

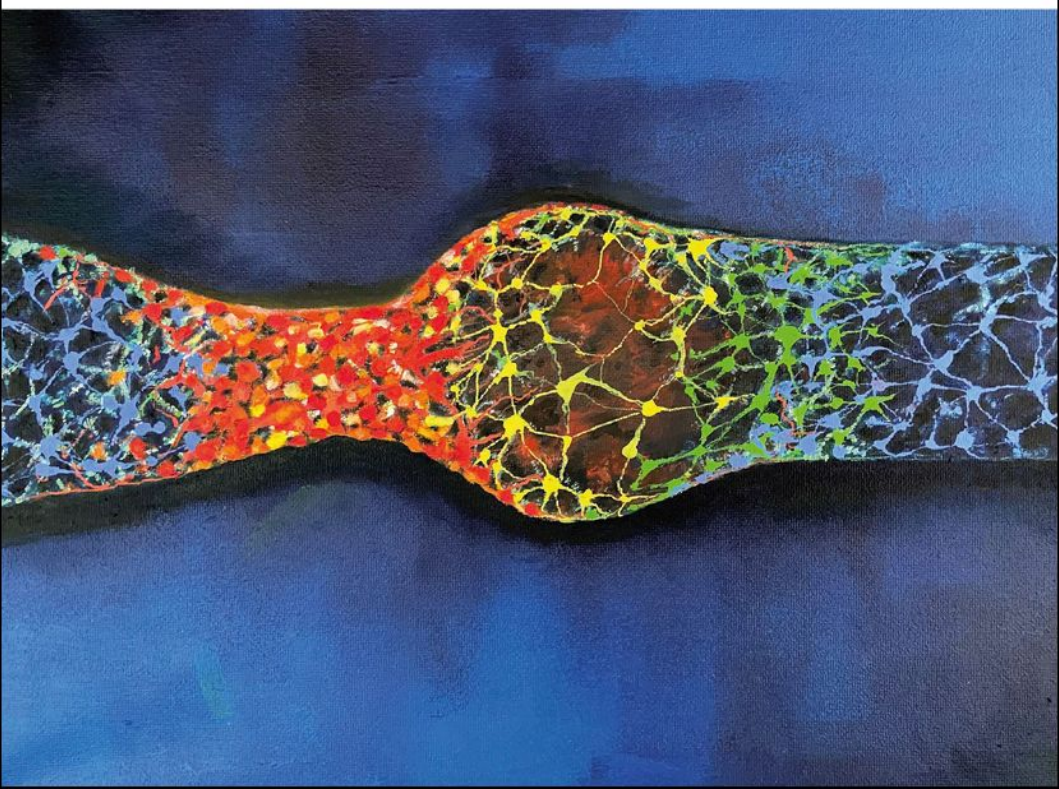
Hayit ■ Sachbuch

Annaházi / Enck / Frieling / Schemann

Unser **DARM**

– schlauer als man denkt

Wie das Bauchhirn Verdauung,
Wohlbefinden und Gesundheit beeinflusst



Das Autoren-Team: Die vier Neurogastroenterologen erforschen den Darm seit Jahrzehnten aus verschiedenen Blickwinkeln. Sie vertreten die Humanbiologie, Medizinische Psychologie und Innere Medizin mit dem Anspruch, Grundlagenforschung und klinische Aspekte direkt zu verknüpfen. Komplizierte medizinische Zusammenhänge erklären sie so, dass auch Menschen ohne medizinische Vorkenntnisse ihnen folgen.



Dr. med. Anita Annaházi vertritt die experimentelle Medizin. Sie lehrt und forscht als Assistant Professor an der Abteilung für Zellbiologie und Molekulare Medizin der Universität Szeged in Ungarn. Zuvor arbeitete sie am INRA in Toulouse und an der Technischen Universität München. Sie untersucht die Bedeutung des Darmmilieus für den gesunden und kranken Darm und seinen Einfluss auf neurologische Erkrankungen.



Prof. Dr. Paul Enck ist emeritierter Professor für Medizinische Psychologie an der Universität Tübingen. Seine Forschungsschwerpunkte sind Psychophysiologie und Neurogastroenterologie. Er vertritt kompetent die Psyche immer auch unter Berücksichtigung der biologischen Hintergründe. Sein besonderes Interesse gilt der wechselseitigen Beziehung zwischen Wahrnehmung, Stress und Verdauungsbeschwerden.



Prof. Dr. med. Thomas Frieling ist Internist und Gastroenterologe mit Schwerpunkt Neurogastroenterologie. Fast 25 Jahre leitete er am Helios Klinikum Krefeld eine Klinik für Innere Medizin mit Gastroenterologie und Neurogastroenterologie. Er gründete die Stiftung für Neurogastroenterologie, die junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler fördert. Seine Expertise erlaubt ihm, komplexe Magen-Darm-Beschwerden aus klinischer Sicht einzuordnen.



Prof. Dr. Michael Schemann ist emeritierter Ordinarius für Humanbiologie an der Technischen Universität München. Er erforscht seit Jahrzehnten das Nervensystem des Darms. Mit seinem Team entwickelte er optische Verfahren, um dem Bauchhirn im menschlichen Gewebe bei der Arbeit zuzuschauen. Besonders interessiert ihn, wie das Bauchhirn selbstständig arbeitet, wo die Autonomie ihre Grenzen hat und welche Dissonanzen krank machen.

Dr. Anita Annaházi
Prof. Dr. Paul Enck
Prof. Dr. Thomas Frieling
Prof. Dr. Michael Schemann

Unser Darm – schlauer als man denkt

Wie das Bauchhirn Verdauung,
Wohlbefinden und Gesundheit beeinflusst

Hayit, Köln

Inhalt

Vorwort	8
Vorwort des Herausgebers	10
Zwergen auf den Schultern von Riesen.....	12
1. LITTLE BRAIN – BIG BRAIN.....	16
1.1 Vom Spott zum Forschungsfeld	16
1.2 Wege in die Neurogastroenterologie.....	19
1.3 Vom Bauchhirn zum Kopfhirn – Wie der Darm die Evolution lenkte.....	21
1.4 Das erste Gehirn saß im Bauch	23
1.5 Verdauung zum Staunen: Von lecker zu bäh!	28
1.6 Faszination Darm – ein autonomes Hochleistungsorgan	32
1.7 Wie wir das Bauchhirn erforschen – Pioniere, Methoden und offene Fragen	37
1.8 Eine Frage der Motilität: Bewegungsstörungen im Darm.....	47
1.9 Wie frühe Kulturen Verdauung erklärten	50
<i>Zwei berühmte Patienten</i>	<i>52</i>
1.10 Pioniere einer neuen Medizindisziplin.....	55
<i>Das Nervensystem des Menschen</i>	<i>56</i>
2. DAS BAUCHHIRN: WIE „SMART“ IST DER DARM WIRKLICH?	62
2.1 Vom Bauchgefühl zur Wissenschaft	62
2.2 Zwei Nervensysteme – ein Dialog.....	63
2.3 Was bei Gefahr und Stress geschieht.....	67
2.4 Hunger und Sättigung.....	68
2.5 Kann der Darm wirklich lernen?.....	71
2.6 Was der Darm sich merkt	80
2.7 Das Bauchgefühl	83
3. DAS UNIVERSUM DES BAUCHES	86
3.1 Der kleine Unterschied – Risiko Geschlecht	86
3.2 Alter Bauch – neue Probleme	92
3.3 Ernährung: Der Mensch ist, was er isst?	97

