

Oktober 2018

D € 8,20 | A € 8,20 | CH CHF 14,50
übrige Euroländer € 8,90 | E 2164 E

bild der WISSENSCHAFT

**EXKLUSIV
INTERVIEW**

mit Hirnforscher
Niels Birbaumer

WISSEN ↔ WELT

Jupiter: Ist der
Große Rote Fleck
bald weg?

TECHNIK ↔ ZUKUNFT

Smartphone:
Wege aus der
Suchtfalle

LEBEN ↔ MENSCH

Kraftwerk Gehirn

Leistung für ein ganzes Leben:
Neue Erkenntnisse der Forschung





Bunt vernetzt

Menschliche Gehirnzellen mit Dendriten, den Fortsätzen von Nervenzellen – eingefärbt und im Rasterelektronenmikroskop betrachtet.

Das menschliche Gehirn ist ein extrem komplexes Organ. Mit seinen durchschnittlich 90 Milliarden Neuronen bestimmt es, was wir denken und fühlen, wie wir handeln, kommunizieren und unsere Umgebung wahrnehmen, an was wir uns erinnern und wovon wir träumen. Doch das Organ genoss keineswegs immer großes Ansehen: Im alten Ägypten wurde es bei der Mumifizierung der Verstorbenen durch die Nase entfernt und weggeworfen. Und Aristoteles war der Überzeugung, das Herz sei der Sitz der Intelligenz, während das Gehirn lediglich eine Kühlvorrichtung für das Blut darstellte. Heute weiß man dank bildgebender Verfahren, Tiermodellen, Zellkulturen und Gehirnschnitten viel mehr über das Organ, das unser Leben bestimmt.

Dazu gehört, dass seine Leistungsfähigkeit nicht nur durch die genetische Veranlagung beeinflusst wird, sondern auch

durch unseren Lebensstil. Wie sich unsere Ernährung, unsere körperliche Betätigung sowie unsere geistige Beanspruchung auf unser Denken und Lernen, den natürlichen Alterungsprozess des Gehirns und auf das Risiko für neuropsychiatrische Erkrankungen auswirken, ist Gegenstand aktueller Forschung. Dabei stoßen Wissenschaftler immer wieder auf verblüffende Mechanismen und Zusammenhänge. Wir stellen im Folgenden fünf maßgebliche Forschungsergebnisse vor:

KOMPAKT

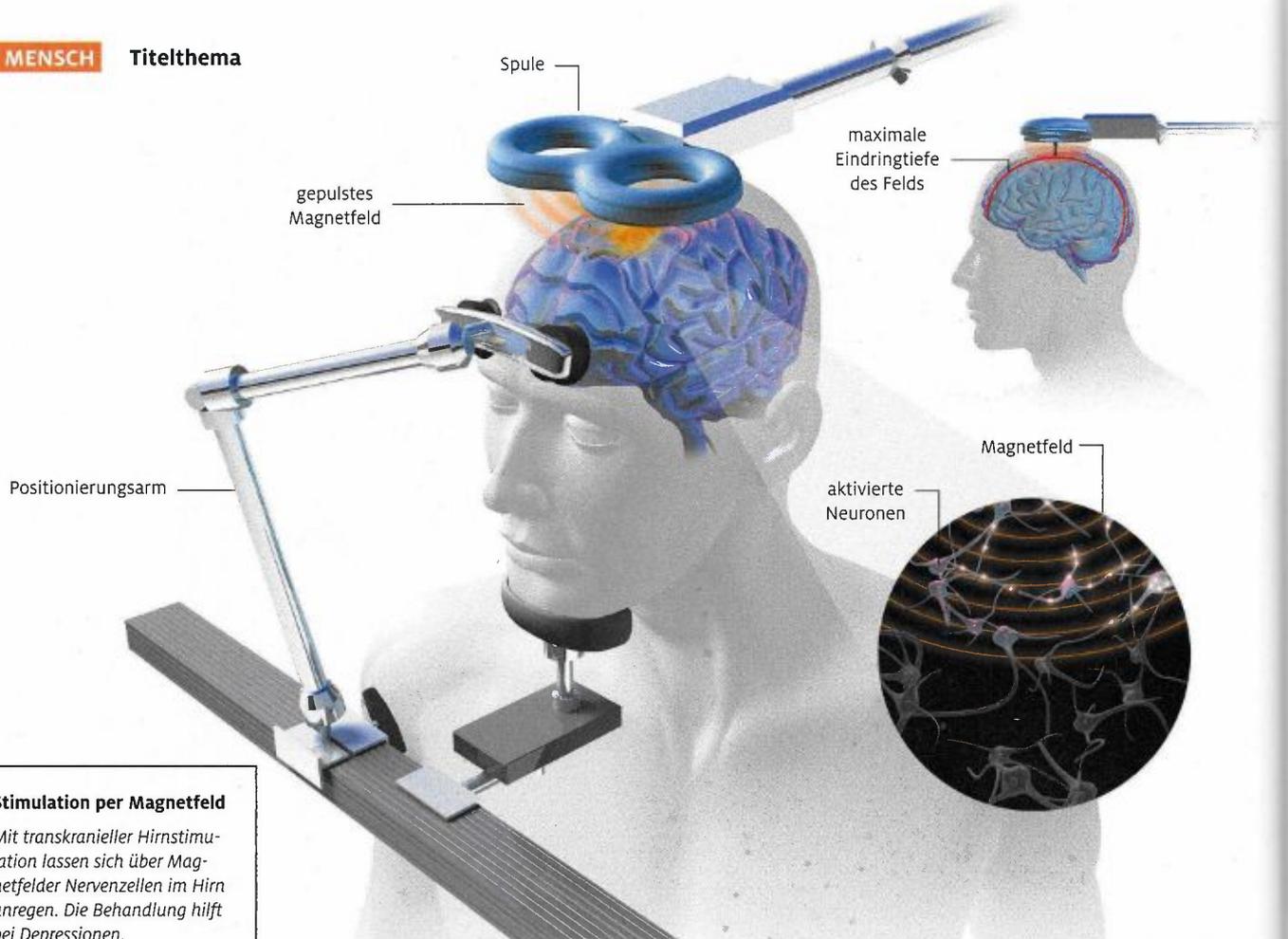
- Während des Schlafs werden im Gehirn Synapsen stillgelegt, damit das Gehirn optimal funktioniert.
- Mediterrane Ernährung beugt Demenzerkrankungen vor.
- Regelmäßiges Ausdauertraining wirkt dem natürlichen kognitiven Abbau im Alter entgegen.
- Arbeitsgedächtnistraining kann die Konzentrationsfähigkeit verbessern.

1. Schlaf entrümpelt das Gehirn

26 Jahre hat ein 80-jähriger Mensch im Schnitt damit verbracht, zu schlafen. Zu wenig Schlaf führt zu körperlichen Beschwerden und kognitiven Einschränkungen, egal ob bei Mensch, Ratte oder Fruchtfliege. Und doch weiß man bis heute nicht genau, welchen Zweck der Schlaf eigentlich erfüllt.

Einer wichtigen Hypothese zur Funktion des Schlafs ist der Psychiater und Schlafforscher Christoph Nissen auf der Spur. Er arbeitete zunächst am Universitätsklinikum Freiburg und ist seit letztem Jahr Chefarzt an der Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie in Bern. „Möglicherweise ist es eine entscheidende





Stimulation per Magnetfeld

Mit transkranieller Hirnstimulation lassen sich über Magnetfelder Nervenzellen im Hirn anregen. Die Behandlung hilft bei Depressionen.

