

Prof. Dr. Ingo Froböse

DER STOFF WECHSEL KOMPASS

WAS UNS IN DER
ZWEITEN LEBENSHÄLFTE
FIT, SCHLANK
UND WACH HÄLT

Ingo Froböse
Der Stoffwechselkompass

PROF. DR. INGO FROBÖSE

DER STOFFWECHSEL- KOMPASS

Was uns in der zweiten Lebenshälfte
fit, schlank und wach hält

ullstein extra

Wir verpflichten uns zu Nachhaltigkeit



- Klimaneutrales Produkt
- Papiere aus nachhaltiger Waldwirtschaft und anderen kontrollierten Quellen
- ullstein.de/nachhaltigkeit



Ullstein extra ist ein Verlag der Ullstein Buchverlage GmbH
ullstein.de

ISBN 978-3-86493-153-6

© Ullstein Buchverlage GmbH, Berlin 2022

Alle Rechte vorbehalten

Gesetzt aus der Kepler Std Light

Satz: Pinkuin Satz und Datentechnik, Berlin

Mitarbeit am Text: Ulrike Schöber, Dortmund

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

INHALT

Vorwort	11
STOFFWECHSEL – WAS IST DAS?	15
Verdauung – aus Nahrung werden Nährstoffe	20
<i>Im Mund – gute Vorbereitung für ein gutes Ergebnis</i>	22
<i>Im Magen – Zerkleinerung im Säurebad</i>	23
<i>Im Dünndarm – Wechsel der Stoffe in den Körper</i>	26
<i>Im Dickdarm</i>	27
<i>Mikrobiom – lebendige Unterstützung für den Darm</i>	28
Kreislauf und Transportstoffwechsel – unentbehrlich für die Versorgung	32
<i>Die Lymphe – das unbeachtete Zirkulationssystem</i>	35
<i>Transportstoffwechsel – der Lieferdienst für die Zellen</i>	41
<i>Mikrozirkulation – Austausch der Stoffe zwischen Blut und Zellen</i>	47
Hormone – die Überredungskünstler des Stoffwechsels	50
<i>Die Schilddrüse – das Masterorgan des Stoffwechsels</i>	51
<i>Die Nebenschilddrüsen – häufig unbeachtet</i>	62
<i>Die Nebennieren – unbekannte Hormondrüsen</i>	63
<i>Die Bauchspeicheldrüse – doppelt wichtig</i>	75
<i>Hormone messen im Alltag – meist ungenügend!</i>	84

Enzyme und Coenzyme – Beschleuniger im Stoffwechsel	87
Vom Leben und Sterben der Zellen:	
Mitose, Autophagie, Apoptose	90
<i>Zellteilung – Schwerstarbeit für den Stoffwechsel</i>	91
<i>Autophagie – Reinigung der Zelle und Recycling von Abfallstoffen</i>	94
<i>Apoptose – die geplante Selbsttötung der Zelle</i>	98
<i>Altern – ein Streik der Zellerneuerung</i>	101
Biorhythmus und Stoffwechsel	105
<i>BRAC – der unbekannte Zyklus</i>	110
<i>Der Stoffwechsel schläft nie – aber er braucht seinen Schlaf!</i>	112

DER KOHLENHYDRATSTOFFWECHSEL 119

Ohne Glukose sterben wir!	121
Wie aus Glukose Energie wird	123
<i>Glykolyse</i>	124
Citratzyklus – Drehscheibe des Stoffwechsels	127
Die Atmungskette – unser Hauptenergielieferant	129
ATP – der Brennstoff unseres Lebens	131
Mitochondrien – unsere Energieerzeuger	136
<i>Alternde Mitochondrien?</i>	140
<i>Mitochondriale Biogenese – neue Kraftwerke entstehen</i>	142

DER FETTSTOFFWECHSEL 149

Fett, unser vielseitigster Nährstoff	149
<i>Triglyzeride</i>	151

<i>Cholesterin</i>	154
<i>Phospholipide</i>	156
<i>Störungen des Fettstoffwechsels: Weit verbreitet ab 50</i>	157
Auf die Fettsäuren kommt es an	162
<i>Ungesättigte oder gesättigte Fettsäuren – die Unterschiede</i>	165
<i>Gehärtete Fette und Transfette – Risiken für die Gesundheit</i>	169
<i>Umwandlung von Fett in Energie</i>	173
Fettgewebe ist nicht gleich Fettgewebe	176
<i>Fettzellen – unsere unbegrenzten Energiespeicher</i>	177
<i>Das weiße Fettgewebe – der Klassiker!</i>	179
<i>Das braune Fettgewebe – der Wärmelieferant</i>	181
<i>Das beige Fettgewebe – der Kalorienverbraucher</i>	182
<i>Fettgewebe fördert Entzündungen</i>	185
<i>Die Hormone des Fettgewebes</i>	187
Die Fettverteilung – Unterschiede zwischen Mann und Frau	190
<i>Das Problem: viszerales Fett im Bauchraum</i>	192
Bin ich ein guter Fettverbrenner?	
Spirometrie kennt die Antwort	196

DER EIWEIßSTOFFWECHSEL 199

Abbau der Aminosäuren – wenig Energie und viel Baustoffe	201
<i>Energie aus Eiweiß – nur als Reserve!</i>	203
<i>Baustoffwechsel: Proteine bilden unseren Körper</i>	205
Wie viel Eiweiß ist sinnvoll?	209
<i>Die biologische Wertigkeit der Aminosäuren</i>	212