4. WENN DER BAUCH AUS DEM TAKT GERÄT.....	120
4.1 Wenn Schlucken zur Schwerstarbeit wird.....	120
4.2 Der Reflux – Risiko Rückwärtsgang.....	124
4.3 Gastroparese – wenn der Magen streikt.....	126
<i>Der Magen – Hochleistungsorgan mit Taktgefühl.....</i>	<i>130</i>
4.4 Der Reizmagen – Stochern im Nebel	132
4.5 Der Reizdarm – viele Ursachen, ein Name	135
4.6 Verstopfung: Nichts geht mehr.....	141
<i>Der Dickdarm – unser inneres Recycling- und Steuerzentrum</i>	<i>150</i>
4.7 Blähungen & Unverträglichkeiten: Blowin’ in the wind	154
4.8 Die Suche nach den Ursachen	158
<i>Blähungen und Durchfall: Was steckt wirklich hinter Laktose, Fructose und Gluten.....</i>	<i>160</i>
4.9 Von Mäusen und Menschen.....	161
4.10 Die Tumor-Nerv-Achse	165
5. WIE DER BAUCH UNSER DENKEN & FÜHLEN BEEINFLUSST	167
5.1 Der unbekannte Dritte: das Mikrobiom.....	168
5.2 Schlüsselsubstanz Serotonin	181
5.3 Wenn der Bauch die Stimmung macht.....	184
<i>Probiotika als Arzneimittel?.....</i>	<i>190</i>
5.4 Nicht nur die Liebe geht durch den Magen	190
6. WENN NEUROLOGISCHE KRANKHEITEN IM DARM ENTSTEHEN	197
6.1 Tödliches Geschenk aus dem Jenseits	198
6.2 Beginnt Autismus im Bauch?	201
6.3 Zitternde Hände, Demenz ... und ein verstopfter Darm	204
6.4 Das Bauchhirn als trojanisches Pferd	210
6.5 Schlaganfall – wie der Darm Verlauf und Prognose beeinflusst	213
7. ... des Rätsels Lösung	214
8. Register und Glossar	219

Vorwort

Lieblingszitat der AutorInnen (Josh Billings, 1818–1885):

“A good reliable set of bowels is worth more to a man than any quantity of brains.”

„Ein verlässlich funktionierender Darm ist mehr wert als jede Menge Gehirn.“

Dass wir zwei Hirnhälften mit unterschiedlichen Aufgaben besitzen, weiß jeder. Aber dass wir auch zwei Gehirne in uns tragen, ist den wenigsten Menschen bewusst. Zwar sprechen alle vom Bauchgefühl, doch es besteht Bedarf an Antworten auf die Fragen, wer da wirklich fühlt und was gefühlt wird.

Wieso tragen wir ein zweites Gehirn in uns? Dabei ist es eigentlich das erste, denn die Entwicklungsgeschichte der Lebewesen begann mit der Verdauung. Nahrung aufspüren und diese zu fressen und auszuschcheiden, wurde von einfachen Organismen von einem einzigen Nervengeflecht gesteuert. Später verlebten sich die ersten Tiere Bakterien als Helfer ein und erledigten die Verdauung in Symbiose. Erst dann wurden die Aufgaben so kompliziert, dass das Leben einen Kopf brauchte und ein Gehirn.

Das „Universum“ im Bauch lässt sich bis heute vom Gehirn nicht viel sagen – nur in echten Notfällen greift dieses ein und führt beispielsweise zum Erbrechen. Hunger und Sattsein werden von beiden Zentralen in Kooperation gesteuert. Die tägliche Arbeit – das Analysieren, Weiterschieben, Ausbeuten und Verarbeiten der Nahrung – erledigt das Bauchhirn jedoch ganz alleine. Bei dieser wichtigen Tätigkeit würde der Kopf nur stören.

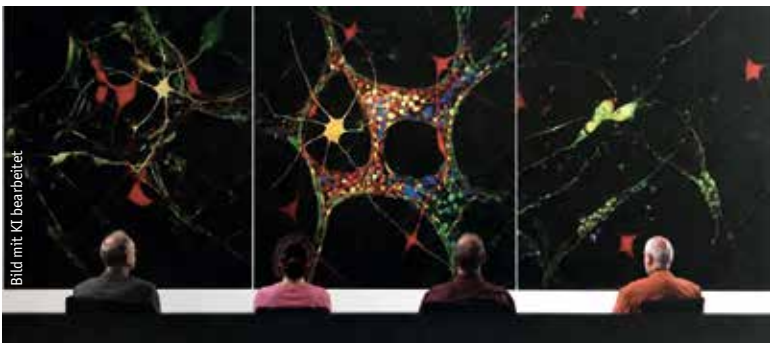
Auf dem langen Weg vom Mund bis zum After kann es jedoch zu vielen Kommunikationsproblemen kommen. Manche davon sind lebensbedrohlich, andere mindern die Lebensqualität, wie etwa Reizdarm oder Reizmagen, von denen weltweit zwischen 10 und 30 Prozent der Bevölkerung betroffen sind. Aufstoßen und Verstopfung, Durchfall, Blähungen und Krämpfe können allesamt Folgen einer Nervenkrankheit

im Bauchhirn sein. Vielen Patienten kann erst dann geholfen werden, wenn sie einen spezialisierten Neurogastroenterologen konsultieren, von denen es in Deutschland immer noch viel zu wenige gibt.

Mehr Forschung ist auf diesem Gebiet dringend notwendig, denn immer noch sind viele Zusammenhänge unklar und neue, spannende Fragen tun sich auf: Welche Rolle spielt das Bakterien-Biotop im Darm? Beeinflusst es unsere Nerven? Kann es uns mutig oder ängstlich machen, vielleicht sogar depressiv? Welche Risiken birgt der Transfer von Stuhl? Können wir Nahrung zu Medizin machen?

Ist es möglich, dass Nervenkrankheiten wie Parkinson nicht im Kopf, sondern im Darm entstehen und dann über verschlungene Pfade ins Gehirn eindringen? Werden wir irgendwann eigene Nervenzellen aus dem Bauch umwandeln und damit Krankheiten im Kopf heilen können?

Die Autorin und Autoren dieses Buches beschäftigt das Bauchhirn seit mehr als drei Jahrzehnten. Ihr Ziel ist es, den Blick auf dieses zweite Gehirn zu schärfen, auf seine Fehlfunktionen ebenso wie auf sein Potenzial. Dieses Buch bündelt den aktuellen Stand der Forschung, verständlich für Laien und zugleich wissenschaftlich fundiert. Und es zeigt, wie viel wir über das Bauchhirn bereits wissen und wie viel es noch zu entdecken gibt.



Thomas Frieling, Anita Annaházi, Michael Schemann und Paul Enck

Vorwort des Herausgebers

Ein Stück Darm liegt außerhalb des Körpers. Trotzdem arbeitet es weiter. Es bewegt seinen Inhalt koordiniert in Richtung Ausgang, obwohl kein Gehirn im Kopf mehr eingreift.

Diese Beobachtung ist mir bei der Lektüre besonders im Gedächtnis geblieben. Sie zeigt, wie eigenständig der Darm arbeiten kann. Möglich macht das ein Nervensystem in seiner Wand, das enterische Nervensystem. Wer davon zum ersten Mal liest, versteht schnell, warum für den Darm der populäre Begriff „Bauchhirn“ entstanden ist.



Ertay Hayit, Verleger

Doch gerade über dieses „Bauchhirn“ kursieren viele einfache Erklärungen. Nicht jede hält einer wissenschaftlichen Prüfung stand. Was kann der Darm tatsächlich selbst steuern? Wie eng ist seine Verbindung zum Gehirn? Welchen Einfluss haben Stress, Ernährung oder die Mikrobiota? Und wo reichen die Erkenntnisse der Forschung noch nicht für klare Antworten?