Funktion von Schlaf, dass er die Aktivität der Synapsen bremst“, erklärt Nissen. Im Wachzustand ist unser Gehirn ständig damit beschäftigt, Synapsen zwischen seinen 90 Milliarden Nervenzellen aufzubauen oder zu verstärken – so nehmen wir neue Information überhaupt erst auf (siehe Kasten „Assoziative Plastizität“ auf der rechten Seite). Die verbesserte Übertragungsstärke zwischen den Nervenzellen hat ihren Preis: „Irgendwann kommt es zu Problemen und zu einer Art Sättigung“, so Nissen.

Die Hypothese, dass Schlaf dazu dient, die hoch aktiven Synapsen wieder zurecht-

zustutzen, stammt von Giulio Tononi und Chiara Cirelli von der US-Universität Wisconsin-Madison. Kürzlich zeigten sie, dass bei Mäusen mit Schlafentzug die Synapsen stärker ausgeprägt waren als bei ihren ausgeschlafenen Kollegen. Ihre Methode, Hirnschnitte von ausgeschlafenen und unausgeschlafenen Mäusen anzufertigen und darin 7000 Synapsen zu analysieren, lässt sich natürlich nicht auf den Menschen übertragen. Nissen und sein Freiburger Team mussten also andere Wege finden, um die Hypothese beim Menschen zu überprüfen.

Neben Elektroenzephalografie-Messungen (EEG), mit denen die elektrische Aktivität des Gehirns geprüft wird, arbeiteten sie mit transkranieller Magnetstimulation. Dabei werden Hirnregionen gezielt mithilfe eines Magnetfelds angeregt, das außerhalb des Kopfs der Versuchsperson erzeugt wird. Als die Forscher bei 20 Testpersonen die Kontraktion eines bestimmten Muskels anregen, zeigte sich: War die Person übermüdet, zuckte der Muskel bereits bei kleineren Magnetfeldern. Die Forscher interpretieren dies als Zeichen einer erhöhten synaptischen Gesamtstärke, also einer ausgeprägteren Verbindung zwischen den Neuronen. Dieser Zustand erschwert es dem Gehirn, neue Information zu verarbeiten, da die assoziative Plastizität behindert wird.

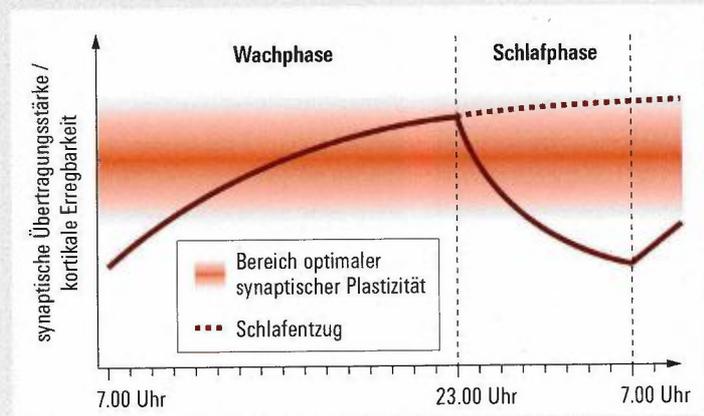
Um die Ergebnis zu untermauern, mussten sich die Probanden noch einem Gedächtnistest stellen, bei dem sie eine Liste von Worten lernen und wiedergeben sollten. Im unausgeschlafenen Zustand schnitten sie wie erwartet weitaus schlechter ab als nach ausreichend Schlaf. Für Nissen ist das Gedächtnis aber nur ein Aspekt:

Wie viel Schlaf braucht der Mensch?

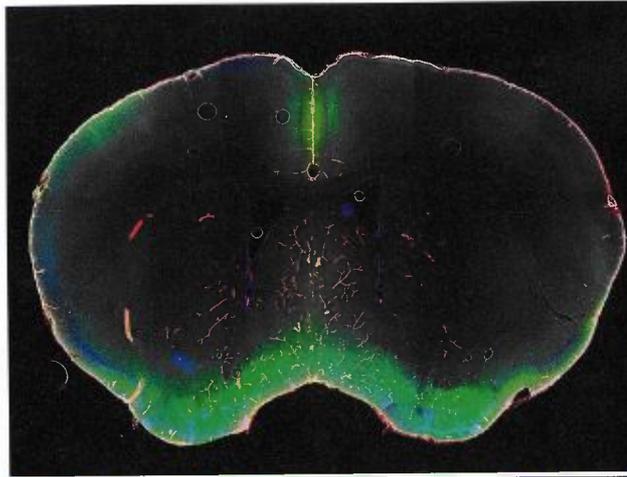
Durchschnittlich schlafen Erwachsene zwischen sieben und acht Stunden, das individuelle Schlafbedürfnis eines Menschen kann allerdings stark von diesem Mittelwert abweichen. „Wir gehen heute davon aus, dass es eine große Streuung bei Gesunden gibt, genauso wie bei der Körpergröße“, sagt Schlaf Forscher Nissen. „Normal“ sind demnach zwischen vier und elf Stunden Schlaf. Viele Menschen schlafen im Glauben an einen Sollwert notorisch zu wenig oder wälzen sich regelmäßig wach im Bett herum.

Das synaptische Plastizitätsmodell

Jede Information und jeder Gedanke bahnt sich einen Weg durch unser Gehirn, indem von Nervenzelle zu Nervenzelle Signale über sogenannte Synapsen weitergegeben werden. Diese Kontaktstellen zwischen den Neuronen sind ständig im Umbau begriffen und können neu angelegt, gestärkt oder geschwächt werden. Wenn zwei Neuronen häufig gemeinsam feuern, also von elektrischen Impulsen durchlaufen werden, wird die zugrunde liegende Information als relevant eingestuft und die beteiligten Nervenzellen verknüpfen sich stärker. Hirnforscher sprechen von assoziativer synaptischer Plastizität. Der Mechanismus ist nach Schlafentzug behindert, wie neue Forschungsergebnisse zeigen. Das Gehirn ist im unausgeschlafenen Zustand zwar erregbarer, Nervenzellen reagieren also gewissermaßen nervöser auf Einzelreize und feuern leichter, aber es gelingt schlechter, neue Verbindungen herzustellen.



Die synaptische Übertragungsstärke steigt während der Wachphase an. Das Modell zeigt, dass es hier einen idealen Bereich gibt: Innerhalb des „roten Fensters“ arbeiten die Synapsen optimal. Im Schlaf kommen sie zur Ruhe, und unwichtige Gedächtnisspuren werden gelöscht.



Reinigung im Schlaf

Blick in ein Mausehirn: Im Schlaf wird es stärker von Gehirnflüssigkeit durchspült (oben und unten links) als im wachen Zustand (unten rechts).

„Die Informationsverarbeitung im Gehirn ist nach Schlafentzug insgesamt verändert. Das betrifft nicht nur das Gedächtnis, sondern auch Konzentrationsfähigkeit, Emotionsregulation, den Gedächtnisabruf, planerische Fähigkeiten und das Risikoverhalten.“

Dass Synapsen im Schlaf herabreguliert werden bedeutet auch, dass Gedächtnisinhalte aus dem Cortex, der Großhirnrinde, gelöscht und in andere Hirnregionen verlagert werden. Eine kanadische Untersuchung zeigte kürzlich die Reorganisation einer Gedächtnisspur bei motorischem Lernen. Die Testpersonen hatten eine bestimmte Tastenabfolge auf einer Tastatur eingeübt. Das dabei auf dem EEG sichtbare Muster aus Hirnströmen wiederholte sich später im Gehirn der Probanden – ganz so, als ob die Tastenabfolge noch einmal geübt würde. Kurz nach dem Einschlafen war das Muster wie zuvor im Cortex zu sehen, verblasste dann aber während des tie-

fen non-REM-Schlafs allmählich. Dafür trat es tief im Inneren des Gehirns auf, in den Basalganglien, die für das motorische Lernen von Bedeutung sind.