DER ENERGIEVERBRAUCH DES STOFFWECHSELS **215**

Thermoregulation – eine Hauptaufgabe des Stoffwechsels	220
<i>Organe, Gehirn, Muskeln – unsere Wärmeproduzenten</i>	224
Was unser Gehirn benötigt – der Gehirnstoffwechsel	225
Schnell oder langsam?	
Der individuelle Charakter des Stoffwechsels	227
<i>Nichts tun und Energie verbrauchen – Grundumsatz und REE</i>	233
<i>Energie durch Anstrengung verbrauchen – Leistungsumsatz und MET</i>	238

ALTERSBEDINGTE VERÄNDERUNGEN DES STOFFWECHSELS **245**

Wechseljahre – der Organismus im Wandel	249
<i>Die Wechseljahre der Frau – eine Umstellung, keine Krankheit</i>	250
<i>Wechseljahre bei Männern – gibt es sie überhaupt?</i>	259
Sarkopenie – das größte Risiko für den alternden Stoffwechsel	264
<i>Sarkopenie rechtzeitig vorbeugen</i>	267
Veränderungen im Gehirn	273
Zunahme von Blutdruck und Gefäßwiderstand	275
Höheres Herzgewicht	276
Geschädigte Atemwege	277
Gedrosseltes Immunsystem	279

Geschwächte Nieren	279
Gestörter Flüssigkeitshaushalt	281
Magen-Darm-Trakt	282
Oft vergessen:	
Medikamente beeinflussen den Stoffwechsel	283
<i>Medikamente und Stoffwechsel ab 50</i>	287
Nachwort	289
Danksagung	291
Literatur	293

Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,
tauchen wir gemeinsam ein in das größte Wunderwerk unseres Körpers, den Stoffwechsel. Er leistet Unglaubliches, doch nur die wenigsten Menschen denken darüber nach oder wissen gar Genaueres. Die Leistungen des Metabolismus laufen so leise und effizient ab, dass wir nichts davon bemerken, wenn alles rundläuft. Deswegen können wir ihre Bedeutung nicht richtig einschätzen. Mit diesem Buch wird sich das ändern, und Sie werden viel besser verstehen, was warum in Ihrem Körper passiert und warum sich diese komplexen Vorgänge im Lauf unseres Lebens immer wieder verändern und anpassen müssen.

Das Wunderwerk Stoffwechsel bestimmt unser Leben: Täglich produziert er 40 bis 60 Kilogramm Energie, damit unser Herz schlagen, die Leber arbeiten und die Niere entgiften kann, damit Nährstoffe zu den Zellen transportiert werden, damit wir atmen und damit aus kleinen Kindern große werden können – kurz: damit wir leben können. Ohne Metabolismus wäre das alles unmöglich: Wenn er versagt oder nicht richtig arbeitet, dann sterben wir oder werden krank.

Rund um die Uhr arbeitet der Stoffwechsel unermüdlich für uns, und das jeden Tag. Täglich wird im Körper restauriert und repariert, aufgebaut und umgebaut. Es wachsen Haare und Nägel, und wir können Spitzenleistungen im Beruf, im Sport oder in der Freizeit erbringen. Doch früher oder später – oft zunächst völlig unbemerkt – ändert sich etwas. Irgendwann in der Lebensmitte, oft zwischen 40 und 50, merken wir plötzlich, dass wir keine 30 mehr sind – obwohl es sich im Kopf immer noch so anfühlt.

Haben Sie in diesem Zusammenhang schon einmal an Ihren Stoffwechsel gedacht? Vermutlich nicht. Doch alles, was mit Ihnen, alles, was mit uns passiert, ist auf Veränderungen des Stoffwechsels zurückzuführen – auch alle Entwicklungen im mittleren Alter. Dabei rede ich nicht von den Wechseljahren, denn auch sie sind nur ein Symptom eines sich verändernden Hormonstoffwechsels. Falten zeigen sich, weil sich der Stoffwechsel in der Haut verändert, die Haare werden dünner oder weniger, wir schlafen schlechter, sind auch nicht mehr so leistungsfähig, und – das kriegen die meisten sehr bewusst mit – wir legen immer mehr an Gewicht zu. Der Energiestoffwechsel und auch die Versorgung unserer Zellen mit den notwendigen Nährstoffen schwächen zunehmend.

In der Lebensmitte wandelt sich vieles in unserem Organismus, auch wenn dies manchmal schwer zu akzeptieren ist. Doch der Stoffwechsel verändert sich immer mit dem Ziel, uns in die Lage zu versetzen, die nächsten (50) Jahre optimal genießen zu können. Dabei will er immer nur das Beste für uns, doch wir machen es ihm leider häufig sehr schwer. Er verzeiht uns viele Fehler, aber nicht alle, und manchmal wird er dann dauerhaft launisch. Denn obwohl der Stoffwechsel so unbemerkt im Körper abläuft, hängt er stark davon ab, wie wir mit ihm umgehen, was wir ihm in den ersten 50 Jahren zugemutet haben und ob wir ihm möglicherweise ab jetzt Gutes tun wollen und vielleicht unsere Fehler korrigieren.