Anita Annaházi, Paul Enck, Thomas Frieling und Michael Schemann gehen diesen Fragen aus unterschiedlichen Richtungen nach. Ihre Perspektiven reichen von der klinischen Neurogastroenterologie über Psychologie und Psychosomatik bis zur Grundlagenforschung am enterischen Nervensystem. Einige von ihnen beschäftigen sich seit Jahrzehnten mit einem Forschungsgebiet, das lange als exotische Nische galt. Im Buch ist nachzulesen, dass Kollegen dafür einst wenig schmeichelhafte Begriffe fanden. Aus dieser Nische ist längst ein eigenes medizinisches Forschungsfeld geworden.

Forschung und Klinik, Körper und Psyche, Experiment und ärztliche Erfahrung treffen hier aufeinander. Manche Fragen beantworten die vier eindeutig. Bei anderen zeigen sie, was die Forschung bereits erklären kann und was noch ungeklärt ist.

Dabei geht es um Vorgänge, die zum Alltag gehören. Stress kann die Verdauung bremsen oder beschleunigen. Der Darm reagiert auf Nahrung, Medikamente und psychische Belastungen. Beschwerden können entstehen, obwohl sich mit üblichen Untersuchungen keine organische Ursache finden lässt. Das Buch beschäftigt sich mit Reizdarm und Reizmagen, mit Verstopfung und Unverträglichkeiten, mit Ernährung und dem Mikrobiom.

Einige Fragen führen noch weiter. Kann der Darm lernen und Erfahrungen speichern? Wie beeinflussen sich Darm und Psyche? Und welche Rolle könnte der Darm bei neurologischen Erkrankungen wie Parkinson, Alzheimer oder Schlaganfall spielen? Gerade bei solchen Fragen kommt es darauf an, zwischen gesichertem Wissen, wissenschaftlichen Hinweisen und offenen Fragen zu unterscheiden.

Der Darm knurrt, bewegt Nahrung weiter, reagiert auf Stress und meldet sich manchmal ziemlich unmissverständlich. Meist bekommt er erst Aufmerksamkeit, wenn er Beschwerden macht. Dabei arbeitet in seiner Wand ein Nervensystem, das viele Abläufe selbstständig steuert und trotzdem Informationen mit dem Gehirn austauscht.

Nach der Lektüre wird vermutlich nicht jedes Grummeln im Bauch zur wissenschaftlichen Sensation. Aber manches, was dort jeden Tag ganz selbstverständlich geschieht, dürfte danach weniger selbstverständlich erscheinen.

Ertay Hayit
Herausgeber und Verleger

2. DAS BAUCHHIRN: WIE „SMART“ IST DER DARM WIRKLICH?

2. Das Bauchhirn: Wie „smart“ ist der Darm wirklich?

Der Begriff „Bauchhirn“ suggeriert nicht zufällig, dass das zweite Nervensystem im Körper ein geheimnisvolles Eigenleben führt. Häufig ist zu lesen, dass dort Erinnerungen gespeichert werden und der „Sitz der Intuition“ an allen möglichen Entscheidungen beteiligt sein soll – von der Liebe bis zum Aktienkauf.

2.1 Vom Bauchgefühl zur Wissenschaft

Doch was ist wirklich dran an diesen Spekulationen? Dass dem Bauch eine zentrale Rolle zugeschrieben wird, zeigt sich in allen Kulturen der Welt. In Asien beispielsweise ist die Wahrnehmung der Körpermitte entscheidend für das Selbstbild: Für Japaner ist das „Hara“ etwa das Zentrum der geistigen und körperlichen Kraft des Menschen. Ein „Mann mit Bauch“ steht sprichwörtlich für eine gefestigte Persönlichkeit. Wer den dicken Bauch eines lachenden Buddhas berührt, hofft auf Glück und Segen.

Im 4000 Jahre alten Ayurveda, der traditionellen indischen Heilkunst, steht das „Verdauungsfeuer“ (Agni) für ein zentrales Lebensprinzip und Hippokrates nannte eine schlechte Verdauung „die Wurzel allen Übels“. In der griechischen Mythologie war der Bauch aber auch ein Ort der Weisheit: Zeus sicherte sich den Vorsitz im Olymp der Götter, indem er Metis, die Göttin des Maßes, überlistete. Er forderte sie auf, ihre legendären Zauberkünste unter Beweis zu stellen, indem sie sich in eine Fliege verwandelte. Sie ließ sich provozieren, doch dann wurde sie als Insekt von Zeus verschluckt. Seither weissagt sie aus Zeus' göttlichem Bauch heraus.

Doch wie smart ist der Darm wirklich? Beim Gehirn spielen sich die Debatten um Bewusstsein und Geist zwischen Neurobiologen und Philosophen ab – die Anatomie ist inzwischen gut beschrieben. Seine Arbeit leistet das Gehirn über Elektrizität. Wir wissen zum Beispiel, dass eine rote Rose verschiedene Sinneswahrnehmungen und Erinnerungen

auslöst: rot, dornig, duftend, verliebt. Diese werden dann durch eine gleichzeitige Entladung von Nervenzellen im 40-Hertz-Bereich miteinander verknüpft. Unser Gehirn bildet also den Begriff der Rose, wenn alle beteiligten Neurone ihr Schwingungsverhalten aufeinander abgestimmt haben. Damit ist die Frage beantwortet, wie eine Wahrnehmung entstehen kann. Nicht aber, wie sie bewusst wird. An diesem Rätsel wird noch gearbeitet. Ebenso an der Frage, die sich wie ein roter Faden durch dieses Buch zieht: Warum verfügt der Mensch über eine zweite Schaltzentrale im Bauch?

2.2 Zwei Nervensysteme – ein Dialog

Die erste Frage muss lauten: Sind die beiden Nervensysteme, also Kopfhirn und Bauchhirn, wirklich so ähnlich? Werfen wir zunächst einen Blick auf die Zahlen: Der Mensch hat 86 Milliarden Nervenzellen im Gehirn, eine Maus gerade mal 75 Millionen. Der Mensch hat ca. 200 Millionen Nervenzellen im Darm, die Maus knapp drei Millionen und das Meerschweinchen 15 Millionen. Erstaunlicherweise ist die Nervenzelldichte im Bauchhirn zwischen den drei Spezies mit 16–30 Tausend pro Quadratzentimeter vergleichbar. Die höhere Zahl an Nervenzellen in unserem Bauch liegt demnach ausschließlich am längeren Darm. Für alle drei Spezies gilt, dass die Anzahl der Nervenzellen um einiges geringer ist als im Kopfhirn, aber mit der Anzahl der Nervenzellen im Rückenmark vergleichbar ist, dem Zentrum der Verarbeitung sensorischer und motorischer Funktionen, wie Bewegungen und Stützmotorik.

Bei der Betrachtung der Struktur wird deutlich, dass beide Nervenzentren dieselben Nervenzelltypen, Neurotransmitter und andere Botenstoffe enthalten. Sie sind jedoch unterschiedlich organisiert.