„Neu aufgenommene Gedächtnisspuren sind zunächst instabil und anfällig für Interferenz“, erklärt Nissen. „In das Lang-

Während des Schlafs wird im Gehirn aufgeräumt

zeitgedächtnis gehen sie erst über, wenn sie einerseits verfestigt, aber andererseits auch reorganisiert werden, auch über neuronale Netzwerke hinweg.“ Dies geschieht speziell in den non-REM-Schlafphasen, deren Anteil an einem Schlafzyklus am Anfang des Schlafs besonders groß ist. Schläft man in diesen ersten

Schlafzyklen ungestört, kann das Gehirn also optimal aufräumen.

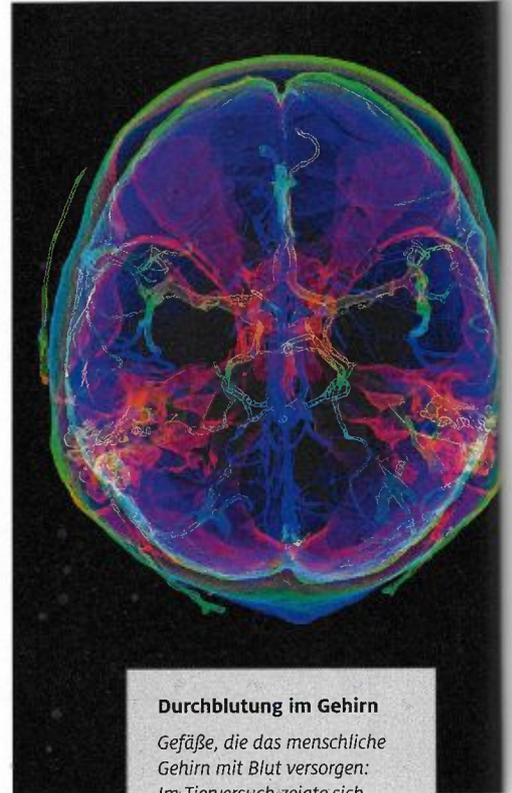
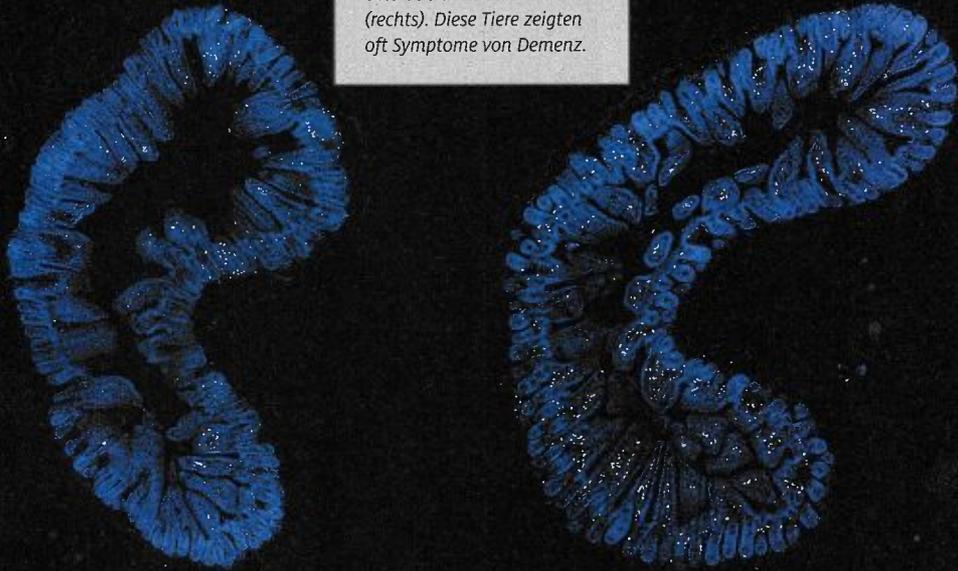
Aufgeräumt wird während des Schlafs auch im sogenannten interstitiellen Raum zwischen den Gehirnzellen. Dort sammeln sich im Laufe des Tages Stoffwechselabfälle, zum Beispiel das bei Alzheimer-Patienten sehr häufige Protein Beta-Amyloid.

Erst 2012 entdeckte die dänische Neurowissenschaftlerin Maiken Nedergaard im Versuch mit Mäusen das Netzwerk zur Abfallentsorgung innerhalb des Gehirns. Die klare Zerebrospinalflüssigkeit, die das Gehirn und das Rückenmark umgibt, fließt im Gehirn außerhalb der Blutgefäße entlang der sogenannten Glia-Zellen. „Glymphatisches System“ taufte die Wissenschaftler dieses Netzwerk.

„Die Außenseiten dieser Blutgefäße zu benutzen ist eine wirklich clevere Lösung“, sagt Jeff Iliff, der an der Entdeckung beteiligt war. „Das Gehirn ist vollgepackt mit Zellen, da gibt es keinen Platz für ein zwei-

Viel Salz, mehr Demenz?

Das Protein IL-17 (grüne Punkte) findet sich verstärkt im Darm von Mäusen, die eine Überdosis Salz erhielten (rechts). Diese Tiere zeigten oft Symptome von Demenz.

**Durchblutung im Gehirn**

Gefäße, die das menschliche Gehirn mit Blut versorgen: Im Tierversuch zeigte sich, dass hoher Salzkonsum die Durchblutung reduziert.

tes Gefäßsystem. Aber die Blutgefäße erreichen jede einzelne Zelle.“ Diese schlaue Zweckentfremdung kommt nur im Schlaf zum Einsatz. Dann nimmt der interstitielle Raum um mehr als die Hälfte zu, sodass die Zerebrospinalflüssigkeit ungehindert ihre Arbeit verrichten kann.

2. Gehirnnahrung alla mediterranea

Orientierungslos sucht eine Maus im Labor des Weill Cornell Medical College in New York den richtigen Ausgang aus dem sogenannten Barnes-Labyrinth. Sie hat vergessen, welches Loch aus dem gleißenden Licht des Labors in eine schattige Höhle führt. Auch kann sich das Tier nicht an vertrautes Spielzeug erinnern und selbst beim Nestbau versagt es kläglich. Die Diagnose: Demenz.

An solchen Mäusen untersucht Costantino Iadecola mit seinem Team die Auswirkung erhöhter Salzzufuhr in der Nahrung auf die kognitiven Funktionen. Der Professor für Neurologie und Neurowissenschaften, der die Ursachen von Demenz und Schlaganfall erforscht, ließ mit seiner neuen Studie zu Salzkonsum aufhören. „Das Überraschende ist, wie spezifisch die Reak-

tion auf das Salz in der Nahrung ist“, sagt der Professor, der mit seinem Team die gesamte Reaktionskette nachvollzogen hat, die im Organismus der Mäuse nach ein paar Monaten mit 16-fach erhöhtem Salzkonsum ablieft: Es beginnt mit einer Vermehrung der Immunzellen TH-17 im Darm, die wiederum das entzündungsfördernde Protein Interleukin-17 freisetzen. Dieses nimmt Einfluss auf die Endothelzellen, die die Blutgefäße im Gehirn

Bei salzreich ernährten Mäusen verringerte sich die Durchblutung des Hirns

auskleiden. Während dort normalerweise ausreichend Stickstoffmonoxid gebildet wird, das durch seine gefäßerweiternde Wirkung die Durchblutung reguliert, wird die Bildung unter dem Einfluss von Interleukin-17 gehemmt. Dies hat zur Folge, dass die Durchblutung des Gehirns reduziert wird. Füttert man die Mäuse wieder mit normaler Kost, verschwinden die Be-

einträchtigungen. „Stickstoffmonoxid hat aber nicht nur Einfluss auf Blutgefäße, sondern auch auf Neuronen. Die Demenzerkrankung, die man bei diesen Mäusen beobachtet, könnte auch von einer Kombination der beiden Effekte herrühren“, vermutet Iadecola.