Ich nehme Sie mit auf eine Reise zu den Geheimnissen des Stoffwechsels, zu den verborgenen Prozessen in unserem Körper, und zeige Ihnen die Gründe und Ursachen für die Umstellung unseres Metabolismus ab 50. Sie werden sehen, dass die Veränderung des Energiestoffwechsels in der Lebensmitte zu einer Veränderung der Körperzusammensetzung und des Energieverbrauchs führt, wir dem aber nicht hilflos ausgesetzt sind und un-

seren Stoffwechsel durch kleine Maßnahmen recht einfach unterstützen können. Sie werden erkennen, dass viele körperliche Veränderungen, die man dem Alterungsprozess zuschreibt, vom Stoffwechsel abhängen, wir aber auch viele Möglichkeiten haben, steuernd und vielleicht sogar »erfrischend« einzuwirken.

Für all das, was mit uns in der Lebensmitte passiert, ist der Stoffwechsel der Schlüssel. Er beeinflusst sämtliche Alterungsprozesse, er nimmt direkten Einfluss auf unser Aussehen, unsere Figur, die Falten und Hautveränderungen, und bestimmt, ob wir jugendlich altern oder im jugendlichen Alter von 50 schon alt sind. Sie werden sehen, es lohnt sich, den Stoffwechsel richtig zu verstehen, damit Sie mit diesem Wissen genau die richtigen Maßnahmen ergreifen können, die Ihnen und Ihrem Stoffwechsel guttun.

Ihr Ingo Froböse

STOFFWECHSEL – WAS IST DAS?

Immer wieder staunen wir über Dinge, die unsere Vorstellungskraft übersteigen. Dann sprechen wir in der Regel von einem Wunder. Das größte Wunder aber übersehen wir fast alle, weil es für uns zu alltäglich und zu selbstverständlich ist: unser eigener Körper! Aus einer winzigen Eizelle ist er innerhalb von neun Monaten zu einem lebendigen Organismus herangewachsen. Als er dann das Licht der Welt erblickte, bestand er bereits aus 20 Billionen einzelnen Wunderwerken, den Zellen. In Kindheit und Jugend haben sie sich um das Drei- oder Vierfache vermehrt. Jetzt als Erwachsene haben Sie, ich und alle anderen Menschen 60 bis 80 Billionen Zellen – das ist eine Zahl mit 13 Nullen: 80 000 000 000 000! Eine unvorstellbar große Menge an Körperzellen, und sie alle arbeiten zusammen, damit wir ein gutes Leben haben. Wenn das kein Wunder ist ...

Hochkomplex, dabei so fragil und doch gleichzeitig sehr belastbar ist unser Körper. Er passt sich an alle möglichen Gegebenheiten an, funktioniert in den meisten Fällen einigermaßen reibungslos und lebt manchmal sogar 100 Jahre oder länger. Das ist umso erstaunlicher, wenn Sie bedenken, dass es sich um einen jahrtausendealten Entwurf der Natur handelt, der sich seitdem kaum verändert hat. Trotzdem kennen wir längst nicht all seine

Geheimnisse, obwohl Psychologen, Biologen, Mediziner und sogar Philosophen zunehmend versuchen, ihn zu verstehen.

Unser Körper erfindet sich jeden Tag neu, leistet Großes, heilt und restauriert sich selbst – und ist dabei auch noch emotional, sozial und kreativ. Dabei scheint es an Zauberei zu grenzen, dass er hauptsächlich aus Wasser und Sauerstoff besteht. Der Rest sind Metalle und Nichtmetalle, die insgesamt einen Warenwert von weniger als 50 Euro haben, wie Wissenschaftler berechnet haben. Insgesamt handelt es sich um nur 59 verschiedene Substanzen, die den Körper formen und leben lassen. Im Einzelnen sind dies durchschnittlich bei einem Erwachsenen:

- Wasserstoff: 60,3 Prozent
- Sauerstoff: 25,5 Prozent
- Kohlenstoff: 10,5 Prozent
- Stickstoff: 2,42 Prozent
- Natrium: 0,73 Prozent
- Kalzium: 0,226 Prozent
- Phosphor: 0,134 Prozent
- Schwefel: 0,041 Prozent
- Kalium: 0,036 Prozent
- Chlor: 0,032 Prozent
- Magnesium: 0,010 Prozent

Außerdem finden sich im Körper noch Spurenelemente, die zwar nur einen winzigen Anteil im menschlichen Organismus ausmachen, aber dennoch unverzichtbar sind.

Reicht Ihre Vorstellungskraft so weit, dass allein aus so einer kleinen Ansammlung von chemischen Stoffen und Reaktionen auf der Grundlage von Wasser und Sauerstoff etwas derart Großartiges wie wir Menschen mit all unseren individuellen Ausprägungen entstehen kann? Diese überschaubare Menge von win-

zig kleinen, metallischen und nichtmetallischen Komponenten kostet weniger als ein paar Schuhe oder ein Tribünenplatz im Fußballstadion, und trotzdem: Kombiniert mit Wasserstoff und Sauerstoff, geschehen damit im Körper unglaubliche Dinge. Sie alle fassen wir unter dem Wort Stoffwechsel oder auch Metabolismus zusammen. Was täglich mithilfe des Stoffwechsels im Körper passiert, ganz von selbst abläuft und ohne dass wir etwas dazu tun, ist ein wahres Wunder:

- Jeden Tag produziert der Körper mindestens 40 bis 60 Kilogramm Energie, das sogenannte ATP (Adenosintriphosphat, das menschliche Zell-Benzin), damit alle biochemischen Prozesse im Organismus überhaupt ablaufen können. Davon benötigt allein das Gehirn schon fast 20 Prozent.
- Von uns völlig unbemerkt, hält der Körper unsere Temperatur ständig auf konstanten 36 bis 37 Grad Celsius! Stellen Sie sich nur einmal Ihre Heizkostenrechnung vor, wenn Sie so 365 Tage im Jahr Ihre Wohnung heizen wollten. Wie viel Gas oder Öl dafür eingesetzt werden müsste, um solche Temperaturen zu garantieren. Entsprechend umgerechnet, produziert der Organismus etwa 1000 Kilowattstunden Energie im Jahr!
- Ihr Herz schlägt pro Tag etwa 100 000 Mal und pro Jahr 36 Millionen Mal für Sie. Das sind etwa 3000 bis 4000 Millionen Schläge in Ihrem hoffentlich langen Leben. Dabei produziert Ihr Herz pro Jahr Strom, der etwa einer Menge von 100 Kilowattstunden entspricht.
- Sie atmen pro Stunde etwa 900 Mal und nehmen dabei täglich etwa 10 000 Liter Luft auf, die Ihr Körper bearbeitet.
- Die Blutgefäße im Körper bilden hintereinander gelegt etwa eine Strecke von 100 000 Kilometern.
- Je nach Körpergewicht haben Sie fünf bis acht Liter Blut.

Es braucht etwa 20 bis 60 Sekunden, um einmal durch den ganzen Körper zu wandern. Das entspricht einer täglichen Pumpleistung von 8000 Litern. Jede Blutzelle dreht etwa 1400 Mal pro Tag die Runde durch Ihren Körper.

- Ihr Blut erneuert sich dreimal komplett pro Jahr, weil täglich 200 Milliarden neue Blutzellen produziert werden.
- Ihr Augenlid schließt und öffnet sich zum Schutz Ihrer Augen und zu deren Befeuchtung etwa 100 000 Mal täglich – unbemerkt und unbewusst.
- Im Verlauf unseres Lebens entstehen 70 Liter Tränenflüssigkeit.
- Pro Tag werden 1,5 Liter Speichel produziert. Das sind nach 70 Jahren bereits über 38 000 Liter.
- Die Niere reinigt täglich in Ihrem Körper 180 Liter Wasser, also so viel, dass eine Badewanne überlaufen würde.
- In Ihrem Darm leben 100 Billionen Bakterien, die versorgt werden müssen.
- Ihre Haare wachsen täglich um 0,3 Millimeter und die Fingernägel pro Monat etwa 3 Millimeter.
- Ihr Gehirn mit seinen etwa 150 Milliarden Nervenzellen besitzt 5,8 Kilometer lange Nervenbahnen. Es benötigt etwa 20 Watt Energie pro Stunde, um die bis zu zehn Billionen Aktivitäten pro Sekunde schaffen zu können.
- Nervenimpulse erreichen eine Geschwindigkeit von 100 Metern je Sekunde im Körper. Das entspricht 360 Stundenkilometern!
- Unsere Augen können etwa sieben Millionen Farben unterscheiden. Sie korrigieren pro Tag etwa 100 000 Mal selbstständig ihre Scharfstellung.
- Bei einer Ejakulation werden 400 Millionen Spermien katalpultartig ausgestoßen, damit eventuell eins durchkommt.
- Ihre Knochen erneuern sich etwa alle 15 Jahre komplett.

- Der Darm eines 75-jährigen Menschen hat rund 30 Tonnen Nahrung verdaut und verarbeitet.

Diese Liste der fantastischen Leistungen unseres Körpers könnte ich fast unendlich fortsetzen und hätte dann nur die alltägliche Arbeit des Organismus beschrieben. Die zahlreichen Spitzenwerte, die der menschliche Körper beispielsweise im Sport erzielt, kommen noch obendrauf! Für all dies arbeiten Ihr Organismus und besonders Ihr Stoffwechsel ein Leben lang rund um die Uhr, 24/7! Einzig der Stoffwechsel ist der Garant dafür, dass dies alles möglich wird und wir so leben können, wie wir es gerade jetzt tun. Er verteilt die Nährstoffe, liefert Vitalstoffe und Energie genau dorthin, wo sie benötigt werden. Er entsorgt Verbrauchtes, repariert Kaputtes, entgiftet, reinigt, transportiert, löst Stoffe aller Art, baut Zellen neu auf, entsorgt alte und kaputte Zellen, und so weiter und so fort.

Ohne Stoffwechsel gäbe es kein Leben, kein Wachstum, keine Fortpflanzung, keine Kreativität, keine Liebe und keine Lust. Der Stoffwechsel ist letztlich der Motor für alles, was wir sind und was wir werden. Im Wesentlichen liefert er die Energie für alle Prozesse unseres Organismus und sichert die Qualität unserer Zellen, indem er diese ständig auf-, um- und neu baut. Das beginnt bei der Verarbeitung unserer Nahrung durch die Verdauung, die überhaupt erst dafür sorgt, dass Nährstoffe in unseren Organismus gelangen. Dann geht es weiter mit der Verteilung dieser Substanzen durch den Kreislauf im Körper bis hin zur Mikrozirkulation, die dafür sorgt, dass die Stoffe auch da landen, wo sie benötigt werden. Hormone steuern und Enzyme beschleunigen diese komplexen biochemischen Vorgänge, und wenn alles rundläuft, halten sich der Auf- und Abbau von Zellen die Waage, und wir fühlen uns fit und gesund.

