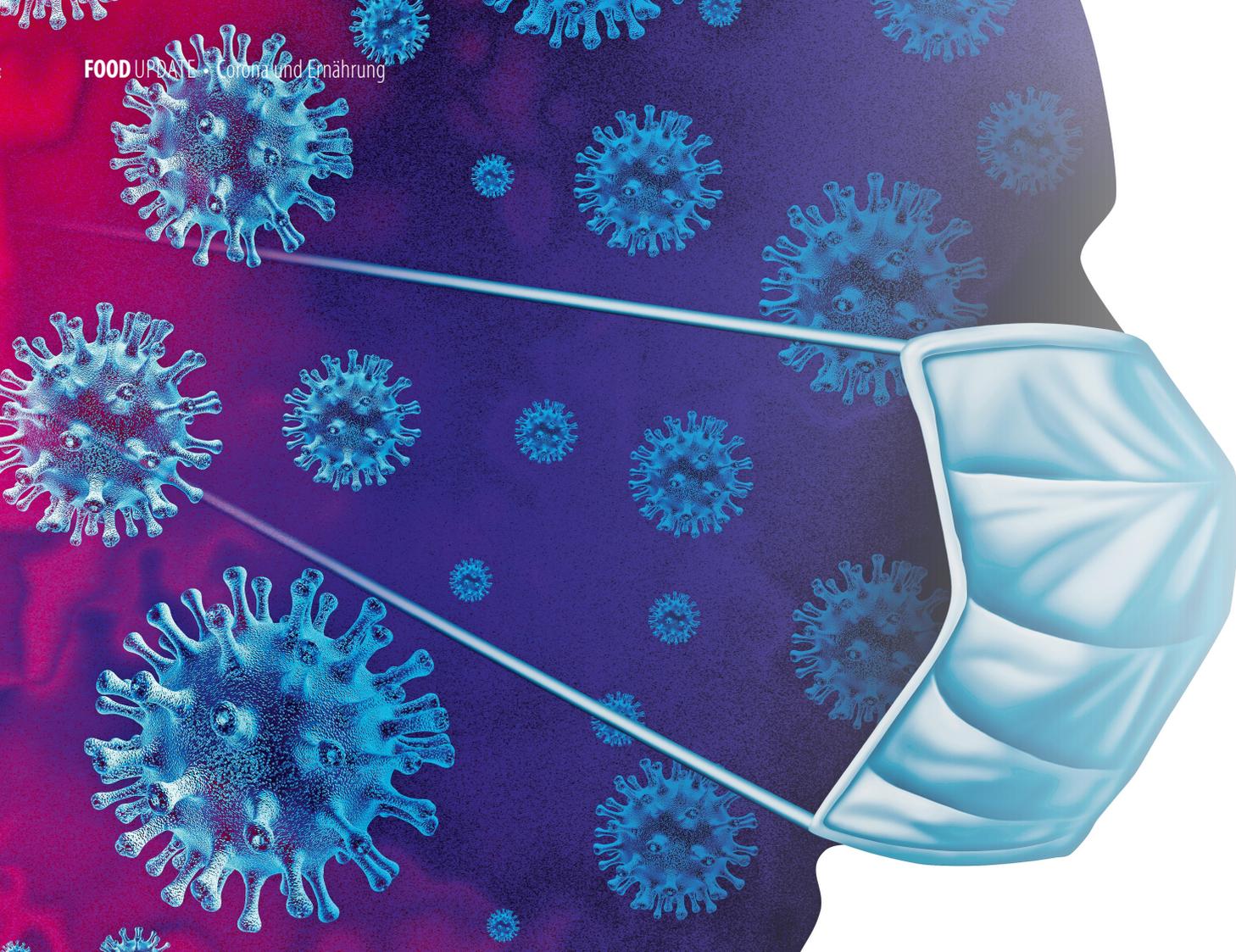
ist Doktorand in der Abteilung Molekulare und Zelluläre Sportmedizin im Institut für Kreislauforschung und Sportmedizin der Deutschen Sporthochschule Köln.



## KERNBOTSCHAFTEN

Welche Kernbotschaften können zum jetzigen Stand der sportimmunologischen Forschung dem ambitionierten Trainer mit auf den Weg gegeben werden?

- 1.** Die Dosis macht das Gift: Unser Immunsystem lässt sich über abwechslungsreiche Trainingsprogramme (Ausdauer, Koordination, HIIT) ebenso stimulieren wie alle anderen Körpersysteme. Welche Dosis Bewegung/Training gesund ist und welche in eine katabole Situation bzw. ins Übertraining führt, lässt sich pauschal nicht beantworten und ist Gegenstand aktueller Studien.
- 2.** Die Immunoseneszenz lässt sich durch die tägliche Dosis Körperbewegung positiv beeinflussen. Mit anderen Worten: Die Alterung des Immunsystems kann durch ein adäquates Fitnessprogramm gebremst werden, wodurch Infektionen im Alter – in Verbindung mit immunogen wirksamen Mikronährstoffen – milder ablaufen.
- 3.** Die Forschung offenbart immer deutlicher, dass die Intensität einer Aktivität ein entscheidender Faktor ist, um das Immunsystem zu stimulieren. Das bedeutet für die Praxis, dass medizinische Fitnessprogramme immer auch Intervallprinzipien beinhalten sollten, die sich am Fitnesslevel des Kunden/Patienten orientieren müssen. Wir wissen auch, dass hochintensives Training ohne adäquate Regeneration zu lokalen und systemischen Entzündungen führen kann, die der Nährboden für Übertrainingszustände sind. Konsequenz: CrossFitter, Bodybuilder, Kraftsportler etc. sollten nicht auf Low-Impact-Ausdauertraining verzichten.
- 4.** Die psychophysische Regeneration von hohem Trainingsumfang und/oder hohen Intensitäten, die Auskurierung lokaler Entzündungen in den trainingsbelasteten Geweben wie Muskulatur, Knochen etc., die Aufrechterhaltung der zur Abwehr von Viren, Bakterien und Umwelttoxinen wichtigen Schleimhäute im Darm und in den Atemwegen – für all das benötigt der Körper Mikronährstoffe. Die wichtigsten sind Omega-3-Fettsäuren, die Vitamine C und D, die Aminosäuren Glutamin und Arginin, Colostrum sowie Pro- und Präbiotika.



# Immunistark gegen **COVID 19**

Corona hat die Welt im Griff. Doch wir sind dem neuen SARS-CoV-2-Virus nicht schutzlos ausgeliefert. Unser Experte Dr. Jens Freese erklärt, mit welchen Mikronährstoffen wir unser Immunsystem stärken können

**E**ine Pandemie, wie wir sie gerade erleben, gab es in der Geschichte immer wieder. So hat keine Seuche in den letzten 100 Jahren mehr Menschenleben gefordert als die spanische Grippe zwischen 1918 und 1920. Rund um den Globus fielen der Lungenentzündung infolge einer Infektion mit dem Influenza-A-Virus H1N1 nach dem 1. Weltkrieg geschätzte 20 bis 50 Millionen Menschen zum Opfer – mehr als in beiden Weltkriegen zusammen. In einer ausgezehrtten Bevölkerung, die durch Arbeitslosigkeit und Wirtschaftskrise darüber hinaus psychisch stark belastet war, hatten die Krankheitserreger leichtes Spiel. In der aktuellen Corona-Pandemie sind inzwischen über 35 Mio. Menschen weltweit mit dem neuen SARS-CoV-2-Virus infiziert. Über eine Million Todesfälle verursachte die daraus resultierende Erkrankung COVID-19 bis heute. Kein Wunder also, dass sich bei vielen Menschen das Gefühl manifestiert, schutzlos einem unsichtbaren Feind ausgeliefert zu sein, bis der vermeintlich rettende Impfstoff endlich zur Verfügung steht. Bei der Schweinegrippe 2009

TEXT: DR. RER. NAT. JENS FREESE

war das Szenario ähnlich: Auch damals verbreitete das Virus Angst und Schrecken. Bis heute ist das Schweinegrippe-Virus unter uns. Deshalb betont der Virologe Professor Hendrik Streeck von der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn zurecht, dass wir noch lange mit dem neuen Corona-Virus leben müssen – so, wie wir es auch mit den über 200 verschiedenen Erkältungsviren und diversen Herpesviren schon seit Beginn der Menschheit tun. Und das ist bei entsprechender Vitalität auch kein ernsthaftes Problem für uns. Denn in den über 2,5 Millionen Jahren menschlicher Evolution verrichtet unser Immunsystem wie der Virens scanner eines Computers im Hintergrund überlebenswichtige Aufräumarbeiten. Es schützt uns vor unseren Feinden seit Urzeiten, also Allergenen, unzähligen pathogenen Mikroorganismen wie Viren, Bakterien, Pilzen, Parasiten, aber auch Giftstoffen aus Pflanzen und Aas. Darüber hinaus regeneriert es Gewebe nach Verletzungen und sorgt dafür, dass Tumorzellen frühzeitig erkannt und rechtzeitig eliminiert werden. Nur in Belastungssituationen erhalten pathogene Eindringlinge über unsere Schleimhautbarrieren in Nasen-Rachenraum, Darm oder anderen Körperöffnungen Zutritt ins Körperinnere, wo sie auf dem Nährboden eines vorerkrankten Organismus lebensbedrohliche Infektionen auslösen können.

## ENTZÜNDUNGEN ERHÖHEN DAS RISIKO

In den vergangenen 50 bis 80 Jahren wurden allerdings Hunderte von immunologisch wirksamen, synthetischen Fremdstoffen (Xenobiotika) in Landwirtschaft, Lebensmittelindustrie oder Zahnmedizin in unser modernes Leben integriert, so dass sich unser Immunsystem heute mit vielen neuen Feinden konfrontiert sieht. Und diese neuen Fremdstoffe werden wie die altbekannten Viren oder Bakterien durch unser angeborenes Immunsystem mit Hilfe von Entzündungsreaktionen bekämpft. Unzählige Studien konnten veranschaulichen,

dass Faktoren wie ein inaktiver Lebensstil, Fast- und Convenience Food, Xenobiotika und psychosozialer Stress allein, aber vor allem in kombinatorischer Wirkung zu unterschwelligen Entzündungsreaktionen im Gewebe (engl. Silent Inflammation) führen. Kommt eine akute virale Infektion wie beispielsweise das neue SARS-Virus hinzu, kann sich im betroffenen Körpergewebe eine überschießende Entzündung durch einen sogenannten Zytokinsturm entwickeln. Dabei werden im Übermaß Zytokine produziert – Botenstoffe des Immunsystems, die die Abwehr massiv aktivieren. Das kann vor allem für Vorerkrankte fatale Folgen haben. Warum? Muss unser Immunsystem mehrere Baustellen gleichzeitig bekämpfen, etwa eine Vorerkrankung wie Diabetes Typ 2, Gifte in Nahrungsmitteln und dann auch noch das neue Corona-Virus, kann unsere immunologische Kapazität überschritten werden. Die Konsequenz: Das Fass läuft über – wir erkranken an der neuen Lungenkrankheit COVID-19.

## VITAMIN D STÄRKT DAS IMMUNSYSTEM

Es ist kein Zufall, dass üblicherweise im Herbst die Grippesaison beginnt, während die Infektionswelle auf der Südhalbkugel, etwa in Südafrika, genau umgekehrt verläuft. In der dunklen Jahreszeit sind unsere Atemwege einem höheren viralen Infektionsrisiko ausgesetzt.

Stellt sich nur die Frage, warum wir in den Wintermonaten infektanfälliger sind als im Sommer? Dafür gibt es mindestens zwei Gründe. Erstens: Im Gegensatz zu Bakterien überleben Viren außerhalb eines Wirtsorganismus bei kälteren Temperaturen besser. Und zweitens: In der Herbst- und Winterzeit wird die Sonneneinstrahlung in unseren Breitengraden immer schwächer. Sobald aber die UVB-Strahlen der Sonne nicht mehr steil genug auf die Erdoberfläche treffen, was in Deutschland von Oktober bis März der Fall ist, kann unsere Haut auch nicht mehr ausreichend Cholecalciferol synthetisieren, den Vorläu-

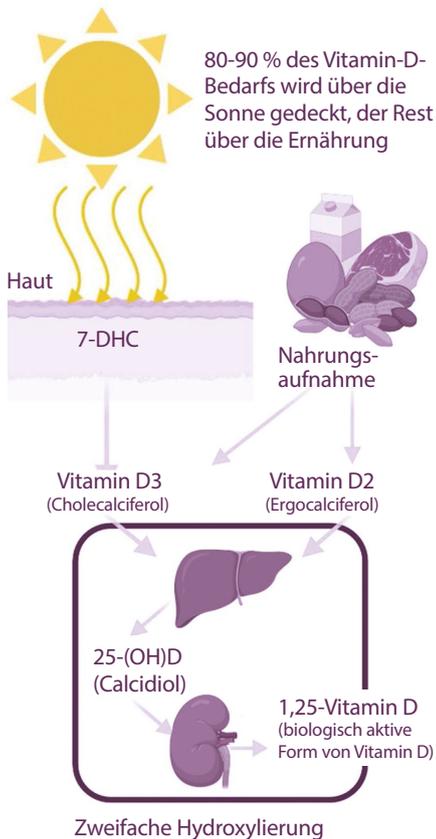
fer vom biologisch aktiven Vitamin D (siehe Abb. 1, S. 30). Wie sich immer deutlicher zeigt, hat eine unzureichende Vitamin D-Versorgung Einfluss auf das Fortschreiten und die Schwere von Infekten, so auch bei der Lungenkrankheit COVID-19. Das belegen neueste wissenschaftliche Studien, denn die COVID-19-Sterblichkeitsrate zeigt eine inverse Korrelation mit einem Vitamin D-Mangel, das heißt: je niedriger der Vitamin-D3-Spiegel im Blut, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, an COVID-19 zu sterben.

Für einen Vitamin D-Mangel gibt es verschiedene Risikofaktoren: Ab dem 60. Lebensjahr sinkt die Vitamin D-Bildung über die Haut. Deshalb sind viele ältere Menschen unzureichend mit Vitamin D versorgt sind. Auch Migranten aus südlichen Ländern Europas und den USA sind häufiger mit dem Sonnenhormon unterversorgt, weil ihre dunkle, melaninreiche Haut die Vitamin D-Bildung erschwert. US-Daten belegen, dass Menschen mit schwarzer Hautfarbe 2,6 Mal häufiger an COVID-19 sterben als Infizierte mit weißer Hautfarbe. Auch Übergewichtige oder Patienten, die unter Bluthochdruck, Diabetes Typ 2 oder ▶



### DER AUTOR UND EXPERTE

Dr. rer. nat. JENS FREESE hat Sportwissenschaften und klinische Neuroimmunologie studiert und sich in Ernährungs-, Mikronährstoff- und Umweltmedizin weitergebildet. Seit über 20 Jahren bildet er Trainer und Therapeuten aus und berät in seinem Institut Patienten mit Multi-systemerkrankungen sowie Leistungssportler.



80-90 % des Vitamin-D-Bedarfs wird über die Sonne gedeckt, der Rest über die Ernährung

**1 Die Synthese von Vitamin D im Organismus** Unter Einwirkung der UVB-Strahlung des Sonnenlichts bildet sich in der Haut aus 7-DHC (7-Dehydrocholesterin), einer Vorstufe des Cholesterins, das Vitamin D3 (Cholecalciferol). Über die Ernährung (fettreicher Fisch, Avocados, Eier, Champignons, Milch und Käse, Fleisch) nehmen wir Vitamin D2 (Ergocalciferol) auf. Beides wird in Leber und Nieren hydroxyliert, so dass über die Hormonvorstufe 25-(OH)D (25-Hydroxy-Vitamin-D3 bzw. Calcidiol) schließlich 1,25-Vitamin-D entsteht, die biologisch aktive Form von Vitamin D.