„Natürlich ist die Immunbiologie von Nagetieren und Menschen unterschiedlich“, fügt er hinzu. „Aber die TH-17-Immunreaktion gibt es auch beim Menschen. Und wir wissen mittlerweile, dass Bevölkerungsgruppen, die mehr Salz konsumieren, auch mehr Schlaganfälle und Demenzerkrankungen aufweisen.“ Übermäßiger Salzkonsum könnte also beim Menschen eine vergleichbare Immunantwort auslösen, die letztlich dem Gehirn das Blut abschnürt. Nachgewiesen ist, dass Autoimmunerkrankungen wie rheumatoide Arthritis, multiple Sklerose und Psoriasis, die alle mit einem erhöhten TH-17-Spiegel einhergehen, durch erhöhten Salzkonsum einen schwereren Verlauf nehmen können.

Iadecola ist vorsichtig, eine generelle Empfehlung zum Salzkonsum auszusprechen, obwohl die WHO als Richtlinie etwas weniger als einen Teelöffel pro Tag angibt. „Problematisch ist ohnehin weniger das Salz aus dem Salzstreuer, sondern beispielsweise in Fertiggerichten“, gibt er zu bedenken. Seine Ernährungsempfehlung lautet: „Möglichst wieder so essen, wie es in früheren Zeiten üblich war: Viel selbst zubereiten, sodass man weiß, was

Fast Food könnte Depressionen und Angststörungen begünstigen

im Essen ist. Und zwischen den Mahlzeiten keine hochkalorischen Snacks zu sich nehmen.“

Er berichtet, dass kürzlich bei einem Expertenpanel der New Yorker Akademie der Wissenschaften die Frage gestellt wurde, was denn nun die beste Ernährung für das Gehirn sei. Darauf habe einer der hochkarätigen Experten geantwortet: „Frag am besten deine Mutter!“ Der in Italien aufgewachsene Iadecola erzählt diese Anekdote mit einem Augenzwinkern, aber in seinem Fall trifft der Rat ins Schwarze. Denn eine an die mediterrane Ernährungsweise angelehnte Kost gilt als ideal für das Gehirn: viel Obst, Gemüse, Hülsenfrüchte, Nüsse, mageres Fleisch, Olivenöl sowie Fisch und Meeresfrüchte.

Kürzlich zeigte eine Untersuchung an der Rush Universität in Chicago, dass die geistige Fitness von älteren Probanden, die sich fünf Jahre lang größtenteils von diesen Nahrungsmitteln ernährten, durchschnittlich jener von sieben Jahre jüngeren Personen entsprach. Besondere Bedeutung kommt dabei den Omega-3-Fettsäuren wie der Docosahexaensäure (DHA) zu. Als Baustein der neuronalen Zellmembran übernimmt sie eine wichtige Funktion bei der Kommunikation zwischen Neuronen und bei deren Bildung aus Stammzellen. Auch Eicosapentaensäure (EPA) begünstigt nachweislich den Erhalt von grauer Substanz im Hippocampus bei über 65-jährigen. Das sind jene Bereiche des Gehirns, die hauptsächlich aus Zellkörpern von Neuronen bestehen. Das Volumen der grauen Substanz

Zahl der Demenzpatienten ist rückläufig

Wenn es um die Wahrscheinlichkeit geht, an Demenz zu erkranken, kommt den Genen eine große Bedeutung zu. „Wer Eltern und Großeltern hat, die bis ins hohe Alter kognitiv fit waren, kann davon ausgehen, dass es bei ihm selbst auch so sein wird“, sagt Neurologe Costantino Iadecola. Dennoch sind wir unserem Schicksal nicht machtlos ausgeliefert, wie aktuelle Daten aus der Demenzforschung zeigen. Die Untersuchungen aus den USA, Großbritannien, den Niederlanden, Schweden und Spanien zeigen, dass die Rate an Neuerkrankungen zurückgeht. Eine mögliche Begründung – neben weiteren, die diskutiert werden: bessere Blutdruckkontrolle und bessere Ernährungsgewohnheiten.

in gewissen Arealen des Cortex geht mit höheren Intelligenzwerten einher. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt eine tägliche Aufnahme von 250 Milligramm EPA und DHA, in Form von Hering, Thunfisch, Sprotte und Co oder als Nahrungsergänzungsmittel.

Die Folgen einer für das Gehirn ungünstigen Ernährungsweise wurden 2015 im Rahmen einer australischen Studie untersucht. Ergebnis: Menschen, die sich vier

Jahre lang vermehrt von Fast Food ernährt hatten, wiesen einen signifikant kleineren Hippocampus auf. Die Studienleiterin Felice Jacka, Professorin für psychiatrische Epidemiologie, ist überzeugt, dass die fett-, salz- und zuckerreiche Ernährungsweise in den westlichen Industrienationen auch Depressionen und Angststörungen begünstigt.

Immerhin kam kürzlich von der Universität L'Aquila in Italien eine gute Nachricht für Naschkatzen: Kakao-Flavonoide, die vor allem in dunkler Schokolade enthalten sind, stärkten bei älteren Probanden Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis und

Tanzen macht das Hirn fit

Die Kombination von Bewegung, Koordination und gesellschaftlichem Beisammensein beim Tanzen hält das Gehirn munter.

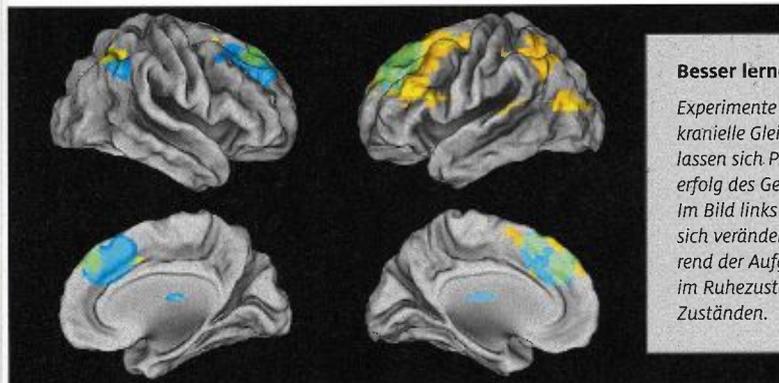
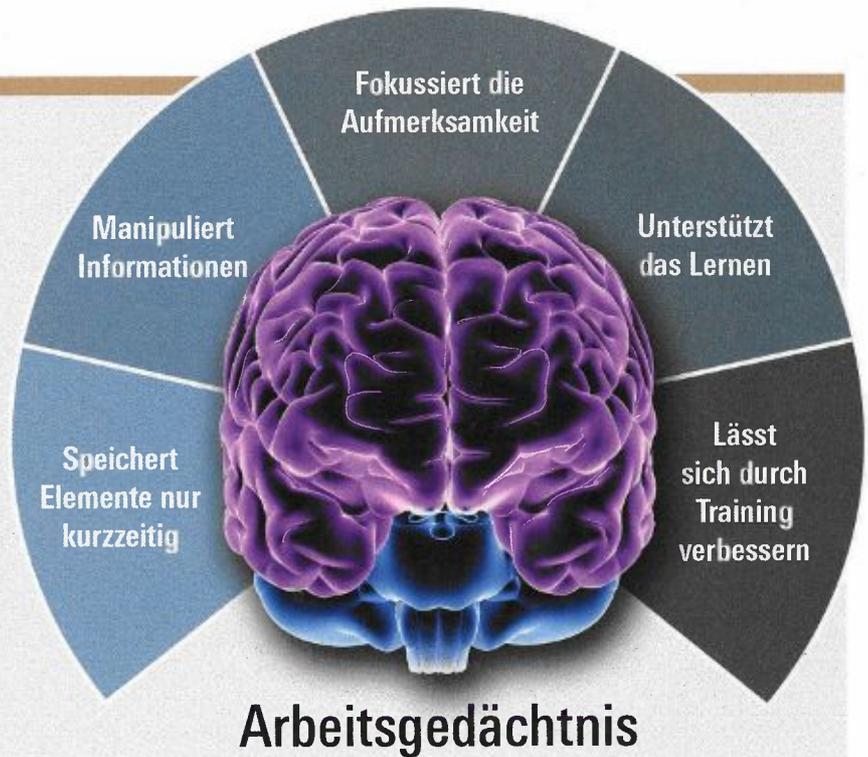