Die Zellen des Bauchhirns kommunizieren nur über kurze Strecken – schon die Zellen im Dickdarm wissen nicht, was die Zellen im Dünndarm tun. Das müssen sie auch nicht, da auf jedem Quadratzentimeter des Verdauungstrakts Hunderte von Nervenzellen mit unterschiedlichen Funktionen zusammenarbeiten. Hierdurch entstehen Verbindungen zwischen den reizaufnehmenden (sensorischen) Nervenzellen,

den verschaltenden Interneuronen und den die Muskulatur und die Schleimhaut kontrollierenden Motorneuronen. Damit sind sämtliche Funktionen – Reizwahrnehmung, Kommunikation und Output – gewährleistet. In jedem Ganglion (Anhäufung von Nervenzellen) sind Motor-, Sensor- und Interneurone gleichzeitig vorhanden. Dadurch kann ein Verlust von Nervenzellen durch eine Verletzung oder Krankheit gut kompensiert werden. Die Kommunikation zwischen verschiedenen Abschnitten des Verdauungstrakts – beispielsweise zwischen Dickdarm und Magen – verläuft über separate Schaltzentren im Bauchraum außerhalb des Magen-Darm-Trakts, die über Interneurone verbunden werden.

Das Bauchhirn folgt eigenen Regeln

Im Gehirn hingegen sind die Nervenzellen sehr eng gepackt und in spezialisierte Funktionseinheiten (Nuclei) von Nervenzellkörpern organisiert, zu denen beispielsweise die Amygdala (Mandelkern) oder das Sprachzentrum gehören. Das macht das Gehirn anfälliger für Verletzungen, ermöglicht ihm aber auch eine sehr dichte Kommunikation zwischen unterschiedlichsten Regionen und in drei Dimensionen.

Ein Beispiel hierfür ist, wenn das Geruchszentrum eine abgespeicherte Erinnerung wachruft und diese in der Großhirnrinde bewertet wird. Im Bauchhirn gibt es hingegen nur zwei nervale Funktionseinheiten, die miteinander kommunizieren: den Plexus myentericus (Auerbach-Plexus) und den Plexus submucosus (Meissner-Plexus).

Wie das Gehirn verfügt das neuronale Netz im Bauch über eine Barriere gegen schädigende Einflüsse. Im Gehirn ist dies die Blut-Hirn-Schranke, also die Undurchlässigkeit der Gefäßwände für die meisten Substanzen. Im Bauchhirn übernimmt diese Aufgabe eine Haut, die das Netzwerk umhüllt und schützt. Allerdings lässt sie eine größere Zahl von Botenstoffen durch, die über die Blutgefäße angeliefert werden. Dennoch ist das Mikromilieu der Nerven im Darm potenziell weitaus „feindlicher“. Dagegen lebt das Kopfhirn in einer wahren Wohlfühlzone.

Brechen die Barrieren im Bauch- oder Kopfhirn durch eine Infektion zusammen, können Immunzellen eindringen, die zu

Nervenentzündungen des Gehirns (Enzephalitis) oder des Bauchhirns (Ganglionitis) führen. Insgesamt aber ist das Netzwerk des Bauchhirns so strukturiert, dass es durch die ständige Bewegung nicht geschädigt wird. Das Kopfhirn ist hingegen viel empfindlicher gegenüber Erschütterungen.

Das Bauchhirn liegt an der Schnittstelle des Körpers, an der sich die Außenwelt – in Form von Nahrung – mit der Innenwelt, dem Stoffwechsel, trifft. Seine Nervennetzwerke reagieren auf jede Veränderung des Milieus im Verdauungstrakt (→ Abb. 9). Das ist wichtig, denn das Bauchhirn kontrolliert in Kooperation mit den zahlreich im Darm vorhandenen Immunzellen, ob Stoffe passieren dürfen – oder aber durch heftigen Durchfall oder Erbrechen aus dem Körper getrieben werden.

Im Gegensatz zum Kopfhirn ist das Bauchhirn ständig in Bewegung. Seine Funktion zu erforschen, ist deshalb eine besondere Herausforderung. Bildgebende Verfahren leisten hier viel weniger als beim Kopf. Die Neurogastroenterologie nutzt deshalb vor allem Sondenmessungen, wie die Manometrie (Druckmessung), um die Funktionen

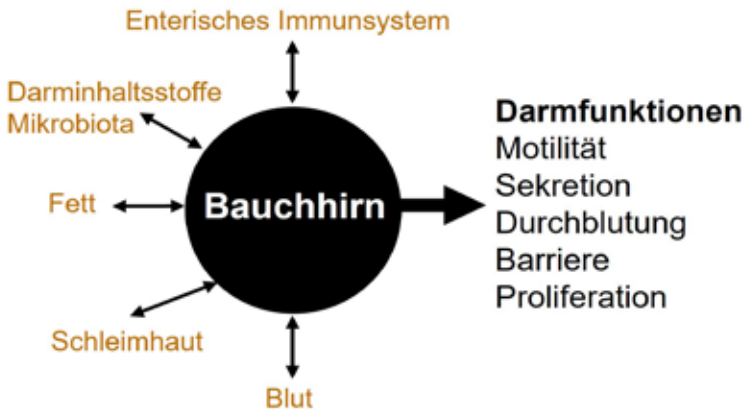


Abb. 9 Mit der Erkenntnis „Alles hängt mit allem zusammen“ hat Alexander von Humboldt die komplexen Wechselwirkungen zwischen Lebewesen und Natur beschrieben. Identisches gilt für den Mikrokosmos Darm. Die Nervenzellen des Darmhirns verarbeiten Informationen aus dem Immunsystem, der Mikrobiota, dem Fettgewebe, der Darmschleimhaut und dem Blut, um die lebenswichtigen Darmfunktionen zu steuern. Dabei ist die Kommunikation zwischen Nerven und anderen Zellen der Darmwand immer wechselseitig.

des Verdauungstrakts zu testen. Das Netzwerk des Plexus myentericus vermittelt vor allem die motorischen (Bewegungs-)Impulse des Verdauungssystems, während der unter der Schleimhaut liegende Plexus submucosus vor allem die Sekretion und Resorption des Darms überwacht (→ Abb. 2, S. 24). Beide miteinander gekoppelten Systeme registrieren rund um die Uhr, was in ihrem Umfeld gerade passiert.

Einen groben Überblick erhält das Gehirn über Nerven der Darm-Hirn-Achse (→ Abb. 2, S. 24). In unser Bewusstsein dringt davon jedoch kaum etwas. Auch als übergeordnete Steuerzentrale mischt sich das Gehirn bei der Verdauung kaum ein. Deshalb verlaufen auch neunzig Prozent des Datenaustauschs afferent, also aufsteigend Richtung Kopfhirn. Nur zehn Prozent der Signale wandern als Befehle vom Kopf zum Darm.

► Kurz gesagt

Ähnlich wie bei einem E-Piano mit vorinstallierten Sounds verfügt das Bauchhirn über vorprogrammierte Bewegungsmuster, die bei entsprechender Reizwahrnehmung abgerufen werden. Ein schneller Transport nährstofffreier, flüssiger Nahrung wird durch Abrufen des Programms „Peristaltik“ ermöglicht: Der Inhalt wird durch propulsive Kontraktionen rasch weitergeschoben. Sobald Rezeptoren Nährstoffe in der Nahrung erkennen, wird auf das Programm „Segmentationen“ umgeschaltet. Nun wird die Propulsion nur über kurze Strecken ermöglicht, um die Nährstoffe spalten und aufnehmen zu können.

Ein weiteres Beispiel ist die interdigestive Motilität. Sobald Magen und oberer Dünndarm leer sind, wird das Programm „Housekeeper“ aktiviert. Kräftige Kontraktionen säubern den Darm von zurückgebliebenen Resten. Es gibt sehr viele solcher Programme, die das Bauchhirn natürlich steuern kann. Es kann auch einzelne Sequenzen miteinander verknüpfen. Zwar wäre dem Bauchhirn freies Spielen auf der Klaviatur möglich, dies findet jedoch unter physiologischen Bedingungen so gut wie nicht statt. Die Gefahr des Chaos wäre zu groß. Ausnahmen sind Lernvorgänge im Bauchhirn. Das Bauchhirn erreicht vielleicht nicht die Virtuosität und Improvisationskünste eines Beethoven, ist aber jederzeit zu ansprechendem Rock'n' Roll fähig. Punk gibt es eigentlich nur während krankhafter Zustände.