VERDAUUNG – aus Nahrung werden Nährstoffe

Wissen Sie noch, was Sie gestern im Verlauf des Tages alles gegessen und getrunken haben? Was immer es auch war: Es ist genau jetzt in Ihrem Körper, und Ihr Stoffwechsel verarbeitet es noch. Doch angefangen hat er mit der Verarbeitung schon gestern, und zwar in dem Moment, als Sie den Mund geschlossen und (hoffentlich gut) gekaut haben, denn bereits damit beginnt der Verdauungsprozess.

Wenn das Wort »Verdauung« fällt, denken wir meist spontan an zwei Organe: Magen und Darm. Und wir bewerten unwillkürlich sofort, ob unsere Verdauung gut funktioniert oder nicht. Ganz besonders wichtig erscheint uns dabei die sogenannte Darmdurchgangszeit. Damit ist der Zeitraum gemeint, den der Organismus benötigt, um die Lebensmittel komplett zu bearbeiten und danach die Reste zu entsorgen. Das dauert manchmal ganz schön lange, was aber überhaupt nicht schlimm ist und schon gar kein Grund, mit Abführmitteln nachzuhelfen, denn gerade damit bringen Sie die Verdauung durcheinander.

Im Durchschnitt benötigen die Lebensmittel von der Mundhöhle bis zum Darmausgang bei Männern etwa 48 bis 54 Stunden und bei Frauen 60 bis zu 72 Stunden. Jede Mahlzeit verbringt also einige Tage in unserem Körper! Die wenigste Zeit liegt sie dabei im Magen – meist nur vier bis sechs Stunden – oder im Dünndarm (fünf bis acht Stunden). Tatsächlich am längsten befindet sich der Nahrungsbrei im Dickdarm und kann dort schon mal einige Tage richtig »versauern«.

Leider wissen wir immer noch nicht, warum die Darmpassage bei Frauen bis zu 24 Stunden, also einen gesamten Tag, länger

Verdauungsprobleme – die neue Volkskrankheit

Aktuell sind zwar immer noch die Rückenbeschwerden die Nummer eins unter den Volkskrankheiten, aber die Probleme im Magen-Darm-Trakt holen rasant auf. Mehr als 25 Prozent der deutschen Erwachsenen ab 50 berichten aktuell über Schwierigkeiten im Bauchraum. Neun Millionen Deutsche über 45 leiden unter Reflux, zwölf Millionen haben ein »Reizdarm-Syndrom«, und 13 Prozent quälen intensive Blähungen. Das alles kostet die deutschen Krankenkassen jährlich etwa 35 Milliarden Euro an direkten Ausgaben (Arzt, Krankenhaus, Medikamente). Die Deutsche Gesellschaft für Gastroenterologie, Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS) erwartet, dass bis zum Jahr 2032 weitere 22 Prozent der Bevölkerung davon betroffen sind, sodass dann die Hälfte der Erwachsenen in Deutschland dauerhaft unter einer Erkrankung des Verdauungssystems leidet – eine neue Volkskrankheit auf dem Vormarsch.

dauern kann. Bekannt ist nur, dass die Verdauungszeit vielen Einflüssen unterliegt und sogar individuell schwanken kann. Wenn Sie einen bewegten und aktiven Tag hatten, geht es üblicherweise bei den gleichen Speisen viel schneller, als wenn Sie vor allem am Schreibtisch gegessen haben. Auch das Alter hat offensichtlich einen großen Einfluss, denn spätestens mit dem 50. Lebensjahr setzen die Verarbeitungsprobleme bei vielen Frauen und etwas später auch bei den Männern ein.

Tatsächlich ist die Verarbeitung von Nahrungsmitteln im Körper der Prozess, bei dem Sie den Stoffwechsel manchmal ziemlich direkt bemerken können. Denken Sie nur daran, wie schnell sich der Geruch von Urin nach einem leckeren Spargelessen ver-

ändert. Betrachten wir den gesamten Verdauungsvorgang einmal von Beginn an, denn nur an Magen und Darm zu denken, greift viel zu kurz und zeigt, wie wenig wir die so wichtigen Prozesse innerhalb unseres Körpers kennen.

Im Mund – gute Vorbereitung für ein gutes Ergebnis

Schon vor dem eigentlichen Essen, wenn wir es riechen oder uns nur darauf freuen, bereitet unser Körper die Verdauung vor und aktiviert die Speicheldrüsen. So läuft uns im wahrsten Sinne des Wortes das Wasser im Mund zusammen. Das ist zum einen für die gute Durchfeuchtung der Nahrung wichtig und zum anderen wegen der enthaltenen Enzyme. Sie beginnen nämlich bereits im Mund, Kohlenhydrate und Fette aufzuspalten.

Das klappt aber nur, wenn wir uns ausreichend Zeit nehmen und ganz in Ruhe essen und dabei sehr gründlich kauen. Beim Kauen zerkleinern wir unser Essen nicht nur, sondern vermengen es auch mit dem Speichel. Dadurch können die Enzyme besser ihre Arbeit machen, und es gelangt ein weicher Brei durch die Speiseröhre in den Magen. Die Alpha-Amylase, auch Ptyalin genannt, ist sicher das bekannteste Speichelenzym und für die Kohlenhydrate zuständig, während die Lipase Fett spaltet. Die Arbeit der Amylase können Sie auch schmecken: Wenn Sie ein Stück Brot gründlich kauen, schmeckt es nach einer Weile süßlich, weil die vielen enthaltenen Kohlenhydrate schon in ihre Grundbestandteile, also in Zuckermoleküle, zerlegt wurden.