Der Arbeitsspeicher

Das menschliche Gehirn besitzt einen Arbeitsspeicher, der unterschiedliche Aufgaben erledigt und Einflüsse auf das Hirn hat. Ohne diesen Zwischenspeicher könnten wir nicht lesen, rechnen oder Entscheidungen treffen.

Lange Zeit war umstritten, wie viele Einzelinformationen („Chunks“) das Arbeitsgedächtnis auf einmal verarbeiten und behalten kann. In den 1950er-Jahren wurde die These entwickelt, dass es im Durchschnitt der Bevölkerung sieben Chunks sind.

Neue Forschungen machen die Zahl der Vorgänge von ihrer speziellen Art abhängig: Zahlen werden zum Beispiel anders verarbeitet als Gerüche. Inzwischen wird die Zahl der Informationen auf zwei bis sechs angesetzt.



Besser lernen

Experimente zeigen: Durch transkranielle Gleichstrom-Stimulation lassen sich Plastizität und Lernerfolg des Gehirns verbessern.

Im Bild links die Regionen, die sich verändert haben: blau während der Aufgabe im Scanner, gelb im Ruhezustand, grün bei beiden Zuständen.

Sprachkompetenz. Die Flavonoide nehmen Einfluss auf das Blutvolumen in Bereichen des Hippocampus, die durch den Alterungsprozess besonders in Mitteleuropa gezogen werden. Allerdings: Günstig ist nur Schokolade mit hohem Kakaoanteil, am besten mit wenig Fett und Zucker.

3. In Bewegung bleiben

Mit dem Älterwerden häufen sie sich, die ärgerlichen Momente, in denen einem ein Wort partout nicht einfallen will, obwohl es einem auf der Zunge liegt. Das Problem liegt dabei nicht etwa beim semantischen Gedächtnis, sondern beim Zugriff auf phonologische Informationen im Gehirn, also auf die Klangstruktur des Wortes. Wissenschaftler der britischen Universität Birmingham fanden nun heraus, dass körperlich fitte Personen solche Aussetzer deutlich seltener erleben. Im Gehirn sind beim Sprechen vor allem die frontalen und temporalen Regionen aktiv – Bereiche, in denen bereits in vergangenen Studien Volumenzuwächse durch aerobes Training festgestellt wurden, das den Körper gut mit Sauerstoff versorgt.

Schnelle Spaziergänge zwei Mal pro Woche, so zeigte etwa eine Untersuchung der kanadischen University of British Colum-

bia, führen zur vermehrten Ausschüttung des Wachstumsfaktors BDNF („Brain-derived neurotrophic factor“), der wiederum das Sprießen neuer Neuronen fördert. Und ältere Menschen können durch regelmäßiges Tanztraining dem kognitiven Abbau entgegenwirken. Das besagt eine aktuelle Untersuchung des Zentrums für neurodegenerative Erkrankungen in Magdeburg. Das Tanzen führt zu umfangreichen Volumenzuwächsen im Hippocampus und hat den willkommenen Nebeneffekt, dass sich auch der Gleichgewichtssinn deutlich verbessert. Krafttraining hingegen scheint besonders die exekutiven Funktionen des Gehirns, also das Planen, Schlussfolgern und Problemlösen, zu unterstützen. So wird

Gewichtheben sorgt kurzfristig für ein besseres Gedächtnis

durch Gewichtheben die Ausschüttung des Wachstumsfaktors IGF-1 (Insulin-like Growth Factor 1) angeregt, der die Bildung von Neuronen und Blutgefäßen fördert und Entzündungsstoffe im Körper abbaut.

Durch Gewichtheben kann man auch die Gedächtnisleistung kurzfristig verbessern. Forscher der Georgia Tech Universität zeigten kürzlich, dass man gerade Gelerntes besser behält, wenn der Körper anschließend durch ein etwa 20-minütiges Training zur Ausschüttung des Stresshormons Noradrenalin animiert wird.

4. Das Arbeitsgedächtnis trainieren

Es arbeitet im Hintergrund, während wir lesen, kopfrechnen oder eine Konversation führen. Es jongliert mit allen nötigen Informationen, hilft uns, Schlüsse zu ziehen und aufmerksam zu bleiben. Unser Arbeitsgedächtnis ist bei so gut wie allen kognitiven Prozessen beteiligt und behält eine Information gerade so lange, wie wir sie für die aktuelle Handlung brauchen. Wenn es aussetzt, stehen wir in einem Raum, ohne zu wissen, was wir dort tun wollten. Oder wir lesen einen Satz immer und immer wieder, weil wir uns beim besten Willen nicht auf den Inhalt konzentrieren können. Wie groß die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ist, also wie viel Infor-

mation es speichern kann, variiert stark von Mensch zu Mensch. Menschen mit einer Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung (ADHS) haben eine stark verminderte Arbeitsgedächtniskapazität und sind daher trotz mitunter hohem Intelligenzquotienten kognitiv oft weniger leistungsfähig als andere. Auch im Alter nimmt die Arbeitsgedächtniskapazität erheblich ab, nachdem sie laut aktuellem Forschungsstand zwischen 20 und 30 Jahren ihren Höhepunkt erreicht hat.

Susanne Jaeggi, Psychologie-Professorin und Leiterin des Working Memory and Plasticity Laboratory im kalifornischen Irvine, vergleicht die Rolle des Arbeitsgedächtnisses für das Denken mit jener des Herz-Kreislauf-Systems für die körperliche Leistungsfähigkeit. „Obwohl es sich beim Schwimmen, Joggen und Radfahren um unterschiedliche Bewegungsabläufe handelt, stützen sich alle diese Sportarten auf ein fittes Herz-Kreislauf-System. Ganz ähnlich ist es bei allen kognitiven Aufgaben, für die das Arbeitsgedächtnis wichtig ist“, sagt die gebürtige Schweizerin. Sie forscht seit Jahren an Trainingsprogrammen wie „Cogmed“ (siehe Interview rechts), die das Arbeitsgedächtnis stärken sollen, um das Gehirn fitter für diese Aufgaben zu machen.

Eine schwedische Studie hatte 2002 solche Arbeitsgedächtnistrainings in das öffentliche Interesse gerückt. Kinder mit ADHS, die über einen gewissen Zeitraum ein computerisiertes Arbeitsgedächtnistraining absolvierten, zeigten danach Ver-



Renate Dosanj ist Psychologin in Wien und betreut als ausgebildeter Cogmed-Coach Arbeitsgedächtnistrainings.