2.3 Was bei Gefahr und Stress geschieht

Wenn ein Lebewesen in Gefahr ist, wird seine Verdauung schlagartig lahmgelegt. Der Blutfluss wird von den inneren Organen abgezogen, um verstärkt das Herz zu versorgen, aber auch die Beine und Arme, die helfen zu fliehen oder zu kämpfen. Wir Menschen sind zum Glück nur noch selten in einer solchen Situation, doch betrachten wir das Beispiel einer Gazelle: Sobald sie die sich anpirschende Löwin wahrnimmt, ergreift sie die Flucht. Ihr Überlebensinstinkt mobilisiert alle Energiereserven. Stress peitscht ihren Organismus zu Höchstleistungen. Sie hat jetzt keine Zeit, sich um ihre Verdauung zu kümmern.

Das Gleiche gilt für die Löwin, wenn sie erfolgreich jagen will. Unter Stressbedingungen wird ein Teil des vegetativen Nervensystems, der Sympathikus, stark aktiviert. Sein Überträgerstoff, das Noradrenalin, lähmt den Verdauungstrakt, indem es die aktivierenden Mechanismen im Bauchhirn unterdrückt. Somit werden Magen-Darm-Bewegung und -sekretion heruntergefahren. Zusätzlich aktiviert der Sympathikus die Ausschüttung von Adrenalin aus der Nebenniere. Adrenalin hat dieselbe Wirkung wie das Noradrenalin.

Stress kann aber auch den gegenteiligen Effekt haben. Jeder kennt das Phänomen des Stressdurchfalls. Der Gastroenterologe Thomas Almy machte dazu bereits in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts folgendes Experiment: Er führte eine Enddarmspiegelung bei einem 24-jährigen gesunden Probanden durch und gab noch während der Untersuchung vor, einen Tumor entdeckt zu haben. In den folgenden zwanzig Minuten kam es zu einer verstärkten Durchblutung sowie einer intensivierten Sekretion und Darmbewegung – also nicht zu einer Lähmung, wie sie bei dem Tierbeispiel zu beobachten war. Nach Richtstellung kehrte alles schnell wieder auf „Normal“ zurück.

Es ist bekannt, dass unter intensivem Stress das Stresshormon Corticotropin Releasing Factor (CRF) im Gehirn ausgeschüttet wird. Über die Blutbahn erreicht es unter anderem Immunzellen im Darm sowie das Bauchhirn. Dabei aktiviert es die Bewegung und Sekretion des Darms und überspielt auf diese Weise die hemmende Wirkung des Sympathikus.

Nicht nur in lebensbedrohlichen Situationen, sondern auch in allen anderen außergewöhnlichen Momenten schaltet der Körper seine übergeordnete Instanz, das Gehirn, ein. Jetzt reicht das Bauchhirn nicht mehr aus. Uralte reflektorische Zentren im Gehirn werden aktiviert, wenn drastische Maßnahmen notwendig erscheinen, wie zum Beispiel das Brechzentrum.

Auf sensorisch ausgelöste Empfindungen wie Ekel, auf Störungen des Gleichgewichts oder auch auf toxische Stoffe im Darm reagiert eine Region im Hirnstamm: das Brechzentrum. Es aktiviert die Speicheldrüsen sowie die glatte Muskulatur des Bauches und des oberen Verdauungstrakts. Dabei dreht sich die Richtung des Nahrungsbreis ausnahmsweise um. Er wird vom Magen über die Speiseröhre wieder nach draußen befördert. Nahrung, die sich bereits im Dickdarm befindet, wird durch heftige Kontraktionen zum Anus befördert. Elektrolyte und Wasser, die von der Darmschleimhaut abgegeben werden, beschleunigen diesen Prozess.

► Kurz gesagt

Der Darm kann auf Stress mit Durchfall oder Lähmung reagieren. Sowohl die Gazelle als Fluchttier als auch die Löwin als Jägerin müssen kurzfristig Energien mobilisieren. Diese schnelle Reaktionen werden über den Sympathikus ermöglicht, der initial die Darmaktivitäten hemmt. Länger andauernder Stress kann dazu führen, dass zusätzliche Stresshormone das Bauchhirn erreichen und den Einfluss des Sympathikus überspielen. Dann entleert sich der Darm.

2.4 Hunger und Sättigung

Auch Hunger beziehungsweise Appetit und Sättigung sind wichtige Signale, bei denen das Gehirn ganz wesentlich beteiligt ist. Denn dabei spielen nicht nur die Sinnesorgane eine wichtige Rolle. Schon der Gedanke an ein Lieblingssessen führt dazu, dass die Speicheldrüsen aktiv werden. Augen und Nase tun ein Übriges, wenn ihnen entsprechende Reize geboten werden.

Die Steuerzentrale für das Hunger- und Sättigungsgefühl ist der Hypothalamus, ein für alle vegetativen Funktionen entscheidender Teil des

Zwischenhirns. In ihm befindet sich ein Hungerzentrum, das ständig aktiv ist und durch einen Hemm-Mechanismus gebremst wird.

Was letztlich den Hunger auslöst, ist nicht bis ins letzte Detail geklärt. Es könnte sein, dass das Körpergewicht genetisch vorprogrammiert ist und der Organismus stets danach strebt, das Zielgewicht – nach kurz- oder langfristiger Gewichtsveränderung – zu erreichen.

Der Zustand des Hungers ist sehr komplex. So ist es erst vor Kurzem gelungen, die Fettleibigkeit medikamentös zu behandeln. Abnehmspritzen greifen in ein komplexes neuroendokrines Netzwerk ein, das Appetit, Sättigung, Magen-Darm-Funktion und den Glukosestoffwechsel reguliert.

Wie die Abnehmspritze wirkt

Die natürlichen Hormone Glucagon-like Peptide-1 (GLP-1) und Glucose-dependent Insulinotropic Polypeptid (GIP) werden von spezialisierten Zellen im Dünndarm (enteroendokrinen L-Zellen bzw. K-Zellen) und Dickdarm (L-Zellen) gebildet und nach einer Mahlzeit ausgeschüttet. Hierbei wirkt GLP-1 auf Hunger- und Sättigungsneurone im Hypothalamus und verschiebt das Gleichgewicht zur Sättigung. Zusätzlich wird die zuckerabhängige Insulinausschüttung gefördert und die Glucagonsekretion und die Magenentleerung gehemmt. GIP unterstützt diese Wirkungen und erhöht hierdurch die Abnehmwirkung.

Die Abnehmspritze und die Tabletten ahmen die Wirkung der Hormone GLP-1 und GIP nach. Der Appetit wird also durch die Abnehmspritze zentral im Gehirn sowie auch peripher durch die Verlangsamung der Magenentleerung vermindert. Dadurch hält die Magendehnung länger an und signalisiert Sättigung. Da auch die Nerven des Bauchhirns GLP-1-Rezeptoren haben, ist eine Beteiligung des Bauchhirns an dieser Wirkung sehr wahrscheinlich.

Das Verkleinern des Magens durch einen chirurgischen Eingriff zügelt effektiv den Hunger, da jetzt selbst bei kleineren Mengen die Dehnung erreicht wird, die Sättigung signalisiert. Die Darm-Hirn-Achse und das Bauchhirn registrieren die Ausdehnung des Magens und signalisieren ab einem bestimmten Punkt dem Gehirn, dass er voll ist. Zwar ist das

Bauchhirn für den Transport der Nahrung und einiges andere zuständig, es kann aber nicht die Nahrungsaufnahme stoppen – diese Entscheidung muss das Gehirn treffen.