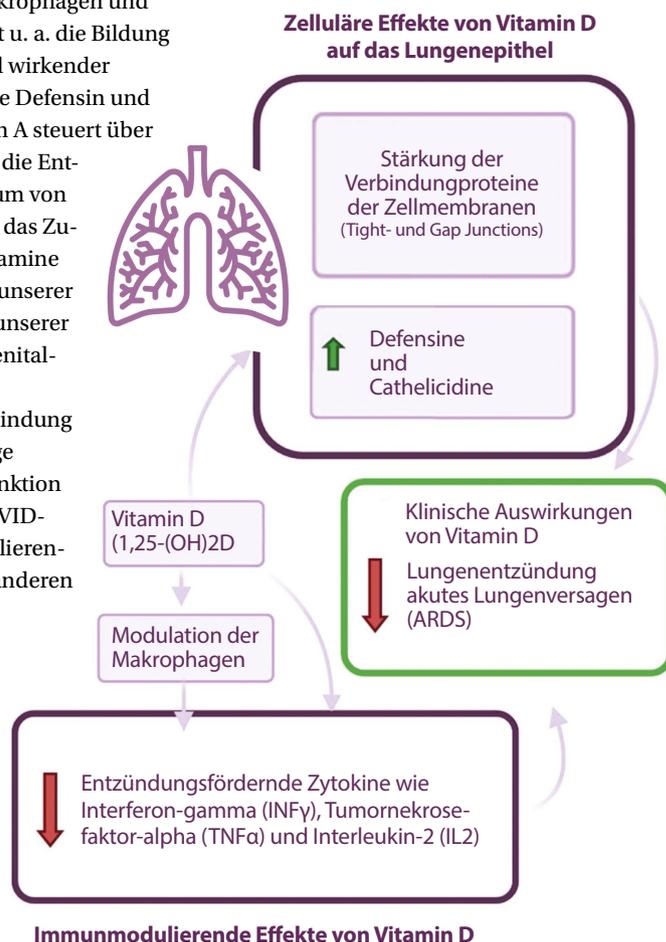
**2 Schutzwirkung von Vitamin D vor COVID-19** Vitamin D dämpft auf vielfältige Weise die überschießende Immunreaktion, die durch das Eindringen des SARS-CoV-2 Virus ins Epithelgewebe der Lunge ausgelöst wird. So stärkt es die Verbindungproteine der Zellmembranen (Tight- und Gap-Junctions) und erschwert so den Übertritt der Viren ins Körperinnere. Außerdem aktiviert Vitamin D die antiviral und antibakteriell wirkenden Proteine Defensin und Cathelicidin und unterdrückt die Produktion entzündungsfördernder Zytokine (z. B. Interferon-gamma, Tumornekrosefaktor-alpha und Interleukin-2) durch die Makrophagen (Immunzellen). Durch diese Effekte reduziert sich das Risiko, an einer Lungenentzündung oder einem akuten Lungenversagen (Acute Respiratory Distress Syndrom, kurz ARDS) zu erkranken.

Herz-Kreislauf-Erkrankungen leiden (und den Großteil der COVID-19-Risikogruppe repräsentieren), weisen häufig einen defizitären Vitamin-D-Status auf. Im Hotspot Italien verstarben 96 Prozent mit einer Vorerkrankung, 68 Prozent davon wiesen einen Bluthochdruck auf.

## MIKRONÄHRSTOFFE BEEINFLUSSEN DIE GENE

Dass unser Immunsystem eng mit dem Wirkspektrum von Vitamin D verbunden ist, vermutete man schon direkt nach dem 2. Weltkrieg, als in der mangelernährten Bevölkerung Tuberkulose, Typhus und Diphtherie wieder aufkeimten. Die prophylaktische Gabe von Lebertran zeigte Wirkung, denn die aus Dorschleber gewonnene Substanz enthält nicht nur Vitamin D, sondern auch Vitamin A. Beide Mikronährstoffe wirken in jeder Körperzelle gemeinsam an spezifischen Rezeptoren der DNA im Zellkern, um unzählige Gene zu regulieren, sie also ein- oder auszuschalten. Bei einer Immunaktivierung bindet Vitamin D an den Vitamin-D-Rezeptor von bestimmten Immunzellen, den Makrophagen und Monozyten, und stimuliert u. a. die Bildung antiviral und antibakteriell wirkender Moleküle wie beispielweise Defensin und Cathelicidin. Auch Vitamin A steuert über die Regulation von Genen die Entwicklung und das Wachstum von Schleimhautzellen. Durch das Zusammenwirken beider Vitamine werden die Schleimhäute unserer Atemwege, aber auch die unserer Magen-, Darm- und Urogenitalorgane geschützt. Vitamin D übt also in Verbindung mit Vitamin A eine wichtige präventivmedizinische Funktion aus, die auch bei einer COVID-19-Infektion immunmodulierende Wirkung entfaltet. Mit anderen

Worten: Vitamin D kann zwar keine Infektion verhindern, hat aber viele schützende Effekte (siehe Abb. 2 unten). So dämpft es im Infektionsfall den intrazellulären Zytokinsturm, der infolge des Eindringens des SARS-CoV-2 Virus ins Epithelgewebe, einen „Flächenbrand“ in der Lunge und damit eine Lungenentzündung auslösen kann, die schlimmstenfalls zum akuten Lungenversagen (engl. Acute Respiratory Distress Syndrome, ARDS) führt oder auch anderes Organversagen provozieren kann. Die herausragende Effektivität von Vitamin D konnte im Juli 2020 eine spanische Forschungsgruppe aus Cordoba in der weltweit ersten klinischen Studie bei COVID-19 eindrucksvoll belegen: 76 Patienten mit Pneumonie, die positiv auf SARS-CoV-2 getestet worden waren, wurden in zwei Gruppen eingeteilt. Beide Gruppen erhielten die medikamentöse Standardtherapie aus dem Malaria-Mittel Hydroxychloroquin und dem Antibiotikum Azithromycin. In Gruppe 1 bekamen 50 Patienten zusätzlich einmal pro Woche eine hohe Dosis Vitamin D (> 30.000 IE) in Form von Calcidiol (25-Hydroxy-Vitamin D3). Das



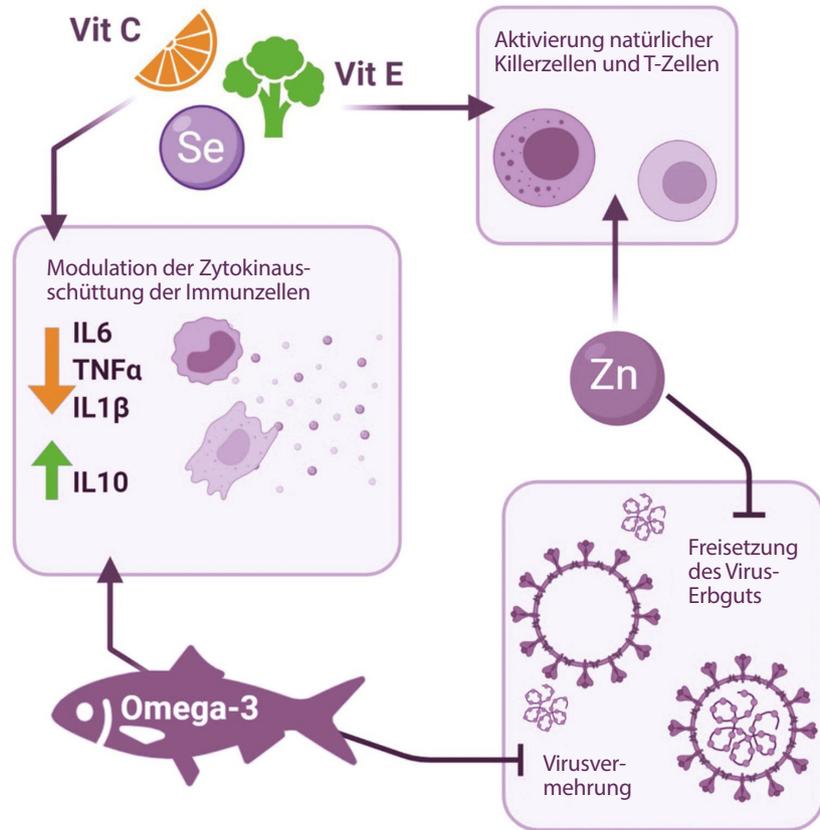
Ergebnis ist ermutigend: In der Vitamin-D-Gruppe musste nur eine Person auf die Intensivstation verlegt werden. Es gab weder Todesfälle noch größere Komplikationen. Von den 26 Menschen in der Kontrollgruppe, die kein Vitamin D erhielten, mussten hingegen 13 Menschen bzw. 50 Prozent der Gruppe auf die Intensivstation, zwei Patienten starben.

## OMEGA-3-FETTSÄUREN SCHÜTZEN

Mit Hilfe von Vitamin D ist unser Immunsystem also in der Lage, die intrazelluläre Entzündungsreaktion in physiologischen Leitplanken zu halten. Eine optimale Versorgung vorausgesetzt – und der Blutwert sollte mindestens 40 ng/ml betragen –, halten wir mit Vitamin D eine wichtige und gleichermaßen kostengünstige Waffe im Kampf gegen das Corona-Virus in der Hand. Doch bei weitem nicht die einzige. Denn ein gerade veröffentlichter Review-Artikel kommt zu dem Resultat, dass weitere Mikronährstoffe in pharmakologischer Dosis den Schutz gegen virale Infektionen wie COVID-19 optimieren können. An vorderster Stelle: Die maritimen Omega-3 Fettsäuren EPA und DHA. Bei ausreichendem Verzehr von Kaltwasserfisch, Algen oder hochgereinigten Omega-3-Ölen integrieren sich diese essentiellen, hochungesättigten Fettsäuren in sämtliche Zellmembranen des Körpers. Im Infektionsfall und ebenso bei anderen entzündlichen Prozessen werden sie herausgelöst und regulieren die Entzündung herunter, wirken also entzündungshemmend. Fehlen diese Bausteine, können Entzündungen chronisch verlaufen.

## VIRUSVERMEHRUNG UNTERDRÜCKT

Zudem scheinen die Fischöle EPA und DHA bei COVID-19 auch die Vermehrung des Virus in unseren Körperzellen zu unterdrücken. Gleiches gilt für Vitamin C. Auch dieses wasserlösliche Vitamin dämpft den Tumornekrosefaktor-alpha, einen wichtigen „Entzündungsschalter“, sowie weitere entzündungsfördernde Zytokine. Weiterhin spielt das Spurenelement Zink eine wichtige Rolle bei der Rekrutierung von Immunzellen. Zinksupplemente erhöhen nachweislich die Zahl zweier weiterer Typen von Immunzellen: der T-Lymphozyten



**3 COVID-19-Schutzwirkungen von Mikronährstoffen** Vitamin C, Vitamin E und Selen (Se) aktivieren für die Virusabwehr zuständige Immunzellen (Natürliche Killerzellen und T-Zellen). Zusammen mit Omega-3-Fettsäuren (aus fettem Fisch) modulieren sie die Zytokine: Die Immunzellen schütten daher weniger entzündungsfördernde Zytokine wie Interleukin-6 (IL6), Tumornekrosefaktor-alpha (TNF-α) und Interleukin-1-beta (IL-1β) aus, aber mehr vom antientzündlichen Zytokin Interleukin-10 (IL10). Omega-3-Fettsäuren unterdrücken zusätzlich die Virusvermehrung in den Körperzellen. Zink (Zn) hemmt die Freisetzung des Virus-Erbguts.

und der natürlichen Killerzellen. Beide Immunzellen sind wichtig bei der Abwehr von Viren und anderen Feinden. Ferner zeigen Vitamin E, Selen und Magnesium in diversen Studien immer wieder positive Effekte auf die Modulierung von Immunreaktionen (siehe Abb. 3 oben). Wir sollten also auf eine Ernährung achten, die reich an Mikronährstoffen ist. Das ist gar nicht so leicht, weil viele Agrarprodukte in den vergangenen Jahrzehnten durch intensive Landwirtschaft, durch Züchtungen und lange Transportwege an Mikronährstoffgehalt eingebüßt haben und zudem nicht selten mit Toxinen wie beispielsweise Arsen belastet sind. Daher ist die Kombination aus biologisch-dynamisch produzierten Nahrungsmitteln mit einer gezielten Zufuhr an immunmodulierenden Mikronährstoffen in Form von Nahrungsergänzungsmitteln empfehlenswert. Nehmen Sie solche Mittel aber niemals selbstdosiert ein, ohne einen Arzt oder Therapeuten

konsultiert zu haben, der sich auf Mikronährstoffmedizin spezialisiert hat und vorab relevante Laborwerte bestimmt.

## FAZIT

Wie klinische Studien immer klarer demonstrieren, sind wir dem neuen Corona-Virus keineswegs schutzlos ausgeliefert. Voraussetzung für eine optimale Fitness unseres Immunsystems ist allerdings eine mikronährstoffreiche Ernährung in Bioqualität. Auch moderater Ausdauersport sowie Stressreduktion gehören zu einer optimalen Präventionsstrategie gegen die viralen Tücken der dunklen Jahreszeit.

Zu den Quellen der Beiträge aller Artikel in FOODFORUM gelangen Sie über den QR-Code im Editorial auf Seite 3.



# Fitness fürs Immunsystem

## Die Wirkung von Sport und Bewegung

Dass regelmäßige Bewegung die Gesundheit positiv beeinflusst, ist schon lange bekannt und gewinnt gerade jetzt noch mehr an Bedeutung. Dr. Jens Freese und Co-Autor Sebastian Proschinger zeigen im zweiten Teil der Serie u. a., wie die Wirkung von Sport auf unser Immunsystem in der Forschung bewertet wird und welche Art von Training die Abwehrkräfte besonders stärkt.

**B**ereits zu Beginn des Lockdowns in der Coronapandemie Mitte März 2020 warnten Sportmediziner davor, dass durch Inaktivität in der Quarantäne mehr Menschen gesundheitlichen Schaden nehmen könnten als durch das SARS-CoV-2-Virus selbst. Dieser Aufruf verdeutlichte nicht nur die präventivmedizinische Bedeutung von Bewegung für die Gesundheit im Allgemeinen, sondern auch für die Leistungsfähigkeit unseres Immunsystems im Speziellen. Das Fehlen eines Impfstoffes und zugelassener Medikamente gegen ein neuartiges Virus hat uns allen in diesen ungewöhnlichen Zeiten schonungslos aufgezeigt, wie wichtig ein gut funktionierendes Immunsystem ist. Und Sport bzw. körperliche Aktivität beeinflusst unser Immunsystem maßgeblich.

### WAS SAGT DIE FORSCHUNG?

Obwohl bereits bis in die 1970er-Jahre Grundlagenforschung in der Sportimmunologie betrieben wurde, hat sich diese Fachdisziplin erst in den frühen 1980ern etabliert und seither diverse Schwerpunkte (z. B. Krebsforschung, neurodegenerative Krankheiten, Kognition) entwickelt. Aufgrund des technologischen Fortschritts in der wissenschaftlichen Methodik verstehen wir sowohl auf organischer als auch auf zellulärer Ebene immer besser, warum Sport eine gesundheitsförderliche Wirkung hat. Zumindest wissenschaftlich wird immer deutlicher, dass tägliche Bewegung so essenziell für unsere Gesunderhaltung ist wie Vitamin C – ein Nährstoff, den wir selbst nicht herstellen können und den wir deshalb täglich über die Nahrung zuführen müssen. Auch Bewegung muss dem Organismus gewissermaßen täglich zugeführt werden. Inzwischen ist auch die wissenschaftliche Basis dafür gelegt, dass Fitness-training im Hinblick auf die Entstehung und Progression vieler metabolischer, neurologischer und kardiovaskulärer Erkrankungen ein erheblicher präventiver und kurativer Effekt beigemessen wird – und an all diesen Erkrankungen ist unser Immunsystem direkt oder indirekt beteiligt.

### SPORTIMMUNOLOGIE

Im ersten Teil dieser zweiteiligen Serie haben wir das Immunsystem in seinen Grundzügen beschrieben. Die Komplexität und die Interaktionen mit anderen Systemen, wie vor allem dem Nerven- und Hormonsystem, füllen unzählige Fachbücher. Um nachvollziehen zu können, wie Bewegungsinterventionen (Ausdauertraining, Krafttraining etc.) auf das Immunsystem wirken, ist eine kurze Einführung in die Sportimmunologie notwendig. Vor diesem Hintergrund soll dieser zweite Teil einen Einblick in das schon länger bekannte, aber in der Praxis noch immer unterschätzte Wechselspiel zwischen Sport und Immunsystem geben.

### OPEN-WINDOW-EFFEKT

Im Breiten- und Leistungssport hält sich die weitverbreitete Annahme, dass lang andauernde und intensive Bewegung die Funktion des Immunsystems vorübergehend beeinträchtigt und damit die Infektionswahrscheinlichkeit



erhöht. In der Literatur ist dieser Effekt als „Open-Window-Effekt“ beschrieben. In den 1980er Jahren postuliert, findet dieses Konzept auch heute noch immer viel Zuspruch.