Wem empfehlen Sie das Training?

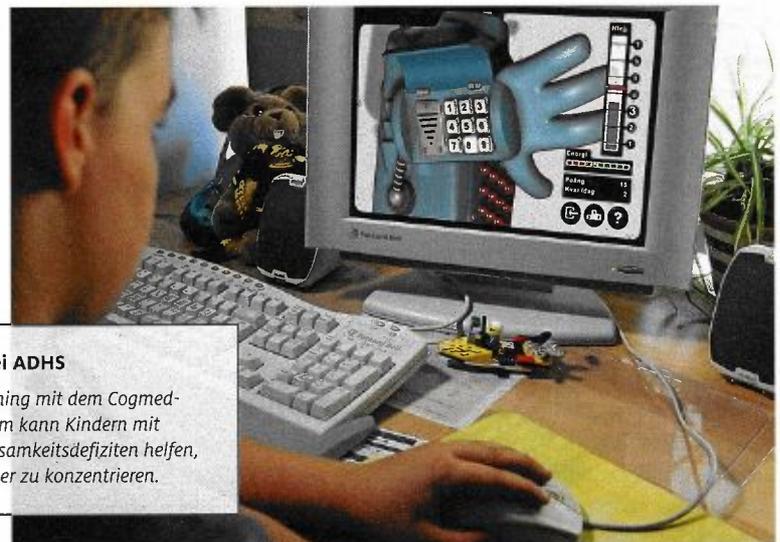
Ich arbeite hauptsächlich mit Kindern und Jugendlichen mit Arbeitsgedächtnisdefiziten, habe Cogmed aber auch bereits mit einer 70-jährigen gemacht. Wenn Eltern von Kindern mit ADHS zu mir kommen, haben sie aber oft falsche Erwartungen. Nicht jede Aufmerksamkeitsstörung geht auch mit Arbeitsgedächtnisdefiziten einher.

Wie läuft das Training ab?

Man loggt sich von zu Hause in das Cogmed-Programm ein, und ich als Coach betreue das Training online und telefonisch. Idealerweise trainiert man fünf bis sechs Wochen lang fünf Tage in der Woche für 30 bis 45 Minuten. Jede Sitzung besteht aus einer Auswahl von Aufgaben, die verschiedene Aspekte des Arbeitsgedächtnisses anvisieren.

Was sind die Resultate?

Das ist sehr unterschiedlich. Viele Eltern berichten, dass ihre Kinder ordentlicher geworden sind oder besser planen können. Dass die Konzentrationsfähigkeit sich verbessert, höre ich eher von älteren Trainingsteilnehmern. Ich habe das Training während meiner Ausbildung selbst absolviert und gemerkt, dass ich mir danach Informationen im Alltag besser merken konnte. Es gibt aber keine Garantie dafür.



Hilfe bei ADHS

Das Training mit dem Cogmed-Programm kann Kindern mit Aufmerksamkeitsdefiziten helfen, sich besser zu konzentrieren.



Mönch in der Röhre

Wissenschaftler präparieren Buddhisten-Mönch Matthieu Ricard für das MRT. Sie wollen seine Gehirnaktivität bei der Meditation aufzeichnen.

besserungen bei Aufgaben, die das Arbeitsgedächtnis beanspruchten, die sie aber nicht trainiert hatten. Auffallend war, dass die Kinder ruhiger und konzentrierter an die Sache herangingen als zuvor.

Für Torkel Klingberg, Professor für Neurowissenschaften am Stockholmer Karolinska-Institut und Leiter der Studie, ist das nicht verwunderlich: „Die Netzwerke, die im Gehirn aktiv sind, wenn man sich gezielt auf etwas konzentriert, sind jenen sehr ähnlich, die das räumlich-visuelle Arbeitsgedächtnis nutzt.“ Die von Klingberg angesprochenen Hirnbereiche stehen mit exekutiver Aufmerksamkeit oder exekutiver Kontrolle in Zusammenhang – mit der Fähigkeit, Gedanken und Handlungsentscheidungen zu kontrollieren.

Seit Klingbergs erster Studie wurden über 200 Publikationen zu Arbeitsgedächtnistrainings für unterschiedliche Zielgruppen veröffentlicht. Nicht alle Arbeiten

kommen zu den gleichen Schlüssen, was die Wirksamkeit der Trainings und den Transfer angeht. „Von Transfer spricht man, wenn man sich auch bei Aufgaben verbessert, für die man andere Strategien braucht als im Training, aber ebenfalls das Arbeitsgedächtnis“, erklärt Klaus Oberauer, Psychologie-Professor an der Universität Zürich. „Viele Studien haben dazu eher bescheidene Ergebnisse geliefert.“

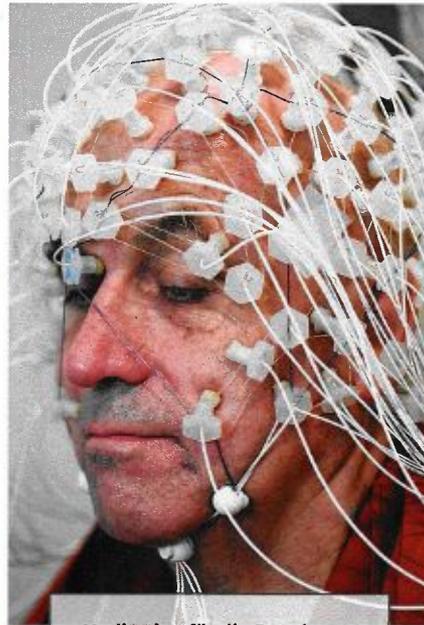
Doch es gibt immer wieder vielversprechende Untersuchungen in dem jungen Forschungsfeld. Vor allem die räumlich-visuelle Komponente des Arbeitsgedächtnisses scheint sich gut für Trainings zu eignen. Sie wird in dem von Torkel Klingberg entwickelten Trainingsprogramm „Cogmed“ angesprochen, das von manchen Psychotherapeuten und Ärzten für die Behandlung von Aufmerksamkeitsstörungen angeboten wird (siehe Interview auf Seite 21).

Das Programm wird auch weiterhin in der Forschung genutzt, beispielsweise untersuchte man am St. Jude Children's Research Hospital im US-Bundesstaat Tennessee, wie Kinder damit unterstützt werden können, die als Folge der Behandlung

einer Krebserkrankung kognitiv beeinträchtigt sind. Die jungen Patienten verbesserten durch das Trainingsprogramm ihre Leistungen bei einer Reihe kognitiver Tests.

Dennoch sind etliche Wissenschaftler skeptisch, ob man durch das Training tatsächlich etwas anderes trainiert als die Aufgaben selbst. „Wenn man etwas übt, dann wird man darin besser, das ist klar“, sagt Susanne Jaeggi. „Und die Zahl der Informationseinheiten, die man im Arbeitsgedächtnis behalten kann, verändert sich durch die Trainings nicht groß. Was sich aber verändert, ist die Fähigkeit, Ablenkungen auszublenden und Wichtiges von Unwichtigem zu unterscheiden. Das ist für sich schon ein wichtiges Ergebnis.“

Ein großes Problem sieht sie in der Vergleichbarkeit der Studien. „Es gibt sehr selten Arbeiten, bei denen dieselbe Aufgabe mit einer vergleichbaren Population gleich lange trainiert wurde und gleiche Indikatoren verwendet wurden, um den Transfer zu messen. Außerdem wird oft die Motivation der Probanden nicht berücksichtigt: Wer halbherzig trainiert, erlebt



Meditation für die Forschung
 128 Messkanäle überprüfen bei der EEG-Untersuchung die Hirnaktivität des meditierenden Mönchs. Links das Gehirn in der Untersuchung mit dem MRT.

auch im Fitnesscenter keine großen Veränderungen.“

Die Trainingsprogramme, die Jaeggis Gruppe benutzt, basieren auf dem sogenannten Dualen n-back-Test, bei dem sich der Proband sowohl visuelle als auch akustische Signale über einen längeren Zeitraum merken muss. Der Schwierigkeitsgrad wird erhöht, wenn der Proband besser bei der Lösung seiner Aufgabe wird. Trainiert man immer an seiner Kapazitätsgrenze, sind die Übungen am effektivsten.