Eine weitere Stellgröße für die Regulation des Hunger- und Sättigungsgefühls könnte dabei das im Fettgewebe gebildete Peptidhormon Leptin sein, das das Gehirn über die in den Fettdepots gespeicherte Energie informiert. Überschüsse davon werden in den Blutkreislauf freigesetzt. Im Gehirn hemmt Leptin die Nahrungsaufnahme.

Besonders wichtig ist auch das Peptidhormon PYY, das im Darm ausgeschüttet wird. Es reguliert ebenfalls das Hungergefühl. In der Darmwand finden sich Fettdepots in Form von Adipozyten-Ansammlungen (Adipozyten sind Fettzellen). Erstaunlicherweise befinden sich diese nur selten im Plexus myentericus, dafür aber gehäuft im Plexus submucosus und immer in der Nähe von Blutgefäßen und Nervenzellen des enterischen Nervensystems. Durch diese Nähe können die Adipozyten Nervenzellen des Bauchhirns über den Adipozyten-Mediator Leptin stimulieren. Die Rolle dieser Bauchhirn-Adipozyten-Achse bei der Vermittlung von Sättigung ist noch ungeklärt.

Das Umschalten von „hungrig“ auf „satt“ wird auch vom Blutzucker bestimmt. Über Glukosesensoren im Hypothalamus, in der Bauchspeicheldrüse und in der Leber wird dessen Konzentration gemessen.

Sinkt die Konzentration, wird ein Hungergefühl ausgelöst. Nach der Normalisierung des Blutzuckerspiegels tritt ein Sättigungsgefühl ein. Hunger- und Sättigungszentrum liegen im Hypothalamus dicht zusammen.

Kurz gesagt

Kopfhirn und Bauchhirn sind strukturell und funktionell vergleichbar. Die alltäglichen Aufgaben, die mit Verdauung zu tun haben, sind in der Verantwortung des Bauchhirns. Das Kopfhirn wird damit nicht belastet. Die spärliche Kommunikation zwischen beiden wird dann relevant, wenn Verdauungsfunktionen mit Verhaltensänderungen koordiniert werden müssen, wie beispielsweise bei Nahrungsaufnahme oder Stress. Das Bauchhirn ist aber in wesentlichen Aspekten autark.

2.5 Kann der Darm wirklich lernen?

Selbst nach Jahrzehnten intensiver Hirnforschung hat die Wissenschaft zwar inzwischen viele Funktionen in unseren Köpfen aufgeklärt und beschrieben, doch was Denken wirklich für ein Prozess ist und welche chemischen Reaktionen genau dahinterstecken, wissen wir immer noch nicht. Denken bleibt vorerst ein unerklärlicher Vorgang.

Wie können wir Denken beschreiben? Es ist die innere Beschäftigung mit Vorstellungen, Begriffen und Erfahrungen mit dem Ziel, eine Erkenntnis zu erlangen. Bewusst wird dabei meist nur das Ergebnis.

Oft erfolgt der Erkenntnisgewinn erst bei der Entspannung. Es ist kein Zufall, dass manche Wissenschaftler einen Notizblock auf dem Nachttisch liegen haben, um ihre im Schlaf entstandenen Geistesblitze zu notieren. Das Denken kann spontan zum Beispiel durch Sinneseindrücke ausgelöst werden oder es wird abstrakt-konstruktiv entwickelt. Automatisches Denken verläuft dabei unbewusst, bewusstes Denken kann kontrolliert werden.



Abb. 10 Die nachgewiesenen Eigenschaften des Bauchhirns lassen auf die Fähigkeit des impliziten Lernens schließen (Erklärung → Text).

Wenn Denken also nicht in jedem Fall Bewusstsein voraussetzt, könnte man dann sagen, dass auch das Bauchhirn „denkt“? Es lernt, indem es Erfahrungen abspeichert und sie beim nächsten Mal abrufen. Lernen ist die Voraussetzung für Denken. Die erste Frage ist deshalb: Kann der Darm lernen (→ Abb. 10, S. 71)?

Lernen wie eine Meeresschnecke

Für die einfachste Form des Lernens braucht es nur sehr wenig. Das hat der Neurowissenschaftler und Nobelpreisträger Eric Kandel an der Meeresschnecke *Aplysia* gezeigt, die ein sehr einfaches Nervensystem besitzt. Kandel fand heraus, dass der Rückzugsreflex der Kiemen, ausgelöst von einer motorischen Nervenzelle, immer schwächer wird, wenn eine Sinneszelle wiederholt berührt wird. Das liegt daran, dass immer weniger Kalzium in die Synapse einströmt und somit weniger Botenstoffe ausgeschüttet werden. Wurde das Experiment über längere Zeit immer wieder durchgeführt, wurde irgendwann der synaptische Kontakt, also die Verbindung zwischen Nerv und Kiemenmuskulatur, geringer: Die Schnecke gewöhnte sich an den Reiz. Man nennt das „Habituation“. Kandel konnte durch Reizung anderer Nerven aber auch eine längerdauernde Verstärkung durch Sensitivierung (Langzeitpotenzierung, auch Long Term Potentiation genannt) des Reflexes auslösen.

Grundlage von Lernen ist also sowohl Hemmung als auch Aktivierung der Nervenbahnen. Übertragen auf das Bauchhirn bedeutet das: Falls es lernen kann, müssen dafür neue Verschaltungen und Nervenbahnen aktiviert werden. Die dafür notwendigen komplexen Strukturen sind vorhanden. Im Magen-Darm-Trakt sind Wanddehnung und Schleimhautberührung die adäquaten Reize.

Es gibt einige wenige Studien, die Lernvorgänge im Darm zeigen, obwohl die Experimente selbst ganz anderen Zielen dienten. Der Neurophysiologe Terry Smith konnte nachweisen, dass Dehnung und Schleimhautberührung den peristaltischen Reflex auslösen. Dabei führte die Wiederholung einer der Reize zu einer Gewöhnung (Habituation), die Wirkung schwächte sich also mit der Zeit ab. Gleichzeitig

verstärkte sich jedoch die Reaktion auf den jeweils anderen Reiz (Potenzierung). Das bedeutet, dass neue Verschaltungen gebahnt oder bereits vorhandene sensibilisiert wurden. Das Bauchhirn hat gelernt!

Der Darm merkt sich Reize

Einen weiteren Hinweis hierfür liefern Experimente, die eine zusätzliche Form der Potenzierung nachweisen. Peter Holzer, Professor für Experimentelle Neurogastroenterologie in Graz, ließ im Labor in getakteten Abständen Flüssigkeit in ein Stück isolierten Darm fließen, um den peristaltischen Reflex auszulösen. Mit wachsendem Druck wurden die zu erwartenden Kontraktionen ausgelöst, die durch ein Medikament blockiert wurden. Beschleunigte man aber den Vorgang, verkürzte also die zeitlichen Abstände, begann der Darm, sich wieder zusammenzuziehen. Er „lernte“ der pharmazeutischen Manipulation zu widerstehen. Wenn ein Reiz also nicht nur wiederholt, sondern beschleunigt wird, „merken“ sich die Synapsen im Bauchhirn diese Erfahrung und verstärken ihre Reaktion.