Essen Sie dagegen hastig und kauen kaum, wird es für Magen und Darm schwierig mit der Weiterverarbeitung. Zu grobe Nahrungsbestandteile können sie eventuell gar nicht verwerten.

Dann wählen Sie vielleicht gesunde Lebensmittel, aber deren Vitalstoffe können in Ihrem Organismus gar nicht ankommen, weil Sie zu wenig gekaut haben. Wenn Sie vor dem Schlucken etwa dreißigmal kauen, liegen Sie richtig.

Durch gründliches Kauen erreichen Sie aber nicht nur eine bessere Verdauung: Auch auf den Insulinspiegel soll es sich positiv auswirken. Forscher der Universität Manchester haben außerdem in Experimenten an Tieren herausgefunden, dass auch das Immunsystem profitiert. Die TH17-Zellen, die Bakterien und Schimmelpilze in der Mundhöhle bekämpfen, vermehren sich.

Im Magen – Zerkleinerung im Säurebad

Nachdem wir den gut gekauten und zusammengepressten Nahrungsbrei geschluckt haben, gelangt er durch die Speiseröhre in den Magen. Die meisten von uns setzen den Magen mit dem Bauchraum gleich, dabei liegt er dort gar nicht. Schaut man an sich hinunter, dann befindet er sich viel weiter oben in Richtung Brustraum und auch eher auf der linken Seite des Körpers. Er ist etwa 25 Zentimeter lang und kann ein Volumen von rund 1,2 bis 1,4 Litern aufnehmen.

Meines Erachtens schreiben wir dem Magen viel zu viel Bedeutung zu. Das zeigt sich auch daran, dass er einigen Menschen entfernt wird und sie trotz allem ohne größere Probleme weiterhin gut essen und verdauen können. Die wichtigste Aufgabe des Magens ist, den Speisebrei gründlich mit Salzsäure zu vermischen. Sie ist in 0,5-prozentiger Konzentration der Hauptbestandteil der Magensäfte und tötet alle Mikroorganismen ab,

die es bis hierher geschafft haben. Leider kommen aber manchmal doch welche durch, etwa die Darmbakterien *E. coli* (siehe Seite 31) oder Salmonellen, und verursachen dann schlimme Probleme.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, Folgendes zu wissen: Wir schieben die Ursache von Übelkeit und Durchfall meist auf unser letztes Essen. Doch die Bakterien oder Viren, die uns möglicherweise dieses Übel eingebrockt haben, müssen sich im Körper erst heimisch einrichten und vermehren, bevor sie ihre unangenehme Wirkung entfalten können. Dafür benötigen sie etwa 18 bis 24 Stunden. Deswegen müssen wir davon ausgehen, dass es eher eine Mahlzeit am Vortag war, die uns das Malheur beschert hat.

Eine zweite wichtige Aufgabe der Magensäure ist es, Eiweiße aufzuknacken. Dafür enthält der Magensaft Pepsine, die in der sogenannten Proteolyse die langen Proteinketten, die etwa in Fisch, Fleisch, Ei oder Linsen enthalten sind, in Peptide zerlegen. Im Unterschied zu den Proteinen, die aus langen Ketten von Aminosäuren – unseren Eiweißbausteinen – bestehen, sind Peptide deutlich kürzer: Sie enthalten »nur« bis zu 50 Eiweißbausteine, manche Wissenschaftler legen die Grenze auch bei 100 fest. Damit sind die Aminosäuren noch längst nicht bereit für die weitere Verwertung im Körper, aber einen Schritt näher dran. Sie sehen schon an diesem Beispiel, dass viel »Körperchemie« nötig ist, bis Substanzen wirklich in den Zellen ankommen.

Das berühmte Loch im Magen

1822 wurde der junge Kanadier Alexis Martin in Michigan unterhalb der linken Brust von einer Kugel aus wenigen Metern Entfernung getroffen. Erstaunlicherweise überlebte Martin, aber leider heilte seine Wunde niemals richtig zu. Sicher unangenehm für Martin, aber ein Glücksfall für die medizinische Forschung, denn zu dem Zeitpunkt wusste man nichts darüber, wie der Magen arbeitet und mit der Nahrung überhaupt umgeht: Der behandelnde Arzt William Beaumont, ein erfahrener Chirurg der US-Armee, erkannte sofort diese große, fast historische Chance, lud Martin in sein Haus ein und versorgte und behandelte ihn dort. Als Gegenleistung durfte Beaumont Experimente mit den verschiedensten Lebensmitteln bei Martin durchführen. Dazu führte er durch das offene Loch an einem seidenen Faden Nahrungsmittel in den Magen ein, ließ sie dort eine gewisse Zeit einfach hängen und zog sie dann wieder hinaus, um den entstandenen Brei zu untersuchen. Beaumont entdeckte so als Erster, dass der Nahrungsbrei mit Salzsäure im Magen vorverdaut und »gereinigt« wird.