Aktuell wird dieses Paradigma allerdings grundlegend infrage gestellt und in der sportimmunologischen Forschung kontrovers diskutiert. Die Zweifel beziehen sich vor allem auf Durchführungsmängel von Studien in der Vergangenheit sowie Fehlinterpretationen in der Kinetik (Mobilität) von Immunzellen nach akuten Belastungen. Die Tatsache, dass die im Blut zirkulierende Menge vieler Zellarten (v. a. natürliche Killerzellen, T-Helferzellen, neutrophile Granulozyten) des Immunsystems während einer akuten Belastung ansteigt und nach Belastung unter den Ausgangswert fällt, führte zunächst zu der Vermutung einer bewegungsinduzierten Immunsuppression, also einer Hemmung der Immunkompetenz. Immer mehr Untersuchungen konnten inzwischen nachweisen, dass die Konzentration der Immunzellen nach Belastung zwar im Blut absinkt, aber sie sterben keineswegs ab. Stattdessen migrieren sie in umliegendes Gewebe, um ihrer überwachenden und reparierenden Funktion in oder an Organen bzw. Gewebearten nachzukommen.

#### MIGRATION INS GEWEBE

Die Sportimmunologie konnte zudem belegen, dass aktivierte Immunzellen überwiegend in Gewebe migrieren, die eine Grenzschicht zur Außenwelt darstellen, wie Lunge, Haut und Darm. Zudem sorgt diese bewegungsinduzierte Umverteilung der Immunzellen dafür, dass die zytotoxischen natürlichen Killerzellen (NK-Zellen) in z. B. Tumorgewebe einwandern und dort effektiv gegen entartete Zellen vorgehen können. Eine bis dato unveröffentlichte Forschungsarbeit des Instituts

für molekulare Sportmedizin an der Deutschen Sporthochschule wies darüber hinaus nach, dass akute Belastungen die zytotoxische Funktion der NK-Zellen intensitätsabhängig erhöhen. Dieser Effekt hält nach Belastung für etwa eine Stunde an, d. h., je intensiver die körperliche Belastung durch Sport bzw. Training ist, desto stärker scheint der Anti-Tumor-Effekt zu sein.

#### SPORT GEGEN ALTERUNG

Statistisch gesehen, nimmt das Aktivitätslevel in der westlichen Welt mit zunehmendem Alter deutlich ab, was mit vielen altersbedingten Erkrankungen, wie z. B. Sarkopenie (Verlust von Muskelmasse) oder Osteoporose (Verlust von Knochenmasse), assoziiert wird. Diese schleichende Degeneration ist teilweise altersbedingt, beruht aber maßgeblich auf Bewegungsmangel und begünstigt über die Jahre den Zustand einer sogenannten Multimorbidität, also das Auftreten vielfältiger Symptome am Bewegungsapparat und an anderen Organsystemen gleichzeitig.

Auch unser Immunsystem altert. Seine abnehmende Fähigkeit, adäquat auf Krankheitserreger wie Viren, Bakterien, Parasiten, Pilze etc. zu reagieren sowie ausreichend Antikörper nach einer Impfung zu entwickeln, wird im Fachjargon als Immunoseneszenz bezeichnet. Herabgesetzt sind hierbei hauptsächlich die Anzahl und die Funktion der T-Lymphozyten. Eine aktuelle Übersichtsarbeit unterstreicht die Relevanz von körperlicher Aktivität als effektive Strategie, die Immunoseneszenz in Teilen wieder umzukehren und damit nicht nur das Infektionsrisiko zu senken, sondern auch den Impfschutz zu verbessern. Auch wenn eine Verjüngung des Immunsystems und damit seiner Funktion zumindest teilweise möglich erscheint, ist die Erforschung des präventivmedizinischen Einflusses lebenslanger Bewegung auf die Alterung des Immunsystems ein aktueller Schwerpunkt in der Sportimmunologie.

#### ERNÄHRUNG UND ÜBERTRAINING

In den vergangenen Jahren erschienen detaillierte wissenschaftliche Übersichtsarbeiten, die den Aspekt einer nährstoffreichen und sportartspezifischen Ernährung in den Mittelpunkt stellten. Dabei geht es u. a. um den unterstützenden Effekt einiger ausgewählter Nahrungsinhaltsstoffe (Mineralstoffe, einzelne Amino- bzw. Fettsäuren, Zusammensetzung der Makronährstoffe) auf die Immunfunktion. Die Fachdisziplin Immunonutrition existiert bereits seit Ende der 1940er Jahre, findet aber erst seit Kurzem wieder mehr Beachtung im wettkampforientierten Sport. Das hat vor allem den Hintergrund, dass Leistungssport-

#### DIE INTENSITÄT MACHT'S?

Viele Studienergebnisse heben die positiven Effekte hoher Trainingsintensität auf unser Immunsystem hervor. HIIT z. B. wird von diversen klinischen Gruppen nicht nur gut vertragen, sondern scheint auch das Immunsystem stärker zu beeinflussen als Ausdauertraining. So konnte an Menschen mit Multipler Sklerose gezeigt werden, dass HIIT ein Protein im Blutserum senkt, das den Übertritt von aktivierten Immunzellen aus dem Blut in das zentrale Nervensystem fördert und dort die MS-typischen Entzündungen begünstigt.

## KERNBOTSCHAFTEN

- Die Dosis macht das Gift: Unser Immunsystem lässt sich über abwechslungsreiche Trainingsprogramme (Ausdauer, Koordination, HIIT) ebenso stimulieren wie alle anderen Körpersysteme. Welche Dosis Bewegung bzw. Training gesund ist und welche in eine katabole Situation bzw. ins Übertraining führt, lässt sich pauschal nicht beantworten und ist Gegenstand aktueller Studien.
- Die Immunoseneszenz lässt sich durch die tägliche Dosis Körperbewegung positiv beeinflussen. Mit anderen Worten: Die Alterung des Immunsystems kann durch ein adäquates Fitnessprogramm gebremst werden, wodurch Infektionen im Alter – in Verbindung mit immunogen wirksamen Mikronährstoffen – milder ablaufen.
- Die Forschung offenbart immer deutlicher, dass die Belastungsintensität ein entscheidender Faktor ist, um das Immunsystem zu stimulieren. Das bedeutet, dass medizinische Fitnessprogramme Intervallprinzipien beinhalten sollten, die sich am Fitnesslevel des Kunden bzw. Patienten orientieren müssen. Wir wissen, dass hochintensives Training ohne adäquate Regeneration zu lokalen und systemischen Entzündungen führen kann, die der Nährboden für Übertrainingszustände sind. Konsequenz: CrossFitter, Bodybuilder, Kraftsportler etc. sollten nicht auf Low-Impact-Ausdauertraining verzichten.
- Die psychophysische Regeneration von hohem Trainingsumfang und/oder hohen Intensitäten, die Auskurierung lokaler Entzündungen in den trainingsbelasteten Geweben wie Muskulatur, Knochen etc., die Aufrechterhaltung der zur Abwehr von Viren, Bakterien und Umwelttoxinen wichtigen Schleimhäute im Darm und den Atemwegen – für all das benötigt der Körper Mikronährstoffe. Die wichtigsten sind Omega-3-Fettsäuren, Vitamine C und D, die Aminosäuren Glutamin und Arginin, Colostrum sowie Pro- und Präbiotika.

ler vielen Stressoren ausgesetzt sind, die die Immunfunktion beeinträchtigen bzw. stark belasten können (verminderte Schlafqualität/-quantität, Langstreckenflüge mit Verschiebung des Biorhythmus, hohe Trainingslast und -frequenz bei oft nicht ausreichender Regeneration, Nähe zu infektiösen Zuschauern etc.).

### KLARE EVIDENZ FEHLT

Die Studienzahl wächst rapide, doch für viele Mikro- und Makronährstoffe fehlt aktuell noch die klare Evidenz. Vor Kurzem konnten Wissenschaftler demonstrieren, dass z. B. Polyphenole (sekundäre Pflanzenstoffe) nach einer akuten hochintensiven Belastung positiv auf das Immunsystem einwirken. In einer weiteren Untersuchung wurden insgesamt 60 Proteine identifiziert, deren Konzentration im Blut nach wiederholtem intensivem Training stark ansteigt. Nach zwei Ruhetagen waren 13 Proteine immer noch erhöht. Die Mehrheit dieser Proteine besitzen immunologische Eigenschaften. Bis geeignete Biomarker zur Identifizierung eines Übertrainingszustands zur Verfügung stehen, ist es aber noch ein langer Weg, der Validierungen und Studien an vielen Athleten bedarf.

Erste Beobachtungsstudien weisen darauf hin, dass immunologische Prozesse maßgeblich am Übertrainingszustand beteiligt sind.

### AUSBLICK

Das Wissen um den Einfluss von Bewegung bzw. Training auf das Immunsystem ist in den letzten beiden Jahrzehnten exponentiell gewachsen und

hat viele Arbeitsgruppen mit unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten hervorgebracht. Die stetige Verbesserung der o. g. Technologien lässt hoffen, dass die sportimmunologischen Effekte im Menschen in absehbarer Zeit noch genauer verstanden werden, um praxisrelevante Konsequenzen davon abzuleiten. Dieser Erkenntnisgewinn wäre nicht nur für leistungssteigernde Effekte wertvoll, sondern auch für die Prävention und insbesondere für die Rehabilitation chronischer Erkrankungen im Sinne eines immunologisch wirksamen medizinischen Fitness- und Gesundheitstrainings. ■



**DR. RER. NAT.  
JENS FREESE**

Der Autor ist Chefausbilder der Deutschen Trainer Akademie sowie Leiter des Dr. FREESE INSTITUTE für Sport- und Ernährungsimmunologie.  
[www.dr-freese.com](http://www.dr-freese.com)



**SEBASTIAN  
PROSCHINGER**

Doktorand der Abteilung Molekulare und Zelluläre Sportmedizin im Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin der Deutschen Sporthochschule Köln.

# Fitness fürs Immunsystem

## Teil 1: Grundlagen

Die aktuelle Coronavirus-Pandemie sorgt dafür, dass sich viele Menschen schutzlos einem unsichtbaren Feind ausgeliefert fühlen. Dr. Jens Freese zeigt im ersten Teil seiner zweiteiligen Serie, warum die Annahme, dass wir Viren schutzlos ausgeliefert seien, falsch ist. ➔

Im Laufe der Menschwerdung (Hominisation) hat der Mensch ein über viele Millionen Jahre ausgeklügeltes Schutzsystem entwickelt, das seit jeher auf die Abwehr von Infektionen durch Bakterien, Pilzen, Giftstoffe und eben auch durch Viren programmiert ist. Dieses urzeitliche Immunsystem ist keine starre Ritterrüstung – es lernt permanent dazu. Deshalb entwickeln auch COVID-19-Patienten nach 5 bis 7 Tagen spezifische Antikörper gegen dieses neue Virus. Bei einer Zweitinfektion können diese Immunglobuline gegen das spezifische Antigen (in diesem Fall das SARS-CoV-2-Virus) dann eine perfekt abgestimmte Immun- und Abwehrreaktion einleiten.

### FEINKOORDINATION ERFORDERLICH

Man kann es mit einem Orchester vergleichen, dass ein neues Stück einstudiert. Am Anfang weiß der Geiger nicht, wann die Bläser einsetzen. Erst der Dirigent sorgt dafür, dass unterschiedliche Musiker (Immunzellen) mit verschiedenen Instrumenten (Immunglobulinen und anderen Abwehrstoffen) zu einer Melodie (Abwehrreaktion) zusammenfinden. Das Problem: Bei der Erstinfektion mit einem neuen Erreger findet diese Feinkoordination noch nicht statt, weshalb es leicht zu einer Überreaktion des Immunsystems kommen kann. Dieses als Zytokinsturm bekannte Phänomen kann eine massive Entzündungsreaktion (im Falle von COVID-19 eine Lungentzündung) auslösen. Die Statistiken der aktuellen Pandemie zeigen ein Phänomen schonungslos auf: Der größte Risikofaktor für einen schweren Verlauf der Infektionserkrankung sind oftmals lifestylebedingte Vorerkrankungen wie Diabetes Typ 2 und Bluthochdruck. Die weltweiten Zahlen verdeutlichen, dass es vielen Menschen an der nötigen Fitness und essenziellen Nährstoffen für ein optimal funktionierendes Immunsystem mangelt.

### KONTROLLFUNKTION IM HINTERGRUND

Ein „fittes“ Immunsystem ist ein Abwehrsystem, das ruhig im Hintergrund seine Kontrollfunktion wahrnimmt, im Infektionsfall aber seine volle Kapazität entfaltet, um den Erreger schnellstmöglich zu eliminieren. Im Zuge der aktuellen Pandemie erfährt die Serie von damals hier ein zweiteiliges „Update“. In diesem ersten Teil gehe ich zunächst auf die Grundfunktionen des Immunsystems ein. Im zweiten Teil geht es um den Einfluss von Training und Stress auf das Immunsystem. Seit 2006 ist viel Zeit vergangen, in der die Sportwissenschaft wertvolle Erkenntnisse über verschiedene Belastungsformen auf unser Immunsystem gewinnen konnte. Vorweggenommen: Nicht nur Vitamin C ist ein essenzieller Nährstoff, den wir täglich zuführen müssen. Auch Bewegung sollten wir endlich als

lebensnotwendig begreifen – für den Menschen im Allgemeinen und für das Immunsystem im Besonderen. Ohne die richtige Tagesdosis Sport werden die Waffen unseres Immunsystems stumpf. Dazu mehr im zweiten Teil!

### STRUKTUR DES IMMUNSYSTEMS

Unser Immunsystem ist ein komplexes System zur Abwehr fremder Substanzen (Antigene) und zur Vernichtung fehlerhafter Zellen, um Gefahren vom Körper abzuwenden. Solange wir dieses System, das in ständigem Austausch mit dem Hormon- und Nervensystem steht, nicht durch psychische Stressfaktoren, Fehlernährung und Bewegungsdefizite bzw. auch Übertraining dauerhaft schwächen, können wir darauf vertrauen, dass unser Abwehrsystem mit Bakterien, Viren, Pilzen, Giften oder Tumorzellen fertig wird. Um genauer zu verstehen, wie uns das Immunsystem vor Schäden aus der Umwelt schützt, wie Bewegung und Stress positiv oder negativ eingreifen, müssen wir zuerst einen kleinen Exkurs in die Immunologie unternehmen.

### ERWORBENES IMMUNSYSTEM

Neben einem angeborenem Immunsystem, das die unspezifische Abwehr gegen Fremdkörper bildet, existiert ein erworbenes Immunsystem (auch adaptives Immunsystem genannt), das spezifische Abwehrmechanismen zur Verfügung stellt. Um z. B. entartete Zellen (Krebszellen) zu eliminieren, muss der Körper die Fähigkeit besitzen, zwischen Selbst und Nicht-Selbst zu unterscheiden. Auf diese Weise werden Krankheitserreger und Tumorzellen als fremd erkannt und körperfremdes Gewebe wird vom Immunsystem angegriffen. Nach einer Identifizierung bekämpfen bestimmte Mechanismen die schädlichen Strukturen. Hierfür steht uns ein höchst effizientes System zur Verfügung, an dem mehrere Zellarten und chemische Moleküle beteiligt sind.

### ANGEBORENES IMMUNSYSTEM

Das angeborene Immunsystem bekämpft Infektionserreger, ohne dass der Organismus vorher mit dem Erreger Kontakt hatte. Circa 90 Prozent aller Infektionen werden durch das angeborene Immunsystem erkannt. Die Aufgaben des angeborenen Immunsystems nehmen verschiedene Zellen wahr. Hierzu gehören neutrophile Granulozyten, Monozyten/ Makrophagen und dendritische Zellen.

Neutrophile Granulozyten, aktiviert durch Botenstoffe (Zytokine), wandern aus den Blutgefäßen in das betroffene Gewebe ein. Dort vernichten sie Krankheitserreger durch Phagozytose. Makrophagen (Fresszellen) halten sich im Gewebe auf. Sie erkennen und fressen (phagozytieren) in das Gewebe eingedrungene Erreger. Darüber hinaus spielen Ma-

krophagen bei der Beseitigung schädlicher Abfallprodukte eine entscheidende Rolle, wie z. B. in der akuten Entzündungsphase einer Sportverletzung. Natürliche Killerzellen (NK-Zellen) können im Gegensatz zu T-Zellen ohne vorherige Aktivierung unmittelbar reagieren.

### DARM ALS ABWEHRLINIE

Mechanische Barrieren sorgen dafür, dass die Fremdstoffe erst gar nicht in den Körper eindringen oder ihn möglichst schnell wieder verlassen. Die Gesamtheit aller Barrieren (siehe nächste Seite) wird als die „First line of defense“ bezeichnet. Um unser Immunsystem zu stärken, sollten wir unbedingt auf einen funktionsfähigen Darm achten, denn 80 Prozent der ersten Abwehrlinie befinden sich im Darm!