Um Kindern einen Anreiz zu bieten, binden die Forscher die Trainings in kleine Computerspiele ein. Sie sehen ähnliche Effekte wie in der ersten Studie von 2002: „Vor allem Kinder mit Aufmerksamkeitsdefizit können sich in der Schule oft wieder besser konzentrieren“, stellt Jaeggi fest. Kürzlich untersuchte sie die Auswirkungen von spielerischem Arbeitsgedächtnistraining auf die Leistungen von Grundschulern in Mathematik. Eine Gruppe erhielt ein Training, das das Verständnis von Größenordnungen schulen sollte, eine andere Gruppe trainierte ihr Arbeitsgedächtnis, eine weitere Kontrollgruppe bekam

gar kein Training. Es zeigte sich, dass auch jene Kinder, die nur das allgemeine Arbeitsgedächtnistraining absolviert hatten, ein besseres Verständnis für Größenordnungen von Zahlen aufwiesen – und nicht nur die Schüler, die dies gezielt geübt hatten.

Wer meditiert, trainiert seine Konzentration und Aufmerksamkeit

Auch bei Erwachsenen ohne jegliche kognitive Beeinträchtigung konnte Jaeggi kürzlich einen Erfolg mit ihren Trainings verzeichnen. Bei einer Gruppe junger Frauen, die auf Basis des dualen n-back-Tests trainierten, vermehrte sich die graue Substanz des Gehirns.

Bei Arbeitsgedächtnistrainings ist das letzte Wort also noch nicht gesprochen. Schließlich ist das Gehirn erstaunlich wandelbar und scheint unter gewissen Umständen durchaus auf Training anzuspre-

chen. Übrigens muss das nicht immer am Computer stattfinden. Es gibt auch Gesellschafts- und Kartenspiele, die genau jene Netzwerke belasten und trainieren, in denen das Arbeitsgedächtnis sitzt.

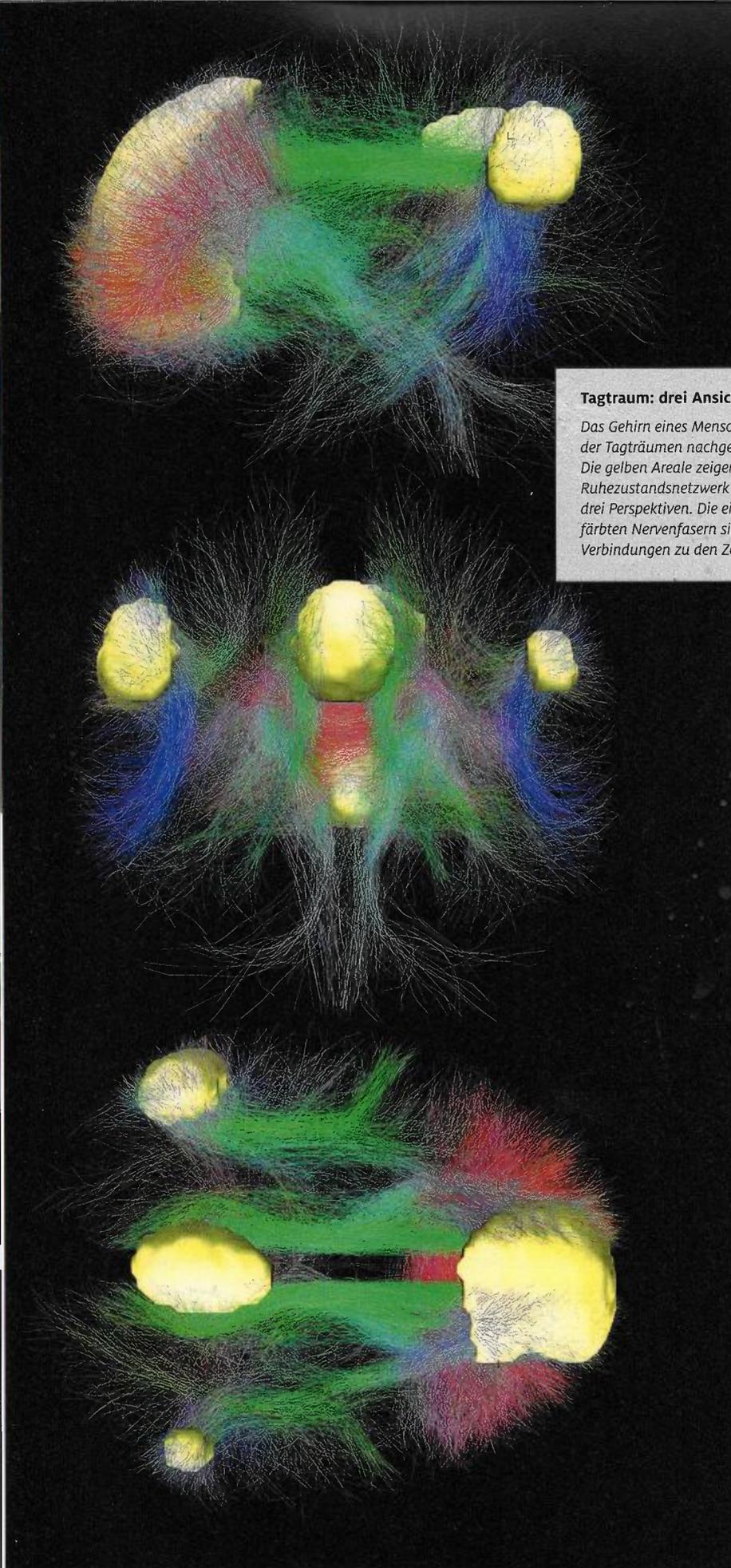
5. Das meditierende Gehirn

„Meditation ist eine Möglichkeit, den Geist zu trainieren und zu kultivieren, Konzentration, Achtsamkeit und Aufmerksamkeit zu entwickeln“, verheißt die Webseite eines buddhistischen Meditationszentrum im thailändischen Wat Suan Mokkh, das sich auf Meditationsurlaub für westliche Reisende spezialisiert hat. Der Trend zur fernöstlichen Einkehr lässt vermuten, dass es mit diesen Versprechen etwas auf sich hat. Und wie könnte man besser überprüfen, was Meditation mit dem Gehirn anstellt, als buddhistische Mönche in einem Computertomografen meditieren zu lassen?

Mit solchen ungewöhnlichen Studien sorgte in den letzten Jahren der Psychologie-Professor Richard Davidson für Aufsehen, der als persönlicher Vertrauter des Dalai Lama gilt und an der US-Universität Wisconsin-Madison das Center for Healthy Minds gründete. Er bat sowohl Testpersonen, die bereits über 10000 Stunden in Meditation verbracht hatten, darunter buddhistische Mönche, als auch Laien in sein Labor. Dort sollten sie unterschiedliche Formen der Meditation praktizieren, beispielsweise eine Technik, bei der die Aufmerksamkeit auf den eigenen Atem fokussiert wird.