Die Versuche zogen sich über viele Jahre hin. Dabei kam es immer wieder zu Unterbrechungen, weil Martin ab und an in die »weite Welt« hinauszog. Das Erstaunlichste daran: Martin wurde 86 Jahre alt und führte in seiner Heimatstadt in Quebec eine glückliche Ehe mit sechs Kindern. Er überlebte seinen wissbegierigen ärztlichen Begleiter sogar um 27 Jahre.

Im Dünndarm – Wechsel der Stoffe in den Körper

Im Dünndarm wird der Nahrung all das entzogen, was für den Körper wichtig und notwendig ist: die Nährstoffe und die Vitalstoffe. Dabei helfen auch Bakterien fleißig mit. (Auf diese gehe ich gleich noch ein.) Vom Darm wechseln diese Stoffe dann in die Blutbahn und werden darüber im gesamten Körper verteilt. Leider schafft der Dünndarm auch die Grundvoraussetzung für Übergewicht, denn er zieht einfach alles raus – egal, ob der Organismus es aktuell benötigt oder nicht.

Der Dünndarm ist etwa fünf Meter lang. Er beginnt mit dem nur etwa 30 Zentimeter langen Zwölffingerdarm (der wird so genannt, weil man dachte, dass er die Länge etwa von zwölf Fingern besitzt), dem sogenannten Duodenum. Hier werden von der Galle und der Bauchspeicheldrüse (Pankreas) Gallenflüssigkeit und Pankreasenzyme eingespeist, die für die Verdauung unverzichtbar sind. Dann folgen der Leerdarm (Jejunum, der so heißt, weil er bei der Obduktion von Leichen meist völlig leer vorgefunden wird) und der Krumm- oder Hüft darm (Ileum, der sich in der Nähe der Hüfte befindet). Die Innenwand des Dünndarms ist nicht glatt, sondern besteht aus etwa vier Millionen etwa 0,5 bis 1,5 Millimeter hohen Ausstülpungen, den Dünndarmzotten. Dadurch vergrößert sich die Oberfläche um ein Vielfaches – und bietet sehr viel Platz, um Nähr- und Vitalstoffe aufzunehmen, wissenschaftlich Resorption genannt. Je nach »Lehrbuch« wird die Fläche des Dünndarms mit 60 bis 200 Quadratmetern angegeben.

Um den Organismus gegen die aggressiven Verdauungssäfte zu schützen, sind die Wände des Dünndarms mit einem ganz speziellen Darmepithel ausgekleidet. Seine Zellen produzieren einen schmierigen Schleim als Schutzschicht. Da ein Darm-

durchbruch und das Austreten der ätzenden Verdauungssäfte lebensbedrohlich wären, werden diese Epithelzellen wöchentlich einmal komplett ausgetauscht. Damit ist ihre Funktionstüchtigkeit garantiert, und das gewährleistet auch, dass der Dünndarm ein Leben lang immer auf einem optimalen Niveau arbeitet. Egal, ob mit 30, 50 oder 70 Jahren – er ist fit und leistungsfähig. Nur wenn wir ihn nicht gut behandeln, etwa durch schlechte Nahrung oder Medikamente, dann schwächelt er.

Innerhalb des Dünndarms bewegt sich der Nahrungsbrei ungefähr 2,5 Zentimeter pro Minute voran. Das geschieht durch die Kontraktionen der Muskulatur in der Darmwand, die sogenannte Peristaltik. Man kann sich das vorstellen wie eine regelmäßige, aber ganz ruhig ablaufende La-Ola-Welle des Darms.

Im Dickdarm

Im etwa zwei Meter langen Dickdarm – dem Colon – geht alles sehr ruhig ab, es ist ein Ort ohne Eile und Stress. Ganz im Gegenteil sogar: Wir wissen, dass Verdauungsprozesse sehr unter Stressbelastungen leiden. Das Colon ist quasi eine Art Gärtank oder menschliche »Güllegrube«, wo sich Stuhl, Darmgase und vor allem eine bunte Ansammlung von Mikroorganismen in Form der Bakterienflora befinden.

Jeden Tag produzieren Erwachsene durchschnittlich etwa 200 bis 250 Gramm Kot, was etwa 73 bis 91 Kilo im Jahr entspricht. Mit jedem Stuhlgang scheiden wir dann unverdaute Ballaststoffe, abgeschabte Darmzellen, Überreste roter Blutkörperchen und abgestorbene Bakterien aus. Etwa 40 Milliarden Bakterien und 100 Archaeen (Archebakterien oder auch Urbakterien) sowie viele Pilze und Amöben befinden sich in nur einem Gramm Kot.

Die Beschaffenheit des Stuhls verändert sich aber von Tag zu Tag so sehr, dass man an einer Kotprobe oft gar nicht die Qualität der Verdauungsprozesse optimal ablesen kann, sondern besser mehrere untersucht.