### DAS ERWORBENE IMMUNSYSTEM

Über das angeborene Immunsystem hinaus besitzt die Abwehr höher entwickelter Organismen ein anpassungs- und erinnerungsfähiges Teilsystem, das vor allem gegen Viren hocheffektiv ist. Die T- und die B-Zellen gehören zu den Lymphozyten, einer Untergruppe der Leukozyten (weiße Blutkörperchen). Beide Zelltypen entwickeln sich im Knochenmark.

Das adaptive Immunsystem zeichnet sich durch die Anpassungsfähigkeit seiner Waffen gegenüber dem Angreifer aus. Im Rahmen dieser Anpassung sind die Zellen des adaptiven Immunsystems (T- und B-Zellen) in der Lage, spezifische Strukturen der Angreifer zu erkennen und gezielt zelluläre Abwehrmechanismen und molekulare Antikörper zu bilden. Nach der Infektion bleiben diese spezifischen Antikörper und die sog. Gedächtniszellen erhalten, um künftig den gleichen Angreifer mit kürzerer Reaktionszeit unschädlich zu machen. Damit das adaptive Immunsystem vom Angreifer überhaupt Kenntnis erlangt, bedient es sich Antigen-präsentierender Zellen. Hierzu zählen z. B. Makrophagen oder dendritische Zellen. Diese Zelltypen gehören zum angeborenen Immunsystem. Sie sind in der Lage, auf ihrer Oberfläche Muster der Erreger darzustellen. Damit besteht eine Verbindung zwischen dem angeborenen und dem adaptiven Immunsystem.

T-Zellen verfügen über mehrere Rezeptoren, um das Andocken an passende Gegenmoleküle (Antigene) zu ermöglichen. Neben dem T-Zell-Rezeptor, mit dem ein spezielles Antigen erkannt wird (Schlüssel-Schloss-Prinzip), ist noch ein Oberflächenmarker entscheidend, der sie als T-Helferzelle (CD4) bzw. als T-Killerzelle (CD8) klassifiziert.

T-Helferzellen können über ihren spezifischen T-Zell-Rezeptor nur an körperfremde Strukturen andocken, die durch B-Zellen, dendritische Zellen oder Makrophagen verschlungen wurden.

## AUFBAU DES IMMUNSYSTEMS

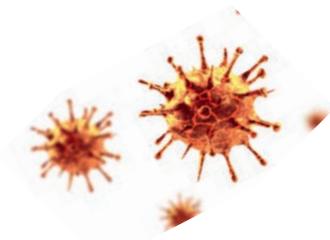
Zum Immunsystem werden folgende Organe oder Gewebeverbände gezählt:

- **Das Knochenmark** ist nach dem 3. Lebensmonat der einzige Produzent der Abwehrzellen (Lymphozyten). Bis zu diesem Zeitpunkt findet die Blutbildung auch in der Leber und im Thymus statt.
- **Zum Lymphsystem** gehören vor allem Lymphknoten und Lymphbahnen, die die Lymphknoten untereinander verbinden. Die meisten Abwehrzellen zirkulieren zwischen dem Blutkreislauf und dem Lymphsystem.
- **Die Milz** gehört beim Erwachsenen zu den sekundären Immunorganen. In ihr werden alte und fehlerhafte Blutzellen abgebaut.
- **Gaumen- und Rachenmandeln** gehören zu den lymphatischen Geweben. Ihre Funktion ist vor allem die Abwehr von Krankheitserregern, die über Mund und Nase aufgenommen werden.
- **Der Thymus** (Bries) spielt bei Säuglingen und Kleinkindern eine wichtige Rolle in der Reifung der T-Lymphozyten. Mit zunehmendem Lebensalter verkümmert der Thymus. Bei Erwachsenen enthält er nur noch Reste von Lymphgewebe.
- **Sesshafte Immunzellen** kommen in jedem Organ vor. Hierzu gehören z. B. die „Kupfferschen Sternzellen“ der Leber.
- **Das Schleimhaut-assoziierte Lymphgewebe** (MALT) ist eine Ansammlung von Lymphgeweben im Bereich des Dünndarms, wo sich der Körper täglich schädlichen Fremdstoffen widersetzt.
- **Das Blut** mit seinen Abwehrzellen (Leukozyten, Granulozyten), Antikörpern und dem Komplementsystem zählt insgesamt zu den Organen des Immunsystems.

T-Killerzellen dienen dazu, fremde Peptide an der Oberfläche von eigenen Körperzellen aufzuspüren, die entweder auf zuvor eingedrungene Viren oder aber auch auf krebsartige Veränderungen hindeuten. Läuft die Erkennung positiv, vermehren sich die T-Zellen, schütten zytotoxische Substanzen aus und töten die veränderte Zelle mittels Apoptose (programmierter Zelltod) ab.

B-Zellen beginnen sich zu teilen und Antikörper zu produzieren. Während einer Erstinfektion dauert es rund fünf Tage, bis sich aus B-Zellen Antikörper produ-





## FIRST LINES OF DEFENSE:

### Haut:

äußere Schicht als Barriere; Hauttalg, Schweiß und Normalflora als Wachstumsbremsen für körperfremde Mikroorganismen

### Schleimhaut:

Bindefunktion des Schleims

### Nase:

Abfangfunktion des Nasenschleims; Abtransportfunktion der Flimmerhärchen

### Augen:

Abtransportfunktion der Tränen

### Atemwege:

Bindefunktion des Schleims; Abtransportfunktion der Flimmerhärchen

### Mundhöhle:

Antimikrobielle Speichelenzyme bekämpfen Mikroorganismen

### Magen:

Salzsäure des Magens und Eiweiß abbauende Enzyme zerstören Bakterien und Mikroorganismen

### Darm:

Infektabwehr durch lymphatisches Gewebe und physiologische bakterielle Besiedelung; Abtransportfunktion durch Entleerung (Stuhlgang)

### Harntrakt:

Abtransportfunktion durch Harnausspülung

zierende Plasmazellen entwickeln. Diese sind in der Lage, Antigene zu erkennen und zu markieren. Einige der B-Zellen werden zu Gedächtniszellen, um im Falle einer neuerlichen Infektion schnell mit der Produktion des passenden Antikörpers reagieren zu können. Zur Abwehr eingedrungener Bakterien, Viren oder anderer Fremdstoffe produzieren die B-Lymphozyten maßgeschneiderte Antikörper, die bestimmte Proteine (Antigene) an der Oberfläche der Fremdstoffe erkennen und sich an diese anheften. Je nach Art der Antikörper ist der Eindringling durch diese Anheftung entweder direkt blockiert oder die angedockten Antikörper wirken als Signal, das beispielsweise Fresszellen anlockt.

## STÄRKUNG UND SCHWÄCHUNG DES IMMUNSYSTEMS

Im Immunsystem können sich, wie in allen biologischen Systemen, Fehler einschleichen wie beispielsweise folgende:

Das Immunsystem kann die Toleranz verlieren, auf Fremdstoffe angemessen zu reagieren. Dabei kommt es zu Überreaktionen wie Allergien.

Werden nicht alle Autoantikörper produzierenden T-Lymphozyten bei der Reifung im Thymus aussortiert, können diese später unter bestimmten Bedingungen auf den eigenen Körper ansprechen und damit eine Autoimmunreaktion auslösen. Die Folge: Polyarthrit (Gelenke), Hashimoto-Thyreoiditis (Schilddrüse), Psoriasis (Haut), Morbus Crohn (Darm) etc.

Haben sich Viren in z. B. eine Lipidschicht eingehüllt, die der Körper nicht als fremd erkennt, so sind sie nicht eliminierbar. Einem solchen Nichterkennungsmechanismus liegt auch die Krebsentstehung zugrunde.

## KRANKHEITSERREGER ERKENNEN

Ein gesundes Immunsystem hilft uns, auf der einen Seite Krankheitserreger zu erkennen und zu bekämpfen, auf der anderen Seite Viren in Schach zu halten, die sich an den

Menschen angepasst haben (wie z. B. das Eppstein-Bar-Virus), um damit einen Krankheitsausbruch zu verhindern bzw. Symptome in physiologischen Grenzen zu halten. Sämtliche Lebensbeeinflüsse, wie die tägliche Ernährung inklusive aller essenzieller Nährstoffe, wie vor allem Eisen, Zink und Selen, Vitamine, Schlafhygiene, Stressbalance, Bewegung, Hitze- und Kältestress, können unser Immunsystem fit halten, um den unausweichlichen Infektionserregern die Stirn zu bieten. Auch Sonnenlicht stärkt das Immunsystem. Bestimmte Immunzellen besitzen auf ihrer Oberfläche einen sogenannten Toll-like-Rezeptor (TLR). Dieser Rezeptor wird bei einer viralen oder bakteriellen Infektion durch Bestandteile dieser Erreger aktiviert und veranlasst die Immunzelle, eine Vorstufe von Vitamin D (25-hydroxyvitamin D) zu produzieren. Parallel dazu bildet die gleiche Zelle einen weiteren Rezeptortyp aus, der auf die Erkennung von Vitamin D spezialisiert ist. Sobald Vitamin D an den neuen Rezeptor bindet, regt er die Immunzelle an, das antibakteriell wirkende Cathelicidin zu bilden. Sonnenlicht wird benötigt, damit Immunzellen die Vorstufe des Vitamins D in das aktive Vitamin D umwandeln. Aus diesem Grunde war z. B. vor mehr als hundert Jahren das tägliche Sonnenbad fester Bestandteil der Tuberkulosetherapie.

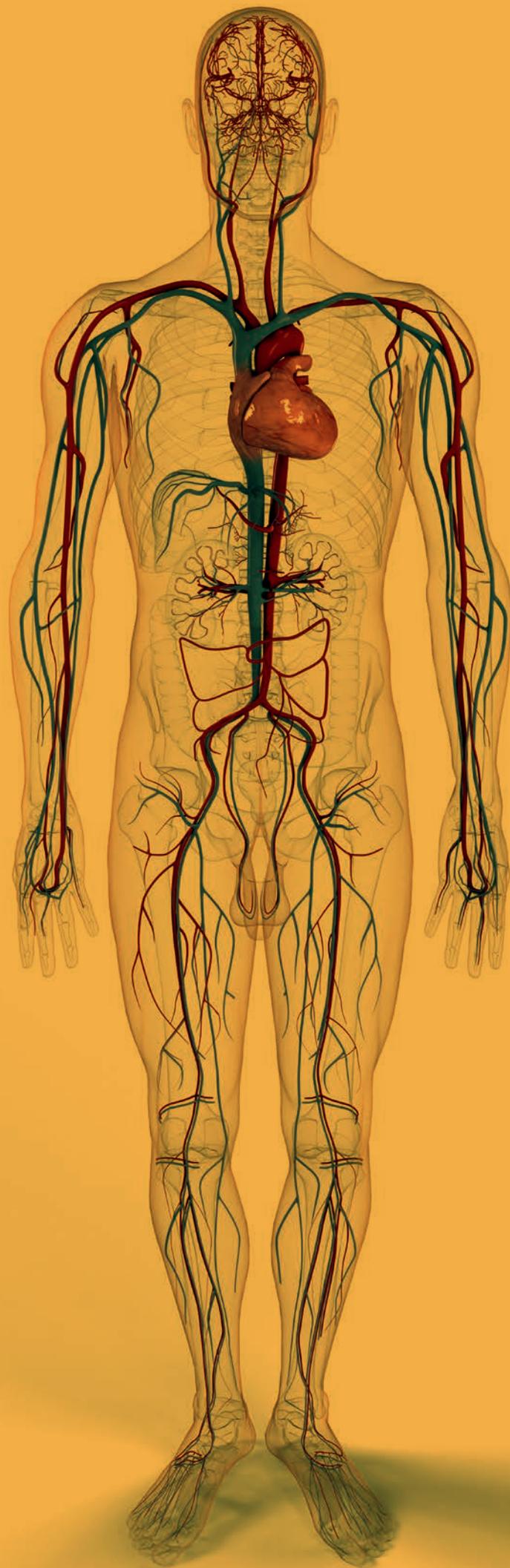
In der nächsten Folge geht es um den Einfluss von Sport und Bewegung auf das Immunsystem. ■



**DR. RER. NAT. JENS FREESE**

Der Autor ist Chefausbilder der Deutschen Trainer Akademie sowie Leiter des Dr. Freese Institute for Sports & Nutritional Immunology.

[www.dr-freese.com](http://www.dr-freese.com)



# Keep in balance

## Der Einfluss von Ernährung auf unseren Hormonhaushalt

Hormone prägen unser Leben seit dem Embryonalstadium. Sie sind für nahezu jeden Lebensprozess unerlässlich. Außerdem regulieren Hormone den Stoffwechsel und bestimmen mentale Prozesse wie Emotionen und Motivationen. Dr. Jens Freese erklärt, wie sich die eigene Hormonbalance verbessern lässt.

**M**ittlerweile sind mehr als 80 Hormone im Menschen identifiziert, die alle eine ganz eigene Rolle spielen. Denn jedes Hormon wirkt wie ein chemischer Botenstoff auf eine bestimmte Zielzelle, die eine spezifische Aufgabe im Konzert der 100 Billionen Körperzellen erfüllt. Das Hormon Adrenalin beispielsweise lässt unser Herz schneller schlagen. Gastrin sorgt dafür, dass die Magenwand bei Nahrungsaufnahme reflektorisch Magensäure produziert. Leptin (erst 1994 entdeckt) wird von Fettzellen ausgeschüttet, um das Gehirn über ihren Füllungsstatus zu informieren.

Einige Hormone sind dazu bestimmt, die Freisetzung anderer Hormone zu stimulieren. Andere üben Effekte auf den gesamten Körper aus oder wirken nur auf lokale Gewebereiche. Hormone werden durch ein komplexes Rückkopplungssystem im Gleichgewicht gehalten (Homöostase), denn eine 24-stündige Ausschüttung von Cortisol würde in kurzer Zeit zum Burnout führen. Endokrine Hormone werden in den Blutkreislauf abgegeben (Hypophyse, Nebenniere, Schilddrüse, Eierstock, Hoden, Pankreas etc.), während exokrine Hormone in ein Lumen, wie z. B. in Speichel oder Magen, sezerniert werden. Zusammengefasst: Jeder mehrzellige Organismus, ob Mensch, Tier oder Pflanze, ist ohne Hormone nicht lebensfähig!

### DIE WIRKUNG VON STRESS AUF UNSER HORMONSYSTEM

Das Wort Hormon leitet sich aus dem Altgriechischen ab und heißt so viel wie erregen. In Erregungszustand gebracht werden Hormone durch Drüsen. Ein bekannter Vertreter ist die Schilddrüse, vielen Männern und vor allem Frauen in Form von Über- oder Unterfunktionen leidvoll bekannt. Die Schilddrüse ist jedoch kein isoliertes Organ. Sie wird als Teil einer Achse wiederum von einer anderen Drüse gesteuert, die eine Etage höher im Gehirn liegt. Diese Hypophyse (Hirnanhangdrüse)

ist der Dirigent zwischen Gehirn und Körper, denn über diese erbsengroße Drüse im Gehirn wird eine Vielzahl unterschiedlicher Hormone ausgeschüttet, die Organe wie die Schilddrüse, die Nebenniere oder die Geschlechtsorgane steuern.

Informationen erhält die Hypophyse wiederum von Hormonen aus dem Hypothalamus, der seinerseits durch unsere Sinnesorgane aktiviert wird. Unsere Sinne scannen nämlich ständig unsere Umwelt auf mögliche Gefahrenquellen und leiten diese Impulse an die Hypophyse weiter, um den Organismus (wenn notwendig) in Alarmbereitschaft zu versetzen. Das nennen wir „Stress“. Für diesen Zweck wird die Nebenniere sowohl hormonell als auch über das sympathische Nervensystem (die sogenannte HPA-Achse) aktiviert, um die Stresshormone Adrenalin (Muskulatur), Noradrenalin (Psyche) und Cortisol (Energie) zu produzieren. Folglich sind diverse Hormone dafür verantwortlich, dass eine akute Stressreaktion entsteht.

### WARUM CHRONISCHER STRESS DICK MACHT

Was hat das nun mit Ernährung zu tun? Eine Menge, denn eine akute Stressreaktion stimuliert zunächst den Bewegungsapparat, damit Mensch und Tier aus einer gefährlichen Situation durch Flucht oder Kampf wieder herauskommen. Am Ende einer akuten Stressreaktion stimuliert Cortisol das Hungergefühl, damit geleerte Energiespeicher (vor allem in den Muskeln und der Leber) wieder aufgefüllt werden. Dieser Mechanismus war in der Steinzeit sinnvoll, als es überlebenswichtig war, sich über die Aktivierung des Bewegungsapparates schnell in Sicherheit zu bringen. Heutzutage leiden Menschen nicht nur unter chronisch-latentem Stress, sondern auch unter massivem Bewegungsmangel. Zudem ist Energie in Form zuckerreicher (hochglykämischer) Nahrungsmittel zu jeder Tag- und Nachtzeit verfügbar.