Dass der Darm dieses Verhalten zeigt, kann erst dann als Lernen interpretiert werden, wenn Nerven im Bauch die auch im Gehirn nachgewiesenen typischen Lern- und Gedächtnismuster zeigen, zum Beispiel Langzeitpotenzierung. Genau dies wurde von dem australischen Neuroanatom John Furness gezeigt. Als er die Nervenzellen im Bauchhirn in Analogie zur Hirnforschung sehr schnell hintereinander elektrisch stimulierte, blieben sie noch über Stunden übererregbar. Das ist die sogenannte Langzeitpotenzierung, die als Grundlage von Lernen und Gedächtnis gilt.

Die molekularen Mechanismen dieser Langzeitpotenzierung im Bauchhirn sind identisch mit vergleichbaren Vorgängen beim Lernen der *Aplysia* sowie in den hochentwickelten Nervenzellen des Hippocampus, einer Hirnregion, die bei uns Menschen für Lernen und Gedächtnis verantwortlich ist. Auch die chemischen Grundlagen der Langzeitpotenzierung, die beteiligten Botenstoffe und zellulären Prozesse sind dieselben. Im Kopfhirn existiert eine hochspezialisierte Nervenzelle, die als Konzeptneuron bezeichnet wird. Sie hat die besondere Eigenschaft

zur Abstraktion, da sie das Foto einer Schauspielerin, ihr Konterfei und ihren Namen erkennt; daher auch der Name Jennifer-Aniston-Neuron. Es ist nicht untersucht, ob auch im Bauchhirn Nervenzellen mit ähnlichen Fähigkeiten existieren.

Die mögliche Relevanz dieses Lernens zeigte sich in den 1980er-Jahren, als der amerikanische Physiologe Jeffrey Palmer an einem Infektionsmodell nachweisen konnte, dass auch eine abgeklungene Infektion oder chemisch-toxische Entzündungen eine langanhaltende Übererregbarkeit der Nerven hinterlässt. Dies könnte erklären, warum Patienten noch lange nach Abklingen einer infektiösen Darmentzündung unter den Symptomen leiden. Dieses Phänomen wird als „postinfektiöses“ Reizmagen- oder Reizdarmsyndrom bezeichnet (→ Kapitel 4).

Pawlow im Darm

Der nächste Schritt des Lernens ist die klassische Konditionierung, also das Lernen durch Assoziation, wie das der russische Physiologe Pawlow mit seinen berühmten Hunde-Experimenten zeigte. Die Tiere begannen zu speicheln, sobald sie das Futter sahen. Dies kombinierte er mit einem Licht- oder Tonsignal. Wurde das Futter nach einiger Zeit weggelassen, lösten die Signale dennoch die Sekretion aus.

Eine klassische Konditionierung setzt voraus, dass – wenn man einen Sensor stimuliert – ein normalerweise damit nicht verbundenes Nervennetz zur Reaktion gebracht werden kann.

Berührt man beispielsweise einen Fühler der Aplysia-Schnecke leicht an der Stelle, an der die Augen sitzen, dann zieht sie ihren Fühler ein. Kombiniert man die Berührung mit einem Lichtimpuls, dann müsste bei einer erfolgreichen Konditionierung nach einer Weile das Licht allein ausreichen, um den Rückzugsreflex auszulösen, ohne dass die Schnecke berührt wird. Dieser Vorgang müsste sich bei einer Wiederholung außerdem beschleunigen. Mehrere Studien haben gezeigt, dass sich die Aplysia-Schnecke tatsächlich auf diese Weise konditionieren lässt. Und wir haben gesehen: Das Bauchhirn verfügt über mindestens die gleichen Voraussetzungen wie Aplysia. Interessant sind in diesem Zusammenhang Untersuchungen, die die Möglichkeit der

Konditionierung auch ohne das Vorhandensein jeglicher Nerven beschreiben. So ist es beispielsweise möglich, bei der grünen Gartenerbse Licht und Wind so zu koppeln, dass die Pflanze im Sinne einer klassischen Konditionierung auch bei Dunkelheit zum Wind hin wächst.

Diese Erkenntnis, dass komplexe Systeme mit oder ohne Nervenzellen bis zu einem gewissen Grad lernen können, hat für die Praxis und Klinik große Bedeutung. So können gastrointestinale Symptome wie Übelkeit, Durchfall oder Bauchschmerzen in bestimmten Fällen die Folge eines solchen Lernprozesses sein.

Ein Beispiel, um dies zu verdeutlichen: Patienten, die sich einer Chemotherapie unterziehen müssen, reagieren oft mit Übelkeit auf die Medikamente. Diese ist so unangenehm, dass bald schon die Begleitumstände der Chemotherapie selbst zum Auslöser von Übelkeit oder zumindest von Aversionen werden, wie zum Beispiel der Geruch und Geschmack der zuvor eingenommenen Mahlzeit. Solche gelernten Reaktionen könnte es auch im Bauchhirn geben. So können Reizdarm-Patienten ohne Beschwerden durchschlafen, bekommen aber beim Klingeln des Weckers, der die Anforderungen des Alltags ankündigt, sofort Krämpfe.

Weitere wichtige Beispiele sind Nahrungsunverträglichkeiten, bei denen Erfahrungen mit Nahrungsmitteln durch äußere Bedingungen beeinflusst und nicht durch Fehlfunktionen im Magen-Darm-Trakt verursacht werden.

Auch beim Reizdarmsyndrom werden in zehn bis zwanzig Prozent der Fälle die Beschwerden durch eine initiale Infektion im Verdauungstrakt ausgelöst. Die Beschwerden können auch nach der Infektion über Jahre anhalten. Bei diesen postinfektiösen Reizdarm-Patienten spielen vermutlich auch Konditionierungsphänomene eine Rolle (Abb. 11, S. 78).

Gezieltes Lernen?

Die nächste Stufe des Lernens (nach Habituation, Langzeitpotenzierung und Pawlowscher Konditionierung) ist eine „instrumentelle Konditionierung“. Darunter versteht man das Lernen durch Belohnung oder Bestrafung.

Register

A

- Abführmittel 144–148
- Abnehmspritze 69, 109
- Acetylcholin 27–28, 35, 145, 164–166
- Achalasie 120, 122–123
- Adipositas, Übergewicht 105–108, 129–130, 174–176
- Alzheimer-Krankheit 206–208
- Amyotrophe Lateralsklerose (ALS) 207–208
- Autismus-Spektrum-Störungen 201–204
 - Darmmikrobiota 202–204
 - Ernährung 202
 - Therapieansätze 203–204
- Autonomes Nervensystem 32–36, 56, 203
- Auerbach-Plexus -> *Plexus myentericus*

B

- Bakterien -> *Mikrobiota*
- Ballaststoffe 101, 130, 141–144, 172, 175–176, 189
- Bauchgefühl 62, 83–84
- Bauchhirn 23–28
 - Alterung 92–96
 - Aufbau 23–28, 63–66
 - Autonomie 32–36
 - Botenstoffe 27–28
 - Erkrankungen 120–166
 - Forschung und Untersuchungsmethoden 37–60
 - Geschlechtsunterschiede 86–92
 - Lernen und Gedächtnis 71–83
 - neurologische Erkrankungen 198–218
 - Stress 35–36, 67–68, 80–82, 190–194
 - > auch *Darm-Hirn-Achse*; *enterisches Nervensystem*
- Beckenboden, Funktionsstörungen 146–149
- Biofeedback 146
- Blähungen 154–160
- Blut-Hirn-Schranke 56, 64–65, 211

- Botenstoffe 27–28, 181–183
 - aktivierende und hemmende 27–28
 - > auch *Acetylcholin*; *Serotonin*

Butyrat 176–178

C

- Cannabis, Cannabinoide 111
- Cholecystikinin (CCK) 109, 113, 133
- Corticotropin Releasing Factor (CRF) 67
- COVID-19, SARS-CoV-2 79, 211–212
 - Post-Covid 79