Mikrobiom – lebendige Unterstützung für den Darm

Dünn- und Dickdarm leisten zwar hervorragende Arbeit, haben dabei allerdings tatkräftige Hilfe: In beiden Bereichen unseres Verdauungssystems leben Bakterien, die unseren Organismus dabei unterstützen, die Nahrung umzuwandeln. Aktuell geht die Wissenschaft davon aus, dass wir von den 1000 bis 1500 existierenden verschiedenen Bakterienarten jeweils rund 200 bis 400 Arten im Darm haben, und zwar ganz individuell je nach »Nahrungsmuster«. Jeder Darm ist also einzigartig, weil viele verschiedene Lebensstilfaktoren die »Bakteriengemeinde« im Darm beeinflussen. Die Deutsche Gesellschaft für mukosale Immunologie und Mikrobiom (DGMIM) geht davon aus, dass besonders unsere westliche Diät mit relativ wenig Ballaststoffen zu einem geringen Spektrum an Bakterienarten führt, weil Ballaststoffe der Hauptnährstoff für Bakterien sind. Insgesamt beherbergen wir schätzungsweise etwa zehn Billionen Bakterien, die es auf ein Gewicht von 1,5 Kilogramm bringen. Gern werden sie als Darmflora bezeichnet, aber korrekter und besser ist »intestinales Mikrobiom«.

Die Bakterien übernehmen unendlich viele Aufgaben im Organismus. So unterstützen sie die Verdauungsprozesse, produzieren lebenswichtige Vitamine, neutralisieren giftige Substanzen, verstoffwechseln Medikamente, trainieren und stimulieren das Immunsystem und stellen dem Organismus die so wichtigen

Energie- und Baustoffe sowie die Werkzeuge (wie Enzyme) für den Stoffwechsel zur Verfügung.

Im Dickdarm befindet sich die große Mehrzahl der Bakterien. Sie nehmen all das auf, was bisher nicht verarbeitet werden konnte. Dabei spielen Ballaststoffe eine wichtige Rolle. Gleichzeitig sorgt dieses unverdauliche Fasermaterial aus Gemüse und Obst auch dafür, dass der Dickdarm genügend Arbeit hat, und schützt uns sogar vor Darmkrebs und Diabetes – das zeigen viele Studien.

In jeder Darmregion siedeln unterschiedliche Arten von Bakterien, die auch verschiedene Aufgaben erfüllen. Damit sich die Stämme nicht vermischen, werden sie durch die Ileozäkal- oder Dickdarmklappe, einen Verschluss aus Schleimhaut, zwischen Dünn- und Dickdarm getrennt. Funktioniert sie nicht hundertprozentig, hat das fatale Folgen für unser Wohlbefinden. Gar nicht so selten übersiedeln dann in den Dünndarm Bakterien aus dem Dickdarm, denn auch sie mögen die Nährstoffe, die sich dort befinden und eigentlich für unseren Organismus bestimmt sind. Für den bleibt allerdings bei einer Fehlbesiedelung des Dünndarms nicht mehr viel davon übrig.

Darmbakterien in der Balance

Ganz grob lassen sich diese Bakterien in drei verschiedene Typen, sogenannte Enterotypen, unterteilen:

- Typ 1: Der Großteil dieser Bakterien stammt aus der Gattung *Bacteroides*. Ihre spezielle Aufgabe ist es, die Kohlenhydrate zu fermentieren und die Vitamine Biotin (Vitamin B₇), Riboflavin und Pantothensäure zu produzieren.
- Typ 2: Eine große Menge dieser Bakterien gehört der Gattung *Prevotella* an, die Zucker-Eiweiß-Verbindungen abbauen. Darüber hinaus stellen sie Folsäure und Vitamin B₁ her.

- Typ 3: Dieser Typus beinhaltet besonders große Ansammlungen an Bakterien der Gattung Ruminococcus, die auf den Abbau von Proteinen und Zucker spezialisiert sind.

Aktuell geht die Forschung davon aus, dass diese Typen bei jedem von uns individuell verteilt sind. Wahrscheinlich bestimmt unsere Ernährung, welcher Typ vorherrscht. Außerdem vermutet man, dass eine in etwa gleichmäßige Verteilung für die Gesundheit am besten ist.

Weitverbreitet sind sogenannte Bifidobakterien (*E. bifidobacteria*). Sie wurden bereits vor mehr als 100 Jahren im Stuhlgang von Säuglingen nachgewiesen. Ab dem 50. Lebensjahr sind etwa 15 bis 20 Prozent unserer gesamten Bakterien auf diese Spezies zurückzuführen. Sie kennen sie als Milchsäurebakterien, weil sie einigen Milchprodukten als sogenannte Probiotika, also gesundheitsfördernde lebende Mikroorganismen, zugesetzt werden. Sie sind Vertreter der Säuerungsflora, weil sie etwa an der Produktion von kurzkettigen Fettsäuren, aber auch am Abbau von Ballaststoffen beteiligt sind. Wenn zu wenig Bifidobakterien im Organismus vorkommen, dann sollten Sie vermehrt hochwertige Kohlenhydrate und Ballaststoffe aufnehmen und weniger Eiweiß oder Fett.

Ein Begriff sind Ihnen vermutlich auch die sogenannten Laktobazillen, die neben den Bifidobakterien ebenfalls zur Säuerungsflora zählen. Auch sie helfen mit bei der Produktion von kurzkettigen Fettsäuren und beim Abbau von Ballaststoffen. Deren Anzahl ist recht häufig reduziert bei Störungen der Schleimhäute, etwa bei Allergien oder auch bei Neurodermitis. Zu wenig Kohlenhydrate führen ebenfalls nicht selten zu einem Mangel bei dieser Bakteriengattung. Wenn Sie vermehrt Ballaststoffe, Kohlenhydrate und Milchzucker – also Joghurt, Kefir, Buttermilch, Quark, Käse – essen, können Sie das ausgleichen.