Fermentierte Lebensmittel wie Sauerkraut oder Kimchi wirken positiv auf die Hormonbalance

Chronischer Stress aktiviert das sympathische Nervensystem dauerhaft, wodurch Nervenzellen bevorzugt Glukose verstoffwechseln. Entsprechend fällt der Blutzuckerspiegel häufiger und steiler ab, was bei gestressten Menschen (wie auch während hochintensiven Trainingsbelastungen) kurzzeitige Unterzuckerungssymptome wie Schwindel, Nervosität, Unkonzentriertheit und Gereiztheit auslösen kann. Die logische Konsequenz: häufiger Konsum leicht resorbierbarer, energiereicher Nahrungsmittel. Denn zuckerreiche Produkte heben nicht nur die Blutglukose an, sondern sie unterdrücken auch das quälende Hungergefühl, wodurch die Stressachse kurzzeitig zur Ruhe kommt. Kein Wunder also, dass der moderne Büromensch

## „Chronischer Stress aktiviert das sympathische Nervensystem bei Menschen dauerhaft“

zwischen Termindruck, Perfektionismus, Reizüberflutung, Konflikten und Bewegungsmangel pausenlos Energie für sein gestresstes Gehirn aufnehmen muss – ein Zustand, den die Industrie mit Convenience Food, To-go-Nahrungsmitteln und Süßigkeiten bedient. Auf diese Weise wird chronischer Stress zwar kurzfristig ertragbar, allerdings mit dem Nachteil, dass inzwischen 53 Prozent der Erwachsenen in Deutschland übergewichtig sind (62 Prozent Männer, 43 Prozent Frauen) und bereits 15 Prozent der Teenager bis 17 Jahre zu viele Kilos auf die Waage bringen.

### INSULINRESISTENZ UND GESCHLECHTSHORMONE

Kraftsportler wissen, dass nicht nur raffinierte Kohlenhydrate wie Traubenzucker oder der weiße

Haushaltszucker (Saccharose), sondern auch bestimmte Aminosäuren, wie die essenziellen verzweigt-kettigen Aminosäuren (Branched-Chain Amino Acids), die Freisetzung des Masthormons Insulin stimulieren. Das ist im Muskelaufbautraining natürlich gewollt, denn Insulin dockt an Zellmembranen z.B. der Muskulatur an und versorgt die geschädigten Muskelzellen mit Energie und wichtigen Baustoffen für die Proteinbiosynthese. Bei inaktiven Menschen hingegen entsteht im Laufe der Zeit vor allem in der Muskulatur und der Leber eine Insulinresistenz, d.h., Insulin verliert seine Wirkung an der Zellmembran. Der Rezeptor wird unempfindlich und das Signal kann nicht mehr ausreichend in die Zelle übermittelt werden. Zwangsläufig entsteht ein Stau von Energie und Baustoffen vor der Zelle, was u. a. den Blutzuckerspiegel ansteigen lässt.

Da hohe Blutzuckerspiegel für das Gefäßsystem auf Dauer gefährlich sind (Stichwort Arteriosklerose), entsorgt die Leber die überschüssige Energie. Die Folge: Das Bauchfett wächst, die Leber selbst verfettet und die resistenten Körperzellen lechzen nach mehr Energie. Dieser Mechanismus führt neben den schon erwähnten Symptomen paradoxerweise zu Müdigkeit, Antriebslosigkeit und Motivationsverlust, obwohl ausreichend Energie in den Blutbahnen und Speicherorganen (Leber, Fettgewebe und Muskulatur) vorhanden wäre.

Über kurz oder lang werden auch andere Gewebe insulinresistent, wie z.B. die Eierstöcke (Ovarien) der Frau. Dadurch können die Östrogenspiegel aus dem Lot kommen und freies Testosteron steigt an, was im weiblichen Organismus zu Zyklusstörungen und Wechseljahresbeschwerden führen, aber auch die Fruchtbarkeit einschränken, Hirsutismus (männliche Behaarung, Haarausfall, Akne) fördern und zum polyzystischen Ovarialsyndrom (PCOS) maßgeblich beitragen kann. Bei Männern führt eine muskuläre Insulinresistenz zu einem schleichenden Testoste-

Foto: Natasha Breen - stock.adobe.com

ronmangel, was sich in Gewichtszunahme, Brustvergrößerung, vermindertem Sexualtrieb, erektiler Dysfunktion, Problemen beim Wasserlassen, Konzentrations- und Gedächtnisstörungen bis hin zu Depressionen widerspiegelt.

## BAUSTEINE EINER INTAKTEN HORMON-BALANCE

Wie man an diesen wenigen Beispielen erkennt, hat die Kombination aus Psychostress, Fehlernährung und Bewegungsmangel, die im modernen Leben immer stärker dominiert, primär Einfluss auf den Insulinstoffwechsel, während sich die schleichend entwickelnde Insulinresistenz dann im zweiten Schritt negativ auf z.B. die Geschlechtshormonbalance auswirkt. Eine gesunde Ernährung, reich an frischem Bio-Gemüse, dunkelgrünem Blattgemüse, fermentierten Lebensmitteln, artgerecht produziertem Fleisch und unbelasteten Meeresfrüchten, ist ein wesentlicher Baustein, die Hormonbalance zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Allerdings neigen Experten dazu, isoliert in Fachbereichen zu denken. Der Mensch ist aber nicht die Summe von Teilbereichen, sondern ein Netzwerk aus unzähligen Zahnrädern zwischen Nerven-, Hormon- und Immunsystem, die optimal aufeinander abgestimmt sein müssen. So ist zum Beispiel ein Testosteronmangel ohne Stress- und Fettabbau bei gleichzeitigem Muskelaufbau kaum regenerierbar, denn Fettgewebe selbst produziert Östrogene, die beim Mann das Herz-Kreislauf- und sogar das Brustkrebsrisiko erhöhen. Bei Frauen trägt hohes Körperfett infolge der beschriebenen Insulinresistenz neben der Erhöhung von freiem Testosteron zu einer Östrogendominanz bei. Diese Überproduktion bzw. das Missverhältnis zwischen Östrogenen und Progesteron kann durch Eierstockzysten oder die Exposition von Pestiziden und anderen Giftstoffen noch verstärkt werden.

## HORMONE IM ÜBERBLICK

Nachfolgend eine kleine Auswahl bedeutsamer Hormone im menschlichen Körper mit Fokus auf die Produktionsart und die primäre Funktion des Hormons:

### ÖSTROGENE

- Produktionsort: Eierstöcke, Plazenta, Brüste, Leber, Nebennieren und andere
- Primäre Funktionen: Weibliche sexuelle Entwicklung, Menstruation, Schwangerschaft, Gedächtnis und Anti-Aging

### TESTOSTERON

- Produktionsort: Hoden und Eierstöcke
- Primäre Funktionen: Männliche sexuelle Entwicklung, Sexualtrieb, Spermienproduktion sowie Muskel- und Knochenmasse

### DHEA (DEHYDROEPIANDROSTERON)

- Produktionsort: Nebennieren und Gehirn
- Primäre Funktionen: Schlanke Körpermasse, Knochenstärke, Immunität, Herzgesundheit und Widerstandsfähigkeit gegen Stress

### CORTISOL

- Produktionsort: Nebennieren
- Primäre Funktionen: Resistenz gegen Stress, Energieproduktion, Entzündungshemmer und Stimmungsstabilität

### MELATONIN

- Produktionsort: Zirbeldrüse
- Primäre Funktionen: Schlaf, unterstützt die Gehirngesundheit, die Herzgesundheit, das Immunsystem und die Krebsvorsorge

## WAS MAN FÜR DIE EIGENE HORMON-BALANCE TUN KANN

Um die eigene Hormonbalance aufrechtzuerhalten, gibt es einige wertvolle Ratschläge: Das Meiden von Industriezucker ist ein wichtiger Faktor, denn Insulinspitzen sabotieren die Produktion von Testosteron. Auch die Reduktion von viszeralem Fett ist vorteilhaft, da Bauchfett Östrogene produziert und die Östrogenspiegel bei Frauen und Männern erhöht. Chronischer Stress kann zu einer Hypercortisolämie führen und die Geschlechtshormonbalance bei Männern wie bei Frauen aus dem Gleichgewicht bringen. Somit ist es von hoher Bedeutung, chronischen Stress abzubauen. Die Erhöhung der Zink- und Magnesiumaufnahme ist sinnvoll, da Zink einer der Nährstoffe ist, der für die Testosteronproduktion benötigt wird. Magnesium dämpft chronischen Stress durch Erhöhung der Parasympathikusaktivität. Phthalate, Bisphenol-A, Insektizide, Fungizide, unfermentierte Sojaprodukte, Fluorid und Schwermetalle beeinträchtigen die Testosteronproduktion und verstärken die Östrogenwirkung. Daher ist es ratsam, hormonähnliche Chemikalien zu meiden.

Eine Ernährung mit wenig Fettzufuhr verringert die Testosteronsynthese, denn ohne Cholesterin kann der Körper kein Testosteron produzieren. Sekundäre Pflanzenstoffe, wie Resveratrol (Beerenfrüchte) und Gelbwurz (Kurkuma), wirken entzündlich und damit der entzündungsfördernden Wirkung hoher Östrogenspiegel entgegen. Auch fermentierte Lebensmittel haben einen positiven Einfluss auf die Hormonbalance, denn Sauerkraut und Kimchi wirken positiv auf den Verdauungsapparat. ■



**Dr. rer. nat.  
Jens Freese**

Der Autor ist Chefausbilder der Deutschen Trainer Akademie sowie Leiter des Dr. Freese Institute for Sports & Nutritional Immunology.

[www.dr-freese.com](http://www.dr-freese.com)



# Macht **Milch** müde Männer **munter**?

## Der umstrittene Proteinlieferant

Molkeprotein, Caseinpulver, BCAAs, Mehrkomponenteneiweiß – milchbasierte Nahrungsergänzung aus der Dose darf bei vielen Sportlern nach einem Krafttraining nicht fehlen. Doch was genau steckt hinter dem Sekret, das Kühe produzieren, um ihre Kälber zu säugen? Ist Kuhmilch wirklich so gesund, wie nationale Fachgesellschaften seit Jahrzehnten behaupten?

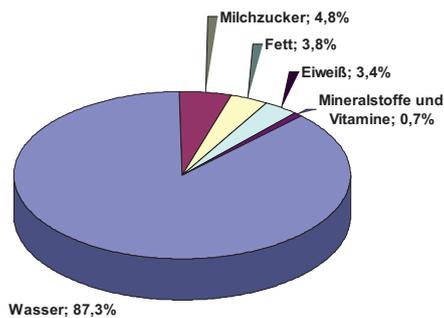
**D**er Mythos „Milch ist wertvoller Bestandteil einer gesunden Mischkost und ohne Milch geht im Muskelaufbautraining nichts“ wurde durch diverse Kampagnen wie „Milch macht müde Männer munter“ mithilfe von Sportstars und Promis aufgebaut. Auch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz findet, dass Milch das vielseitigste Nahrungsmittel der Welt ist. Zum gesundheitlichen Pro und Kontra schweigt sich das Ministerium jedoch aus. Das überlässt es der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE), die nicht müde wird,

Milch und Milchprodukte gleich mehrmals täglich in möglichst fettarmer Variante dem Volk als schnellen Energielieferanten schmackhaft zu machen: „Ein Glas Milch, ein Müsli oder ein Käsebrot sind ein guter Einstieg in den Tag. Müsli mit Milch, Joghurt, Quark und Co. sind der ideale Pausensnack für Schule und Beruf“, so die Meinung der DGE. Hochglykämische Frühstückszerealien mit insulinstimulierender Milch zum Einstieg in den Tag? Hohe Blutzucker- und Insulinspitzen fördern bekanntlich nur eines: Müdigkeit. Aber nun zu den Fakten:

## Was ist drin in der Milch?

Milch besteht zu fast 90% aus Wasser. Der Rest besteht aus Milchzucker (5%), Fett (4%), Eiweiß (3,4%) und ein paar Vitaminen und Mineralstoffen. Muttermilch ist das erste Nahrungsmittel, das ein Mensch in der Regel zu sich nimmt. Aber Menschenmilch und Kuhmilch unterscheiden sich erheblich: Der Milchzuckergehalt (Laktose) der Muttermilch ist 20 bis 30% höher als der von Kuh-, Ziegen- und Schafsmilch. Dafür ist die Eiweißmenge bei Letzterer 3- bis 4-fach höher als in der Muttermilch. Das in Kraftsportkreisen aufgrund seiner anabolen Wirkung so beliebte Casein ist in der Muttermilch kaum vorhanden. Zudem ist das Molke-Casein-Verhältnis genau entgegengesetzt, d.h., humane Milch enthält 80% Molke, Kuhmilch 80% Casein. Und das aus gutem Grund, denn während das Kalb nur 47 Tage braucht, um sein Geburtsgewicht zu verdoppeln, benötigt ein Säugling dafür 120 Tage. Rinder müssen am ersten Tag auf eigenen Beinen stehen; Säuglinge krabbeln

### Was ist drin in der Kuhmilch?



Kuhmilch hat einen hohen Eiweißgehalt

12 Monate auf allen Vieren. Das zeigt, dass Milch artspezifisch ist. Rindermilch mit seinem hohem Eiweißgehalt und diversen Wachstumsfaktoren ist optimal auf schnelles Knochen- und Muskelwachstum abgestimmt. Muttermilch dient mit seinem verhältnismäßig hohen Milchzuckeranteil der Entwicklung des zentralen Nervensystems.



Oft nicht tiergerecht: Masttierhaltung

## Kuhmilch als möglicher Allergieauslöser

Im Zusammenhang mit der epidemischen Ausbreitung von Allergien ist vor allem der Gehalt an Immunglobulinen (Antikörpern) interessant. Antikörper dienen der ersten Verteidigungslinie des Immunsystems, das sich primär in den Schleimhäuten befindet. Neugeborene müssen ihr Immunsystem erst noch entwickeln. Sie sind in den ersten 12 bis 18 Monaten abhängig von der Muttermilch, die nicht nur essenzielle Nährstoffe liefert, sondern auch Antikörper in artspezifischer Verteilung. Muttermilch enthält vor allem Immunglobuline vom Typ A (IgA) für die Schleimhäute. IgAs wirken in einer Sofortreaktion gegen bakterielle und virale Erreger. Im Gegensatz dazu enthält Kuh- und Schafsmilch vor allem IgG-Antikörper, die eine sekundäre Immunreaktion auslösen – typisch für Allergien wie z.B. gegen Birkenpollen.

## Legales Kuhdoping

Das Lebensalter einer Kuh beträgt im Schnitt 25 Jahre. 1970 schlachtete man Kühe nach 18 Jahren, heute sind sie nach 6 bis 8 Jahren vollkommen ausgelaut. Durch das in der Tiermast legalisierte Hormondoping konnten die Laktationsphasen auf 18 bis 30 Monate verlängert werden. Von artgerechter Haltung auf Weideflächen stellte die Viehwirtschaft konsequent auf Masttierhaltung mit Fütterung von artfremdem Getreide, Mais und tierischem Protein um. Zu allem Überfluss brachte Monsanto 1994 das rekombinante Rinder-Somatotropin (rBST) auf den Markt – ein künstlich hergestelltes Wachstumshormon. Dadurch

konnte von 1850 bis heute die Milchproduktion pro Kuh von 1.000 auf 8.000 Liter gesteigert werden. Gut für die Milchwirtschaft, aber auch gut für unsere Gesundheit?

### Löst Milch Krankheiten aus?

Über 70% der Mitteleuropäer können Milchzucker verdauen, obwohl der Mensch nach der Laktationszeit die Bildung von Laktase, dem Enzym zur Spaltung von Milchzucker, verliert. Asiaten und Afrikaner sind nahezu 100% laktoseintolerant. In Japan ist seit Einführung des School Lunch Law 1954 der Milchkonsum um das 20-Fache explodiert. Seitdem ist allerdings auch die Prostatakrebsrate um das 25-Fache gestiegen. Auffällig ist in den milchtrinkenden Ländern auch die hohe Brustkrebsrate. Kuhmilch enthält die weiblichen Sexualhormone Östrogen und Progesteron. Die Konzentration von Östrogen ist in Industriemilch wesentlich höher als in Rohmilch bzw. in Milch alter Kuhrassen. Die Dosis macht bekanntlich das Gift. Von daher könnte die Hormonmenge durch Milchöstrogene, Verhütungsmittel und Phytoöstrogene (Soja) ursächlich für die hohe Brustkrebsrate in westlichen Ländern verantwortlich sein. Die Milch neuerer Züchtungen wie Holstein oder Jersey enthält eine spezifische Caseinvariante. Das sogenannte A1-beta-Casein kann in beta-Casomorphin umgewandelt werden, das nachweislich darmschädigend wirkt und über die Blut-Hirn-Schranke ins zentrale Nervensystem eindringen kann. Dort ist es in der Lage, psychische Symptome wie ADHS, Autismus und Hyperaktivität auszulösen.