D

- Darmbarriere 116, 125, 135, 186, 203, 205, 207, 211–213
 - Darm-Hirn-Achse 23–25, 35–36, 63–70, 178–180, 184–195, 210–213
 - Kommunikationswege 23–25, 35–36
 - Psyche 178–195
 - neurologische Erkrankungen 198–213
 - Darmkrebs 163, 165–166, 205
 - > auch *Tumor-Nerv-Achse*
 - Darmlähmung (Ileus) 47–48
 - Depression 184–190
 - Mikrobiota 184–189
 - Probiotika 187–190
 - Diabetes mellitus 49–50, 126–130, 176–177
 - Dickdarm 30–32, 45–46, 150–153
 - Bewegungsmuster 45–46
 - Funktion 150–153
 - Durchfall 67–68, 137–139, 152–160, 211
 - nach Operationen 153
 - Stressdurchfall 67–68
 - Dünndarm 30–32, 43–45
 - Dünndarmfehlbesiedlung (SIBO) 45, 156
- ### E
- Enterisches Nervensystem (ENS)
 - > *Bauchhirn*
 - Erbrechen 41, 67–68, 111, 126–132, 152, 211
 - Ernährung 97–118
 - chronische Darmerkrankungen 104

- Fasten 102–108
- Hunger und Sättigung 108–112
- Nahrungsmittelunverträglichkeiten 116–118
- > auch *Mikrobiota*

F

- Fasten 102–108
- Intervallfasten 105–108
- Krebsmedizin 107–108
- FODMAP 140, 156
- Fructose, Fructoseunverträglichkeit 129–130, 159
- funktionelle Darmerkrankungen 18–19, 132–140, 214–215
- > auch *Reizdarm*; *Reizmagen*
- funktionelle Dyspepsie -> *Reizmagen*

G

- Ganglien 25–27, 58–59, 82
- Gastroparese 126–131
- Diabetes 126–130
- Magenentleerung 127–131
- Geschlecht, Unterschiede bei Darmerkrankungen 86–92
- Ghrelin 110, 113, 131
- GLP-1 69, 109, 177
- Gluten, Glutenempfindlichkeit 102, 140, 159
- > auch *Zöliakie*

H

- Habituation 72–73
- Histamin 117, 159
- Housekeeper 43–45, 131
- Hunger und Sättigung 68–70, 108–112
- Hormone 69–70, 109–111
- > auch *Cholecystokinin*; *Ghrelin*; *GLP-1*; *Leptin*

I

- Ileus siehe Darmlähmung
- Immunsystem 26–28, 65, 138–139, 177–180, 202–203
- Interneurone 26–27, 40–43, 64

Intervallfasten 105–108

Interozeption 84

K

- Ketone, Ketonkörper 103, 107
- Konditionierung 74–75, 194–195
- kurzkettige Fettsäuren 115, 175–178, 189
- Butyrat 176–178

L

- Laktose, Laktoseunverträglichkeit 159
- Lernen und Gedächtnis im Darm 71–83
- Habituation 72–73
- Konditionierung 74–75
- Langzeitpotenzierung 72–74
- Leptin 70, 110, 131

M

- Magen 29–31, 126–133
- Gastroparese 126–131
- Reflux 124–126
- Reizmagen 132–135
- Magenentleerung 69, 109–110, 124, 127–131
- Manometrie 43, 45, 65, 124, 126
- Medikamente, Auswirkungen auf den Darm 49–50, 126–129, 144–148
- Meissner-Plexus -> *Plexus submucosus*
- Mikrobiom, Mikrobiota 168–180
- Autismus 202–204
- Depression und Psyche 178–180, 184–189
- Einfluss der Ernährung 172
- Entwicklung nach der Geburt 169–170
- neurologische Erkrankungen 202–213
- Stuhltransplantation 172–176
- Motilität, Darmbewegung 37–50
- Diagnostik 43, 48–50
- Magen 126–131
- Störungen 47–50
- > auch *Peristaltik*

Morbus-Hirschsprung 49

Multiple Sklerose (MS) 208–210

N

Nahrungsmittelnunverträglichkeiten

116–118, 154–160

- Fruktose 159

- Gluten 15

- Laktose 159

Neurogastroenterologie 16–21, 55–60,
214–219

Neurotransmitter -> Botenstoffe

Nozizeptoren 76

Noradrenalin 35, 67, 164

O

Obstipation -> *Verstopfung*

Optogenetik 59

P

Parkinson-Krankheit 204–206

- Alpha-Synuclein und Lewy-Körper
205–206

- Darmmikrobiota 205–206

- Verstopfung 205

Parasympathikus 24, 33–36, 49, 56

Pawlow, Iwan 74, 112

Peristaltik 38–46

Peristaltischer Reflex 38–43

Plexus myentericus (Auerbach-Plexus) 16,
24–27, 33, 43, 64–66, 82

Plexus submucosus (Meissner-Plexus) 16,
24–27, 43, 64–66, 93

postinfektiöser Reizdarm 74–75, 137–139

Präbiotika 189

Prionen 198–201

- Creutzfeldt-Jakob-Krankheit 201

- Kuru 198–201

Probiotika 188–190, 203–204

Psychotherapie 190–195

R

Reflux 124–126

Reizdarm 135–140

- Diagnostik und unterschiedliche Ursachen
135–136

- Ernährung 102, 113, 117–118, 140

- nach Infektionen 74–75, 137–139

- Stress und Psyche 136, 140, 193–195

-> *auch funktionelle Darmerkrankungen*

Reizmagen 132–135

- Ernährung 113, 117–118, 133

-> *auch funktionelle Dyspepsie*

S

Schlaganfall 212–213, 218

- Darmmikrobiota 212–213

- Verstopfung 212–213

Serotonin 181–184

- Bauchhirn 27–28, 42, 79, 137–139

SIBO -> *Dünndarmfehlbesiedlung*

Sodbrennen 124–126, 132

Stickstoffmonoxid 28, 213

Stress 35–36, 53–54, 67–68, 80–82,
190–195

- Durchfall 67–68

- Langzeitfolgen 80–82, 191–194

- Magen und Verdauung 35–36, 53–54

Stuhltransplantation 172–176, 204

Sympathikus 24, 33–36, 48–49, 56, 67–68,
203

T

Tumor-Nerv-Achse 165–166

V

Vagusnerv 35, 41, 55, 109–110, 126,
129–131, 165, 205, 211

Vegetatives Nervensystem 32–36, 56,
67–68

Verstopfung 141–153

- Abführmittel 144–148

- Beckenboden 146–149

- bei neurologischen Erkrankungen
204–213

Viszerale Hypersensitivität 88–90, 118

Viszerozeption 84

Z

Zentrales Nervensystem 23–25, 56, 63–66

Zöliakie 102, 140, 156, 159

Hayit
Medien

bestens beraten



Mehr von Hayit Medien

Hayit Medien veröffentlicht Sachbücher und Ratgeber, die im Alltag weiterhelfen. Ergänzt wird unser Buchprogramm durch Online-Magazine rund ums Reisen, Radfahren, Wandern, Segeln und das Leben in der Stadt.



UNSER BUCHPROGRAMM

shop.hayit.de

Praktische Ratgeber und Sachbücher online entdecken

Unsere Online-Magazine

Travel & Outdoor

- Fernweh.de
- Radtouren.de
- Wandertouren-Magazin.de
- Fahrtensegeln.de

City-Magazine

- Berlin-Magazin.info
- Duesseldorf-Magazin.de
- Koeln-Magazin.de

Hayit Medien

eine Unit von Mundo Marketing GmbH

kontakt@hayit.de
hayit.de