### Alles Käse oder was?

Vor allem das in Käse (nicht in der Molke) enthaltene Protein Casein scheint auf der Basis unseres gegenwärtigen Bewegungsmangels ein schwerwiegendes Gesundheitsproblem zu sein. Der Käsekonsum in Deutschland ist von 3,9 kg (1935) auf 23 kg (2011) angestiegen. Käse enthält die essenzielle Aminosäure Leucin, die Kraftsportler als Element der verzweigtkettigen Aminosäuren (BCAAs) kennen. Die Leucinmenge in unserer Nahrung hat sich von 1950 bis heute mehr als verdreifacht. Leucin wirkt nicht nur stark anabol, sondern auch insulinotrop – gut für Bodybuilder und Kraftsportler, problematisch für Couch-Potatoes. Ein Gemisch aus Kohlenhydraten, Casein und Leucin erhöht den Insulinspiegel um 221% stärker als Koh-

lenhydrate allein. Zudem stimuliert Käse den insulinähnlichen Wachstumsfaktor IGF-1. Insulin, IGF-1, Leucin, Androgene und Östrogene stimulieren jeweils intrazelluläre Wachstumsprozesse. Als Cocktail dürfte sich die anabole Wirkung potenzieren.



Käse: für Nichtsportler ein problematisches Nahrungsmittel

### Krafttraining als Gegenmittel

Regelmäßiges Krafttraining könnte das natürliche Gegenmittel sein, denn durch die Zellzerstörung nach einem High-Intensity-Training (HIT) wird die Muskulatur zum Staubsauger. Mit anderen Worten: Vor allem mikroverletztes Muskelgewebe verlangt nach Substraten, die die Geweberegeneration fördern. Bewegungsmuffel hingegen entwickeln in Muskeln und Leber auf Dauer eine Insulinresistenz. Bei körperlicher Inaktivität werden die hohen Mengen an Wachstumsfaktoren aus Milchprodukten, Fleisch etc. nicht vom Muskel absorbiert und stehen dann anderen Gewebearten, wie z.B. Brustdrüse oder Prostata, als Wachstumssignale zur Verfügung – mit fatalen Folgen. Wer sich über Krafttraining hinaus schützen möchte, sollte täglich ein Gläschen Rotwein trinken, Mahlzeiten mit Curcuma würzen und reichlich schwarzen Kaffee und Grüntee trinken, denn die darin enthaltenen Substanzen wie Resveratrol, Curcumin, Koffein und Epigallocatechin-gallat hemmen intrazelluläre Wachstumsprozesse und wirken nachweislich Entartungen entgegen.



Jens Freese | Chefausbilder der Deutschen Trainer Akademie; Experte für Sporternährung und Ernährungsimmunologie; Berater von Spitzenathleten im Fußball, im Tennis und in olympischen Sportarten. Er schrieb seine Doktorarbeit über Paleo und lebt seit zehn Jahren selbst nach den Paleo-Prinzipien.



Capuccino: lecker, aber weniger gesund als ein schwarzer Kaffee

### EMPFEHLUNGEN

- Grundsätzlich: Die Dosis macht das Gift. Ein kleiner Schuss Milch in den Kaffee, ist kein Problem. Aber ein Cappuccino ist ultrahocherhitze Milch mit einem Schuss Kaffee. Weglassen, Kaffee schwarz trinken und für Obstsalate etc. Milchalternativen verwenden wie Mandel-, Kokos-, Cashewmilch etc.
- Kraftsportler sollten nur reine Molke Protein Präparate verwenden; zudem BCAA-Supplemente nur an Trainingstagen und nur binnen 30 min nach der Krafttrainingseinheit aufnehmen
- Gesunde Hobbysportler, die nicht täglich zielorientiert trainieren und keine Wettkämpfe bestreiten, benötigen bei ausreichender Zufuhr tierischer und/oder pflanzlicher Proteinquellen keine aufbauende Nahrungsergänzung.

# Paleo

## Wie sporttauglich ist die Ernährung unserer Vorfahren?

Dass unser moderner Lebensstil längst nicht mehr zu unserem genetischen Erbe passt, erleben nicht nur Trainer und Ernährungsberater in ihrer täglichen Arbeit, sondern belegen auch erschreckende Statistiken: 66% der männlichen und 50,6% der weiblichen deutschen Bevölkerung sind übergewichtig. 15,7% der Deutschen sind sogar adipös (BMI >30). Weltweit hat sich die Verfettung der Menschen in unserer Gesellschaft von 1975 bis 2014 von 3,2 auf 10,8% verdreifacht. Die globale Zahl der Diabetiker stieg im gleichen Zeitraum von 108 auf 422 Millionen Menschen

Die industrialisierte Welt befindet sich in einer Verfettungsepidemie. Im Vergleich dazu fanden Forscher unter Naturvölkern, die ihren Lebensstil noch weitgehend wie vor 50.000 Jahren pflegen, kaum Übergewicht, Diabetes, Alzheimer und Krebs. Niemand will fett sein. Aber es scheint fast so, als gäbe es kein geeignetes Mittel gegen Nahrungsüberfluss und Bewegungsmangel – obwohl der Markt obskurer Diäten, heilsbringender Ernährungsratgeber und fragwürdiger Abnehmpillen boomt. Man könnte fast meinen: Je mehr Ratschläge sogenannter Experten auf dem Markt kursieren, desto übergewichtiger wird die Nation. Zudem mutiert das Thema „Ernährung“ immer mehr zu einer Ersatzreligion – häufig ohne jeglichen wissenschaftlichen Beleg. Und jetzt kommt mit Paleo eine Ernährungsweise aus längst vergangener Zeit um die Ecke, die nicht nur Pfunde wie Eis an der Sonne schmelzen lassen, sondern auch Zivilisationserkrankungen heilen und die Leistungsfähigkeit von Sportlern steigern soll ...

### Ernährungsweise der Jäger und Sammler

Die auch als Steinzeiterernährung bekannte Ernährungsform orientiert sich an der unserer Vorfahren, die noch keine industriell gefertigte Nahrung kannten und das verzehrten, was an den Bäumen hing, aus dem Boden kam oder gejagt bzw. gefischt werden konnte. Wirft man einen Blick auf die Menschheitsgeschichte, wird deutlich, dass der Mensch die längste Zeit als Jäger und Sammler ver-

brachte. Der amerikanische Kardiologe und Paleo-Verfechter James O'Keefe spricht gar von 99,5% unserer Existenz, in der wir nicht sesshaft waren und uns täglich bewegen mussten, um Nahrungsquellen und Wasserstellen aufzuspüren. Bewegung kam demnach vor der Nahrungsaufnahme. Unsere Vorfahren dürften in der Regel immer erst Energie verbraucht haben, bevor sie ihre Energiereserven wieder auffüllten. Heute ist es exakt umgekehrt. Es wird gegessen bis zum komatösen Büroschlaf, ohne eine einzige Kalorie investiert haben zu müssen.

### Nicht angepasst an Fast Food und Schreibtischjob

Erst vor etwa 10.000 Jahren begannen Menschen, Pflanzen anzubauen und Tiere zu domestizieren. Vermutlich war diese Zeit bis zur Erfindung des Kühlschranks 1887 die furchtbarste der Menschheit, denn witterungsbedingte Ernteauffälle, Schädlinge und Epidemien führten zu Hungerperioden, die der Jäger und Sammler in der Steinzeit so nicht kannte. Das belegen Untersuchungen bei Naturvölkern, denn unabhängig vom saisonalen Nahrungsangebot halten Jäger und Sammler ihr Körpergewicht erstaunlich stabil. Wenn man bedenkt, in welchem atemberaubenden Tempo sich die Umwelt in den letzten beiden Jahrhunderten durch die Industrialisierung und seit Neuestem durch die Digitalisierung verändert hat, wird einem bewusst,

dass wir noch keine Zeit hatten, uns an Fast Food und Schreibtischarbeit anzupassen. Dass wir auch heute noch in erster Linie Bewegungsmenschen sind, zeigen uns wiederum Naturvölker auf, denn Übergewicht ist dort eine absolute Rarität. Sie erfreuen sich sogar einer herausragenden kardiovaskulären Fitness, die mit der der besten Marathonläufer vergleichbar ist.

### Verarbeitete und stark zuckerhaltige Produkte meiden

Loren Cordain, einer der führenden Forscher auf diesem Gebiet, beschreibt die Paleo-Ernährung treffend: „Lose weight and get healthy by eating the foods you were designed to eat.“ Paleo schließt Fleisch, Fisch, Eier, Gemüse, Früchte und Nüsse ein. Hierfür wurden wir als Mensch laut Cordain evolutionär geformt. Paleo vermeidet verarbeitete und stark zuckerhaltige Produkte. Dazu zählen raffinierter



Fisch als wertvoller Nährstofflieferant

Zucker, getreide- und salzhaltige Produkte, Milch und Hülsenfrüchte. Nährstoffe aus paleokonformen Nahrungsmitteln werden effizienter und weniger allergen aufgenommen – sind sie daher optimal für alle, die auf eine hohe physische und psychische Leistungsfähigkeit Wert legen? Ist die Paleo-Ernährung deshalb auch für Leistungs-, Kraft- und Fitnesssportler eine Alternative zur modernen Sporternährung aus der Dose?

### Anpassung des Stoffwechsels

Mit einer Ernährungsumstellung nach dem Paleo-Prinzip geht eine Anpassung des Stoffwechsels einher. Durch den Verzicht auf Getreide und raffinierten Zucker wird der Anteil an Kohlenhydraten reduziert. Entsprechend dem Trainingsvolumen und der Intensität der Belastungen müssen bei Paleo zwangsläufig mehr Fette und Eiweiße konsumiert werden. Dieses Makronährstoff-„Tuning“ nimmt einige Wochen in Anspruch, bis der Körper gelernt hat, sich auch bei intensiven Belastungen nicht nur auf seine Kohlenhydratspeicher zu verlassen. Energetische Flexibilität basiert als Teil unserer Genetik auf einem evolutionären Programm. Denn unsere Vorfahren waren darauf angewiesen, in Winter- und Dürrezeiten von Fettde-

pots zehren zu können. Ein etwas höherer Körperfettanteil ist zwischen den Wettkampf- oder Trainingsphasen daher auch für Sportler gesund. Denn ein niedriges Körperfett dauerhaft zu halten ist purer Stress – vor allem für Frauen, bei denen dadurch der Zyklus aussetzt und die Gebärfähigkeit sinkt. Weibliche Marathonläufer haben nachweislich eine niedrigere Lebenserwartung.

### Mit Fruktose Fett auf- bzw. abbauen

Fettaufbau funktioniert am effektivsten mit zuckerreichen Früchten, denn Fruktose sorgt für Fettspeicherung. Möchten deine Klienten Fett verlieren, sollten sie nicht nur mehr Eiweiß essen (bis zu 3 g/kg), sondern auch auf fruktosereiche Nahrungsmittel verzichten. Trotz der geringeren Zufuhr an Kohlenhydraten im Vergleich zur typischen westlichen Kost, wird der Paleo-Sportlerkörper durch den Konsum von Obst, Gemüse und in begrenzten Mengen Honig und Süßkartoffeln mit ausreichend Kohlenhydrat-



Süßigkeiten bestehend aus Trockenobst und Nüssen

ten versorgt. Die „moderne“ Sporternährung, die immer noch auf Pastapartys und Carboloadung schwört, vergisst gerne, dass unsere Leber den Einfachzucker Glukose selbst herstellt. Ohne diesen Mechanismus wären wir längst ausgestorben, denn unsere Vorfahren hatten keinen Müsliriegel in der Schublade, wenn der Blutzuckerspiegel zu niedrig wurde.

### Mehr Energie und Leistungsfähigkeit

Im Gegensatz zur Durchschnittskost ist die Paleo-Ernährung durch eine niedrige glykämische Last gekennzeichnet; diese beschreibt die Kohlenhydratdichte eines Nahrungsmittels. Weißbrot, Nudeln oder Süß- und Backwaren zeigen eine hohe glykämische Last und verursachen folglich hohe Insulinausschüttungen, die Sportler wie Schreibtischläufer zum Nickerchen einladen. Insulin dirigiert den Transport von Zucker aus dem Blut in die Körperzellen. Einem raketenhaften Insulinpush folgt ein schneller Absturz ins Bodenlose. Dieser signalisiert Zuckermangel und leitet Hungersignale ans Gehirn. Die Folge: Heißhungerattacken. Durch den Entzug von Nahrungsmitteln mit hoher glykämischer Last werden solche Attacken, Sugar Cravings genannt, gestoppt, Müdigkeit nach dem Essen reduziert,

unnötige Kalorienaufnahme auf Dauer vermieden und das Essverhalten an den natürlichen Rhythmus angepasst. Auf diese Weise gehen nicht nur Sportler mit mehr Energie durch den Tag und durch die Trainingseinheiten, was die Motivation für Bewegung bzw. Leistung erheblich steigert.

### Bessere Regeneration mit Paleo

Unter dem Strich: Die Paleo-Ernährung führt zu einer Optimierung der Verdauungs- und Stoffwechselprozesse. Deshalb ist sie nicht nur für Übergewichtige und Diabetiker geeignet, sondern auch oder gerade Sportlern zu empfehlen. Verbesserte Flexibilität in der Nutzung zugeführter und gespeicherter Energiequellen steigert die Leistungsfähigkeit und die kognitive Aufmerksamkeit. Leider fokussieren sich Athleten wie Trainer häufig nur auf Training und Wettkampf. Die Nahrungsmittelauswahl und das Nährstofftiming sind aber genauso wichtig. Intensive Belastungen sorgen immer für zerstörte Gewebestrukturen.



Kerne, Nüsse und Obst: Nicht nur als Frühstück eine wertvolle Mahlzeit

Erst in der Regenerationsphase kommt es zur Verstärkung von Muskulatur und Bindegewebe. In dieser empfindlichen Phase ist es wichtig, dem Körper die richtigen Baustoffe zur Verfügung zu stellen. Und je größer die Zerstörung (Trainingsintensität), desto mehr Baustoffe (essenzielle Aminosäuren) sind notwendig, sonst drohen mittelfristig Verletzungen und Motivationsverlust. Durch den hohen Eiweißanteil bietet die Paleo-Ernährung eine optimale Basis zur Steigerung und zum Erhalt der Leistungsfähigkeit. Zudem wirken die hohen Mengen an Obst und Gemüse der in Training und Alltag entstehenden Säurelast entgegen. Fazit: Paleo bietet ambitionierten Athleten und Leistungssportlern alles, was es für einen perfekten Fitnesszustand braucht.



**Jens Freese** | Chefausbilder der Deutschen Trainer Akademie; Experte für Sporternährung und Ernährungsimmunologie; Berater von Spitzenathleten im Fußball, im Tennis und in olympischen Sportarten. Er schrieb seine Doktorarbeit über Paleo und lebt seit zehn Jahren selbst nach den Paleo-Prinzipien.



**Simon Schnell** | Student an der Deutschen Sporthochschule; Schweizer Meister im Judo. Simon ernährt sich seit drei Jahren nach den Paleo-Prinzipien und konnte seitdem Muskelmasse, Körpergewicht und Explosivkraft erheblich steigern.

Fotos: Ksenija Toyechkina; Igor Palamarchuk/shutterstock.com

# Die Steinzeit steckt in uns

Wir leben in einem Zeitalter, das von Herzinfarkten, Diabetes, Lebensmittelunverträglichkeiten und Fettsucht geprägt ist. Warum? Weil sich unser Körper dem heutigen Lebensstil (noch) nicht anpassen konnte. Um zu erfahren, was unser Körper wirklich braucht, müssen wir einfach nur einen Blick in die Steinzeit werfen

Foto: Lukiyanova Natalia/frenta/shutterstock.com

Der Mensch ist nur an Nahrungsmittel angepasst, die es schon in der Steinzeit gab, denn unsere Gene konnten sich bisher noch nicht an das Fast Food der Neuzeit anpassen. Diese These stellten zumindest die beiden Forscher Melvin Konner und Boyd Eaton auf. Sie wurde 1985 im *New England Journal of Medicine*, eines der führenden medizinischen Fachmagazine der Welt, veröffentlicht und sorgte damals für jede Menge Aufregung, denn sie stellten die staatlichen Ernährungsempfehlungen völlig infrage. Der Artikel war indirekt die Geburtsstunde der Paleo-Ernährung, die heute in aller Munde ist.

Loren Cordain, ein inzwischen emeritierter Professor der Colorado State University für Gesundheit und Bewegungswissenschaften, war von diesem Artikel derart fasziniert, dass er sein gesamtes Forscherleben der Grundannahme widmete, dass wir auch heute noch im gleichen Steinzeitkörper stecken wie unsere Vorfahren vor circa 10.000 Jahren. Das Problem ist nur, dass unser hochtechnologischer Lebenswandel nicht mehr zu unseren Steinzeitgenen passt. Industriekost, wachsender Bewegungsmangel und psychischer Overload führen zur Epidemie westlicher Zivilisationserkrankungen wie Herzinfarkt, Diabetes, Depressionen, Krebs und Co.

In den Folgejahren veröffentlichte Loren Cordain über 100 wissenschaftliche Artikel über das Fitnesslevel und das Ernährungsprogramm unserer steinzeitlichen Vorfahren. Seine wissenschaftlichen Analysen brachten nicht nur die krassen Unterschiede der Steinzeiterernährung zur heutigen Verpackungskost zutage, sondern zeigten darüber hinaus, dass sich heute noch existierende Naturvölker doppelt so viel bewegen wie die höchste Bewegungsempfehlung des American College of Sports Medicine.

### Vom Wall Street Journal bis zur New York Times

Bis Ende der 1990er Jahre wurde Paleo nur von einer Handvoll „Freaks“ wahrgenommen. Mit der Veröffentlichung des Bestsellers „Die Paleo Ernährung“ im Jahre 2001 gewann die Steinzeiterernährung dann jedoch immer mehr Anhänger in den USA. Übergewichtige, Diabetiker und auch Autoimmunerkrankte berichteten begeistert von den gesundheitlichen Vorzügen der Steinzeitkost.

In Deutschland machte Nicolai Worm die Idee mit seinem Buch „Syndrom X – oder ein Mammut auf dem Teller“ bekannt. Die von Cordain propagierte ursprüngliche Ernährung der Menschheit schaffte es sogar bis auf die Titelseiten des *Wall Street Journal* und der *New York Times*.

Inzwischen sind die Paleo-Prinzipien – Ernährung und Bewegung à la Steinzeit – nach Deutschland geschwappt. Eine wachsende Fangemeinde unter Trainern, Ernährungsbewussten und leidenschaftlichen Köchen sagt inzwischen Ja zu Fleisch (von mit Gras gefütterten Weidetieren!), Fisch, Meeresfrüchten, Schalentieren, Eiern, Obst, Gemüse sowie Kräutern, Pilzen, Nüssen, Esskastanien und Honig, aber Nein zu Getreide- und Milchprodukten, Hülsenfrüchten (inklusive Soja!) und industriell verarbeiteten Nahrungsmitteln wie Zucker, Alkohol und jeglicher Form von Fertiggerichten.

Pflanzenöle werden nur kalt gepresst mit gutem Omega-3/Omega-6-Verhältnis akzeptiert oder als Bratfett mit einem gesunden Fettsäureprofil wie Kokosfett und Olivenöl genutzt. Als Getränke kommen nur Wasser, Kräutertee und ein wenig Rotwein dank seiner entzündungshemmenden Wirkung auf den Steinzeittisch.

Unter dem Strich besteht die Paleo-Ernährung ausschließlich aus Nahrungsmitteln, von denen man vermutet, dass sie schon in der Altsteinzeit verfügbar waren. Pflanzen- und Tierarten sind heute jedoch meist gezüchtet, sodass man korrekterweise von einer modernen Variante der Paleo-Ernährung sprechen muss.

### Was der Maiskolben mit der Fettsucht zu tun hat

Um den Ursprung der Paleo-Prinzipien zu verstehen, muss man einige Jahre zurückgehen, genauer gesagt zur Wiege



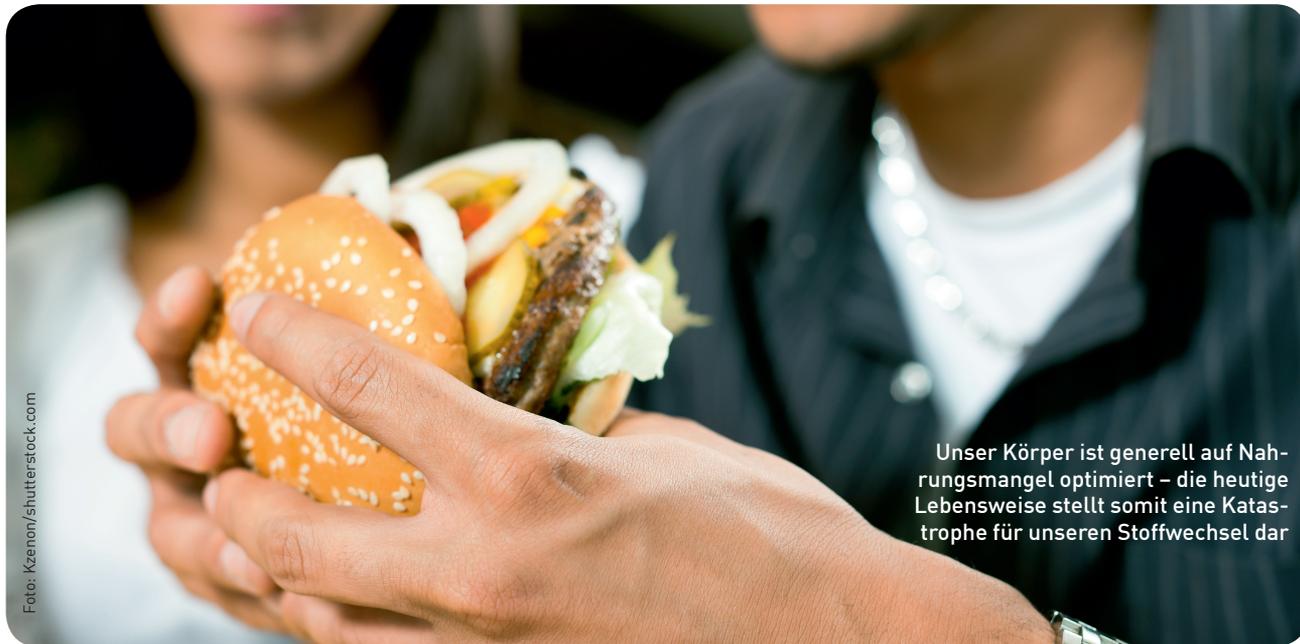
Schon gewusst: Durch ein kostengünstiges Verfahren wird aus Mais Zucker extrahiert. Diese Fruktose wird einem Großteil industriell hergestellter Nahrungsmittel beigelegt

der Menschheit. Die begann vor etwa 2,8 Millionen Jahren (!) in Ostafrika. Vor rund 10.000 Jahren haben wir dann unser ursprüngliches Jäger-Sammler-Dasein endgültig gegen Ackerbau und Viehzucht eingetauscht und uns somit 99,5% unserer Existenz nicht von Pasta, Quark, Tofu und anderen stark verarbeiteten modernen Lebensmitteln ernährt.

Der erste vollautomatische Mahlbetrieb entstand 1785. 2010 wurden in Deutschland dann schon 6,43 Millionen Tonnen Auszugsmehle für Brot, Pizza und Pasta produziert.

1801 wurde die erste Rübenzuckerfabrik in Schlesien eröffnet. Nur 211 Jahre später konsumierten wir in Deutschland bereits 4,27 Mio. Tonnen Saccharose, unser ganz „normaler“ Haushaltszucker.

In den 1970er Jahren begannen die Amerikaner dann damit, Fruktose aus Mais zu extrahieren; ein vergleichsweise kostengünstiges Verfahren, woraus riesige Monokulturen entstanden. Fruktose süßt intensiv und provoziert keinen Insulinausstoß, ideal also für Typ-2-Diabetiker – wie man lange Zeit dachte. Deshalb wurde Fruktose fortan



Unser Körper ist generell auf Nahrungsmangel optimiert – die heutige Lebensweise stellt somit eine Katastrophe für unseren Stoffwechsel dar

allen industriell hergestellten Nahrungsmitteln zugesetzt – eine Katastrophe für unseren Stoffwechsel, der eigentlich auf Nahrungsmangel optimiert ist. Die Jagd erforderte einen hohen Kalorieneinsatz bei nicht vorhersagbarer Energieausbeute. Die Leichtigkeit, mit der wir heutzutage jedoch Energie und vor allem Fruktose aufnehmen, ist für die unvergleichliche Erfolgsgeschichte der Fettsucht in der westlichen Welt verantwortlich.

Überall, wo der westliche Lifestyle Einzug hält, sind Übergewicht und seine assoziierten Krankheiten wie Diabetes, Herzinfarkt, Krebs und Co. auf dem Vormarsch. Zu allem Überfluss expandierte nach dem Zweiten Weltkrieg auch noch die Massentierhaltung. Seither (fr)essen nicht nur Menschen, sondern auch Hühner, Puten, Schweine, Rinder und neuerdings auch Fische das Getreide statt – artgerecht – Gräser bzw. Plankton.

### Gesund ist, was die Werbung verspricht

Was sagte Hippokrates? „Die Dosis macht das Gift.“ Gegen ein wenig Honig ist nichts zu sagen, aber die Menge an raffiniertem Zucker und hochglykämischen Getreideprodukten führt geradewegs in die Verfettung der Welt. Otto Normalverbraucher stellt die Bedeutung von Getreide, Milch, Hülsenfrüchten, Zucker, Salz etc. als Grundnahrungsmittel nicht infrage. Jahrzehntlang haben Lobbyverbände der Getreide- und Milchwirtschaft hervorragende Arbeit geleistet und das Märchen vom gesunden Vollkornbrot und den kalziumreichen Fruchtzwergen in den Köpfen der Konsumenten verankert.

### Lebensmittelintoleranzen sind heute normal

Den Experten wundert es daher wenig, dass Nahrungsmittelintoleranzen und Darmstörungen rasant zunehmen. Die Paleo-Ernährung kann hier für Linderung sorgen. Es handelt sich hierbei weder eine Wunderdiät, noch um eine Low-Carb-Ernährung. Im Gegenteil: Die Fans der Steinzeit-

ernährung essen sogar relativ viele Kohlenhydrate – allerdings eben hauptsächlich unverdauliche mit niedrig-glykämischer Last, die auch die (bei vielen empfindliche) Darmflora nachhaltig stärken.

### Heutige Verhaltensmuster sind fehl am Platz

Die hohen Fleischmengen in der Paleo-Ernährung werden von den Fürsprechern gefeiert, von den Gegnern scharf kritisiert. Verständlich, denn die moderne Massentierhaltung hat rein gar nichts mit den wild lebenden Jagdquellen unserer Vorfahren zu tun. Das gilt übrigens auch für pflanzliche Nahrung.

### DIE PALEO-PRINZIPIEN

- „Ja!“ zu Fleisch (von mit Gras gefütterten Weidetieren!), Fisch, Meeresfrüchten, Schalentieren, Eiern, Obst, Gemüse sowie Kräutern, Pilzen, Nüssen, Esskastanien & Honig.
- „Nein!“ zu Getreide- und Milchprodukten, Hülsenfrüchten (inklusive Soja!), industriell verarbeiteten Nahrungsmitteln wie Zucker, Alkohol und jeglicher Form von Fertiggerichten.
- Einziger Alkohol, der in Maßen getrunken werden darf, ist dank seiner entzündungshemmenden Funktion Rotwein.
- Früher wurde gejagt – heute wird der Kühlschrank aufgemacht. Bewegung ist wichtiger und elementarer Bestandteil der Paleo-Lebensweise!

Dass Fleisch durchaus gut ist, zeigen die Inuit. Sie essen täglich bis zu 90% Fleisch und Fisch. Entgegen den Gesetzen der Ernährungslehre und dem aktuellen Vegetarismustrend haben die Bewohner der Eiswüste bis heute überlebt – das nahezu frei von Arterienverkalkung, Todesursache Nr. 1 in unseren Breiten. Aber egal, welcher Ernährungsreligion wir vertrauen: Der Mensch ist ein opportunistischer Allesfresser, aber kein reiner Pflanzenfresser.

Paleo auf eine reine Ernährungsform zu reduzieren, würde unserem genetischen Erbe allerdings nicht gerecht werden. Neben artgerechter Ernährung steht Paleo auch für naturgemäße Bewegungs- und Verhaltensmuster.

Sind wir früher morgens regelmäßig zum Kühlschrank gelaufen, um Getreideflocken mit Milch anzurühren? Wohl kaum, denn der Kühlschrank wurde erst 1887 erfunden. Als Jäger und Sammler mussten wir viele Hunderttausend Jahre erst Energie in Form von



Die Lebensmittelindustrie vermittelt, ein Frühstück sei unerlässlich – in der Steinzeit musste man vor dem Frühstück jedoch erst sammeln und jagen. Der Kühlschrank wurde schließlich erst 1887 erfunden

Muskelarbeit investieren, bevor wir Kalorien tanken durften. Heute vermitteln uns führende Fachgesellschaften aber, dass jeder Bürger gestärkt in den Tag gehen solle, indem er hochglykämische Nahrungsmittel frühstückt, die schon wenig später müde machen,

#### WISSENSWERT

- Am 21. November 2015 wird die **1. Paleo-Conference** im Neandertal-Museum in Mettmann stattfinden. Weitere Infos unter [www.conference.paleo-leben.de](http://www.conference.paleo-leben.de)
- Die nächsten **Paleo-Coach-Ausbildungen** bei Jens Freese finden vom 17. bis 19. Juli und 16. bis 18. Oktober in Aitern (im Hochschwarzwald) statt.

obwohl er seinen Puls noch gar nicht über 70 gebracht hat. Eigentlich hat Mutter Natur Bewegung an den Anfang des Tages gesetzt. Leider endet diese Motivation viel zu oft vor der Autotür in der Tiefgarage, an der Bahnhaltestelle, vor dem Fahrstuhl oder im Homeoffice vor dem Bildschirm.



Jens Freese | Wissenschaftlicher Leiter der Deutschen Trainer Akademie, studierte bei Loren Cordain, dem Begründer der Paleo Diät, und schreibt aktuell an seiner Doktorarbeit am Institut für Natursport und Ökologie der Deutschen Sporthochschule über die Effekte einer steinzeitlichen Lebensweise auf die modernen Wohlstandserkrankungen; [www.paleo-leben.de](http://www.paleo-leben.de)

# Aus- und Fortbildungen für Fitness- und Group Fitness-Trainer

  
aeronet europe  
sports & business academy

## Be a part of professional fitness!

Sichere dir dein **"Sommerticket"** und spare

# 10%

bei Anmeldung bis 31.08.2015

Berlin • München • Köln  
Dresden • Innsbruck  
Region Vorarlberg

[www.aero-net.net](http://www.aero-net.net) • [info@aero-net.net](mailto:info@aero-net.net)

Lange war das Hühnerei der Sündenbock für das böse Cholesterin und damit Auslöser für die Killererkrankung Nr. 1 in Deutschland: Herzinfarkt. Mit diesem Vorurteil sollte endlich Schluss sein, denn jeder Mensch kann locker 20 Eier pro Woche verspeisen, ohne sich Sorgen über Herzinfarkt & Co. machen zu müssen.

# Freispruch für das Hühnerei!

## Warum wir 20 Eier pro Woche essen könnten

**D**er Mensch muss drei einfache Regeln beachten, um Herzinfarkt & Co. die kalte Schulter zu zeigen: mehr Fisch, mehr Bewegung, weniger Kohlenhydrate!

Die Hysterie der letzten Jahrzehnte bei zu hohen Cholesterinwerten hatte einen triftigen Grund: Die Pharmaindustrie wollte mehr Lipidsenker verkaufen. Wenig später, nachdem die düstere Cholesterinwolke auch den letzten Winkel des Globus erreicht hatte, wollte nun die Lebensmittelindustrie die vermeintlich gesunden, fettreduzierten Functional-Food-Produkte an den Mann bringen. Leider ist dies aus den Köpfen der durch 250 Diäten verunsicherten Bevölkerung heute kaum noch herauszukriegen. Werbefachleute müssen ein Gerücht nur oft genug streuen, dann ist es nicht mehr aus den Köpfen zu bekommen.

Wenn man als Personal Trainer seine Kunden jedoch fragt, wofür unser Körper Cholesterin benötigt oder was LDL und HDL sind, erntet man meist Schulterzucken.

### Alle Passagiere an Bord

Cholesterin ist lebensnotwendig. Es ist wichtiger Bestandteil unserer 100 Billionen Zellwände. Über 95% aller Cholesterine sind in der Zellmembran gebunden – ein Vielfaches von dem, was wir im Blut messen können. Cholesterine, die in der Blutbahn schwimmen, bezeichnen wir als LDL, HDL, VLDL, IDL, Lipoprotein A. Cholesterine sind wasserunlöslich und müssen an Lipoproteine gebunden werden. Diese Fettschiffchen sind unterschiedlich dicht gepackt mit Cholesterin.

Eine hohe Dichte kennen wir als „das gute HDL“, eine niedrigere Dichte als „das böse LDL“. Aber weder HDL noch LDL sind „gut“ oder „böse“.

In Kooperation mit:



[www.bundesverband-pt.de](http://www.bundesverband-pt.de)



[www.vapt.de](http://www.vapt.de)



[www.gluckerkolleg.de](http://www.gluckerkolleg.de)



[www.personalfitness.de](http://www.personalfitness.de)



[www.premium-personal-trainer.com](http://www.premium-personal-trainer.com)



[www.sptv.ch](http://www.sptv.ch)

Benötigen die Körperzellen mehr Cholesterin, schickt die Leber mehr LDL-Schiffchen mit Baumaterial (Cholesterin) zu den Zellwänden. Sind diese voll, können HDL-Schiffchen die „nackten“ Cholesterinpassagiere an Bord nehmen und zur Leber zurückbringen.

So können sie nicht oxidieren und an den Arterienwänden Entzündungen auslösen. Vernarbungen und anlagern von Cholesterin bilden dann Schaumzellen, die den Durchmesser der Blutgefäße reduzieren. Bei einem schlechten LDL-HDL-Verhältnis klingeln bei jedem Hausarzt die Alarmglocken, was den berühmten Lipidsenkerverschreibungsreflex auslöst.

### Unser Feind: Stress

Ohne Cholesterin in der Zellmembran können wichtige Signale nicht in die Zelle weitergeleitet werden. Dennoch sollte bei hohen Cholesterinwerten immer nach dem Warum gefragt werden. Der Körper hat einen Grund, den Spiegel hochzuschrauben. Wenn es keine genetische Ursache gibt, handelt es sich in der Regel um chronischen Stress. Unsere Stresshormone bestehen zum größten Teil aus Cholesterin. Die steigenden Arbeitsunfähigkeitstage aufgrund von Depressionen und Burnout zeigen, dass wir in unserem psychoemotionalen Reizklima (Jobstress, Termindruck, Überforderung etc.) offenbar mehr Cholesterin benötigen, nicht weniger! Eine medikamentöse Senkung in akuten Stressphasen wäre sprichwörtlich tödlich.

### Die Industrie greift ein

Die Hypothese, dass Cholesterin Arteriosklerose auslöst, basiert auf wissenschaftlichem Treibsand. Dennoch hat es die Pharmaindustrie geschafft, Lipidsenker zum Heilsbringer für die Bevölkerung aufzubauen. 2012 wurden weltweit circa 15 Milliarden US-Dollar in die Kassen der Pharmagiganten gespült. Dabei deuten neue Studien immer mehr auf genau das Gegenteil hin: Auf Dauer scheinen Lipidsenker nämlich das Risiko für Depressionen und Krebs zu erhöhen – nur allzu logisch, wenn der Baustoff für das entzündungshemmende Hormon Cortisol fehlt. Ohne Cortisol ist die Tür für Krankheiten weit offen.

Gemäß der industrienahen Deutschen Lipid-Liga sollen wir neben Cholesterinsenkenern lieber auf eine cholesterinarme Ernährung achten.

### Cholesterin und Ernährung

Neben Fleisch, Innereien und fettreichen Lebensmitteln steht das Ei ganz oben auf der Liste der Bösewichte – und das, obwohl wir wissenschaftlich längst wissen, dass Nahrung kaum Einfluss auf den Cholesterinspiegel hat. Wieso sollten wir auch auf Lebensmittel verzichten, die die Menschheit weit über die Steinzeit zurückliegend häufig, wenn nicht gar täglich gegessen hat? Seit Einführung von Ackerbau und Viehzucht vor etwa 10.000 Jahren fällt Folgendes auf:

- Die Gesamtfettzufuhr ist gestiegen, die gesundheitsförderliche Omega-3-Fett-Zufuhr (Fisch, Pflanzenöl) ist gesunken.

- Transfettsäuren entstehen bei der industriellen Härtung, z.B. von Müsli- oder Schokoladenriegel. Leider hat unser Organismus noch keine Strategie entwickelt, diese künstlichen Fettungetüme sinnvoll zu verstoffwechseln. Sie lagern sich in Zellwände ein und verdrängen nützliche Cholesterine und wertvolle Omega-3-Fettsäuren.

### Das Frühstücksei

Was hat das alles nun mit unserem geliebten Frühstücksei zu tun? Eier enthalten, außer Vitamin C, alle wichtigen Vitamine, essentielle Aminosäuren und Mineralstoffe. Mit durchschnittlich 12 g Protein und 11 g Fett eignet sich das Ei hervorragend im Rahmen aller Low-Carb-Diäten, die

### CHOLESTERIN

- ist wasserunlöslich und muss daher an Lipoproteine gebunden werden,
- leitet Signale an Zellen weiter,
- bildet Geschlechtshormone und
- ist die Grundsubstanz des Entzündungshemmers Cortisol.

einen nachweislich positiven Effekt auf Übergewicht, Diabetes Typ II und (wahrscheinlich) Alzheimer haben.

Doch was ist mit dem Cholesterin im Ei? Wenn wir viele Eier essen, reguliert die Leber die endogene Synthese runter, um in jeder Lebenssituation (Nahrungsmangel oder -überfluss) die Cholesterinwerte möglichst konstant zu halten.

Wesentlich interessanter bei der Beurteilung von tierischer Nahrung ist: Was haben die Hühner gefressen? Je nach Nahrung unterscheidet sich die Qualität von Hühnereiern dramatisch. Bei artgerechter Haltung fressen Hühner Pflanzen, Insekten, Würmer und Schnecken. Einige Bauern geben Algen und Leinsamen hinzu, um das Prädikat „Omega-3-Ei“ zu erhalten. Artgerecht gefütterte Hühner danken es uns mit Eiern, die deutlich mehr Mikronährstoffe wie Vitamin A, D, Beta-Carotin und 30% weniger Cholesterin und gesättigte Fettsäuren enthalten.

Unterm Strich: Iss so viel artgerecht produzierte Eier, wie du willst. Die Menge hat kaum einen Einfluss auf die Cholesterinwerte und damit auf das Herzinfarktrisiko. Infarkte entstehen durch Entzündungen in den Arterienwänden. Entzündungen entstehen wiederum, wenn zu viel proinflammatorischer Bauchspeck ansetzt, weniger als zweimal pro Woche Fisch gegessen wird und man sich täglich nicht mindestens 30 Minuten bewegt. Denn Bewegung ist das Anti-Entzündungs-Medikament Nr. 1 – und das Ei wäre hiermit endlich rehabilitiert!



**Jens Freese** | Sportwissenschaftler, klinischer Psycho-Neuro-Immunologe und wissenschaftlicher Direktor der Deutschen Trainer Akademie in Köln. Gründungsmitglied des BPT e.V., seit 14 Jahren ehrenamtliches Vorstandsmitglied, davon 8 Jahre Präsident. Neben diversen Lehrtätigkeiten berät er Menschen mit Multipler Sklerose, Diabetes, Krebs und anderen chronischen Zivilisationserkrankungen sowie Hochleistungssportler im Bereich Stoffwechsellung und Ernährungsoptimierung.



Foto: Syda Productions/shutterstock.com

## Eine Frage der Mahlzeitenanzahl oder der Nahrungsauswahl?

# Gute Nahrung, schlechte Nahrung

Allergische Reaktionen auf Lebensmittel sind heute nichts Besonderes mehr. Gefühlt hat jeder Zweite entweder eine Glutenunverträglichkeit, eine Laktoseintoleranz oder andere Darmprobleme. Autor Jens Freese ist sich zudem sicher, dass Krebserkrankungen und Diabetes auf eine industriellastige Ernährung zurückzuführen sind. Ein Artikel über die heutige Ernährungsform und warum wir uns dieser ein wenig entziehen sollten.

**D**ie am häufigsten vorkommenden Zivilisationskrankheiten Arteriosklerose, Diabetes Typ 2 und Krebs sind neben Bewegungsmangel und dem zunehmendem psychischen Stress vor allem ernährungsbedingt verursacht. Denn überall dort in der Welt, wo sich noch ursprünglich lebende Menschen schlagartig dem westlichen Lebensstil anpassen, steigen die Zivilisationserkrankungen sprunghaft an.

„Lass Nahrung deine Medizin sein und Medizin deine Nahrung!“ Diesen Satz prägte der griechische Arzt Hippokrates schon vor über 2000 Jahren. Leider wird dieser Leitgedanke in den westlichen Industrieländern kaum noch befolgt. Sogar in Krankenhäusern müssen Nahrungsmittel vor allem wirtschaftlich sein. Der Bewegungsapparat ist in der digitalisierten Welt eigentlich vollkommen überflüssig geworden. Zwischen

Beruf, Freizeit und Familie bleibt am Ende nicht mehr viel vom Tag, sodass die Nahrungsaufnahme immer mehr im Vorbeigehen erledigt wird.

### Wenn wir essen, wollen wir uns nicht bewegen

Die Genetik des Menschen hat Bewegung und Essen nicht an die gleiche Stelle ins Genom geschrieben. Sie schließen sich praktisch aus. Mit anderen Worten: Wenn wir essen (was wir oft tun!), schaltet unser Gehirn die Motivation für spontane Bewegung ab. Dabei brauchen wir nicht ständig Energie! Unsere katabolen Hormone können die gespeicherte Energie aus den Glykogenspeichern und Fettdepots eigentlich rechtzeitig mobilisieren – scheinbar haben wir das verlernt! Die westlichen Zivilisationserkrankungen sind daher vor

allem ein Problem zu häufiger Mahlzeiten. Erst an zweiter Stelle steht die falsche Auswahl von Nahrungsmitteln.

### Krebs ist vor allem eine Stoffwechselkrankheit

Übergewicht ist keine Krankheit, aber der Nährboden für die Entwicklung metabolischer Erkrankungen wie Diabetes mellitus oder Krebs. Nobelpreisträger Otto Warburg erkannte in den 1930er Jahren als einer der Ersten, dass Krebs vor allem eine Stoffwechselkrankheit ist. Die Krebszelle schaltet in den anaeroben Urmodus, wenn ein Tumor schnell Energie gewinnen muss, um zu wachsen. Aus diesem Grund fühlen sich Krebspatienten matt und zeigen wenig Lust auf Bewegung oder Training – ein Tumor kostet einfach zu viel Energie! Andere Organe wie das Gehirn und die Muskulatur werden vernachlässigt. Wenn wir neben häufigem Snacken dann noch zu hochglykämischen Industrieprodukten greifen, ist der Insulinspiegel im Blut dauerhaft erhöht, was nicht gut ist!

### Insulin – ein Hormon, das (uns) mästet

Hohe Insulinspiegel sorgen für Speicherung. Deshalb nutzt man Insulin auch in der Tiermast. Unsere Rinder und Schweine sollen möglichst schnell fett werden, damit sie als billiges Fleisch zeitnah in der Kühltheke landen. Gibt man dann noch Fruktose hinzu, muss man schlachten, bevor die Tiere Gicht, Arteriosklerose oder Krebs bekommen. Denn wer möchte schon krankes Fleisch auf seinem Teller sehen? Bei Menschen funktioniert das übrigens ähnlich.

Insulin ist das einzige Hormon, das der Mensch in fünf Millionen Jahren Evolution dafür entwickelt hat, den Blutzuckerspiegel zu senken. Dagegen schütten wir jedoch fünf Hormone aus, um diesen wieder anzuheben.

Der Hintergrund: Unsere Vorfahren konnten auf langen Wanderungen zu den Futterplätzen und Wasserquellen nicht in die Büroschublade greifen oder zum Kühlschrank laufen. Sie mussten abwarten, bis es Beeren am Waldrand oder Pilze im Unterholz gab.

### Das „Big City Life“

In einer Großstadt wie Köln (ent)stehen an jeder Hausecke Backshops mit einer breiten Palette industrieller „To go“-

Produkte, die den Insulinspiegel ansteigen lassen und man dann typischerweise 60 bis 90 Minuten nach Abfall des Blutzuckerspiegels wieder Hunger bekommt.

Zu häufige Snacks sind die eine Seite, die Auswahl geeigneter Nahrungsmittel die andere. Die Diskussion darüber, welche Nahrungsmittel nun gesund sind und welche nicht, endet nicht selten in missionarischen Glaubenskriegen zwischen Veganern, Vegetariern und Anhängern anderer Ernährungsphilosophien.

Eine glaubwürdige Argumentationskette der ein oder anderen Konfession klingt zwar für die Konsumenten zunächst logisch, Forschern entbehren sie aber häufig jeglicher wissenschaftlicher Grundlage. Denn: **Weder tierische noch pflanzliche Nahrungsmittel sind zunächst weder gesund noch krank machend.**

Anzeige

**Link-Tipp**

**Besuchen Sie uns unter:  
[www.bodylife.com/flexx](http://www.bodylife.com/flexx)**



fle-xx

das Rückgrat-Konzept

### Eindringlinge unseres Darms

Pflanzliche und tierische Nahrungsquellen der Steinzeit, auf die wir einmal optimal angepasst waren, haben kaum noch etwas mit unseren heutigen Nutztieren und -pflanzen gemein. Züchtungen, Massentierhaltung oder auch pestizid-, herbizid- und fungizidgetränkte Monokulturen brachten neue Nahrungsmittel mit unbekanntem Inhaltsstoffen hervor, die uns in Form von Intoleranzen und Allergien mehr und mehr zu schaffen machen. Unsere Immunzellen, die sich in großen Teilen im Darm befinden, wehren sich nach Kräften gegen die neuen Eindringlinge, indem sie Darmstörungen wie Durchfall, Koliken oder Übelkeit auslösen – zum Glück, denn Allergene landen besser in der Schüssel als in der Blutbahn.

Gesundheitsbeeinträchtigende Antinährstoffe findet man in artgerecht lebenden Wildtieren normalerweise nicht. Auf Fleisch, Fisch und Schalentiere sind wir evolutionär programmiert. Nicht aber auf die Milch anderer Säugetiere, die Kälber oder Lämmer zum Wachstum anregen soll – aber erwachsene Menschen?

Viele Menschen auf der Welt können keinen Milchzucker (Laktose) spalten, weil ihnen das entsprechende Enzym dafür fehlt. Darüber hinaus wirken Casein und andere Milchbestandteile allergen. Ähnliches gilt für Getreide und Hülsenfrüchte: Das in Brot, Nudeln, Kuchen und Bier enthaltende Gluten sorgt bei vielen für allergische Reaktionen bis hin zu einer Glutenunverträglichkeit und Hülsenfrüchte wie Erdnüsse, Bohnen, Linsen und Soja sorgen durch Lektine und Saponine für eine entzündliche Aufruhr zwischen den Darmzotten. Der Grund: Die erwähnten Antinährstoffe perforieren den Darm auf Dauer wie Schweizer Käse.

Dadurch ist die Tür für Fremdstoffe aus der Nahrung offen, die wiederum in die Blutbahn übertreten und dort häufig chronisch-latente Entzündungen hervorrufen können.

Wissenschaftlich wird immer deutlicher, dass dieser schleichende Prozess die Ursache für fast alle Zivilisationserkrankungen darstellt.

**Unter dem Strich:** Wenige Mahlzeiten und niedrig-glykämische Nahrungsmittel verhindern Diabetes Typ 2 und (wahrscheinlich) Krebs. Hypoallergene pflanzliche und tierische Nahrungsmittel halten den Darm hingegen sauber und die „Leitungen“ frei.

**Daher mein Tipp:** Wenn man sein Leben verlängern will, sollte man es durch Industrienahrung und Antinährstoffe nicht unnötig verkürzen!

Jens Freese



Jens Freese ist wissenschaftlicher Leiter der Deutschen Trainer Akademie und studierte bei Loren Cordain, dem Begründer der Paleo Diät. Aktuell schreibt er an seiner Doktorarbeit am Institut für Natursport und Ökologie der Deutschen Sporthochschule Köln über die Effekte einer steinzeitlichen Lebensweise auf die modernen Wohlstandserkrankungen. Weitere Infos: [www.paleo-leben.de](http://www.paleo-leben.de)