Mithilfe von Computertomografie stellten die Wissenschaftler in Davidsons Team fest, dass die geübten Testpersonen während der Meditation eine stark gesteigerte Aktivität in Regionen des präfrontalen Cortex (siehe Abbildungen oben links) zeigten, die für die Regulation der Aufmerksamkeit zuständig sind. Diese Aktivität nahm allerdings bei den „alten Hasen“ der Meditation im Laufe der Praxis wieder ab – sie schienen sich mit geringerem Aufwand in einen meditativen Bewusstseinszustand versetzen zu können.

Um zu testen, ob diese Art der Meditation auch Auswirkungen auf die Aufmerksamkeit in anderen Situationen hat, untersuchten die Wissenschaftler eine Gruppe Freiwilliger vor und nach einem dreimonatigen Meditationstraining im Labor. Über Kopfhörer wurden ihnen Töne vor-



Tagtraum: drei Ansichten

Das Gehirn eines Menschen, der Tagträumen nachgeht: Die gelben Areale zeigen das Ruhezustandsnetzwerk aus drei Perspektiven. Die eingefärbten Nervenfasern sind Verbindungen zu den Zellen.

gespielt, die immer wieder durch leicht höhere Töne unterbrochen wurden. Die Testpersonen sollten auf diese leicht höheren Töne reagieren. Obwohl diese Aufgabe denkbar eintönig ist, waren jene Personen, die zuvor drei Monate lang täglich acht Stunden meditiert hatten, bis zum Ende der Übung aufmerksamer als ihre nicht meditierenden Kollegen.

Auch am Max-Planck-Institut für Kognitions- und Neurowissenschaften in Leipzig beschäftigt man sich mit den Auswirkungen unterschiedlicher Meditationsformen auf das Gehirn. Die Professorin Tania Singer entwickelte dort drei jeweils dreimonatige Meditationstrainings, mit denen die Teilnehmer unter anderem Aufmerksamkeit und Achtsamkeit übten. Und tatsächlich zeigten die Testpersonen nach dem entsprechenden Trainingsmodul einen Zuwachs des Cortex in den Bereichen, die für die Aufmerksamkeit zuständig sind. Auch in einschlägigen Computertests schnitten diese Probanden besser ab.

Wer seine Gedanken absichtlich schweifen lässt, ist kreativer

Doch jeder, der sich schon einmal an einer Meditationssitzung versucht hat, kennt das größte Hindernis neben der juckenden Nase. Wo soll der nächste Urlaub hingehen? Was muss ich noch für das morgige Meeting vorbereiten? An der US-Universität Harvard forscht der Psychologe Paul Seli am Phänomen der abschweifenden Gedanken, am „mind wandering“, wie es im Englischen heißt. Auch er hat sich mit Achtsamkeits-Meditation beschäftigt und konnte zeigen, dass es Probanden gelang, bei einer an die Meditation anschließenden Aufgabe das Abschweifen der Gedanken zumindest auf einem konstanten Level zu halten, während bei der Kontrollgruppe die Tagträumerei irgendwann überhandnahm.

Der Wissenschaftler ist vor allem am Wesen des Tagträumens selbst interessiert. „Lange Zeit nahm man an, dass Tagträumen ein unbeabsichtigtes Phänomen ist. Obwohl man sein Bestes gibt, um sich zu konzentrieren, fängt man einfach an, über

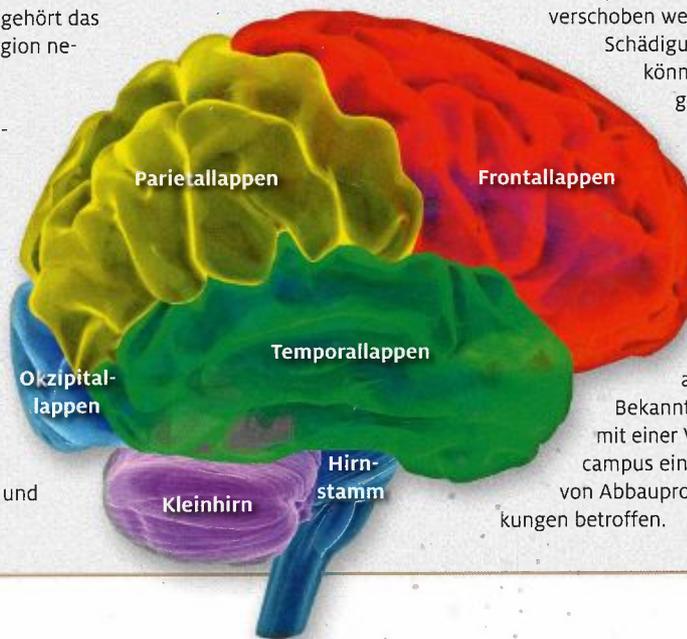
MPI für Bildungsforschung, Horn, A., et al. (2013). The structural-functional connectome and the

Die vier Hirnlappen und ihre Aufgaben

Der **Frontallappen** gilt als der Sitz der Persönlichkeit. Hier wird geplant, wie wir uns bewegen, was wir sagen und wie wir uns verhalten. Auch Aufmerksamkeit und Selbstkontrolle haben hier ihren Ursprung. Wichtig dafür ist der präfrontale Cortex, der auch beim Arbeitsgedächtnis eine zentrale Rolle spielt. Kürzlich zeigte eine Untersuchung der Universität Freiburg, dass im Frontallappen angesiedelte Bereiche des Motorcortex, die für das Sprechen zuständig sind, auch bei der Wahrnehmung von Sprache aktiv sind. Dazu gehört das Broca-Areal, eine wichtige Sprachregion neben dem Wernicke-Zentrum.

Im **Parietallappen** wird das Empfinden von Berührung, Druck, Temperatur und Schmerz verarbeitet. Die entsprechenden Regionen reagieren auch, wenn wir beobachten, wie ein anderer berührt wird. Auch die Raumwahrnehmung und die räumliche Aufmerksamkeit haben hier ihren Sitz.

Als kleinster der vier Hirnlappen beherbergt der **Okzipitallappen** den visuellen Cortex. Die Bilder aus den Augen werden hier verarbeitet und interpretiert.



Im **Temporallappen** entsteht ein mentales Bild aus allem, was wir sehen, hören und fühlen. Hier sitzt auch das Wernicke-Zentrum, das maßgeblich am Sprachverständnis beteiligt ist. Der Temporallappen wird außerdem mit dem visuellen Arbeitsgedächtnis in Verbindung gebracht. An seinem inneren Rand befindet sich der Hippocampus. Er ist insbesondere für das sogenannte deklarative Gedächtnis die erste Station. Fakten und Ereignisse werden zuerst hier gelagert, bevor sie durch Reorganisation in andere Hirnbereiche verschoben werden. Bei Menschen mit Schädigungen des Hippocampus können keine neuen Erinnerungen entstehen, das Altgedächtnis bleibt aber intakt. Der Hippocampus ist außerdem zuständig für die Verarbeitung von Information aus den Sinnesorganen. Die Struktur, die Teil des limbischen Systems ist, reagiert sehr sensibel auf emotionale Stressoren. Bekannt ist, dass schwere Traumata mit einer Volumenreduktion des Hippocampus einhergehen. Und er ist stark von Abbauprozessen bei Demenzerkrankungen betroffen.

etwas ganz anderes nachzudenken.“ Das Tagträumen wurde in den Labors der Psychologen meist untersucht, während Probanden eine eintönige Aufgabe bewältigen sollten. „Dabei kam mir der Gedanke, dass Tagträume doch auch beabsichtigt sein könnten, beispielsweise wenn die Aufgabe für die Probanden einfach nicht motivierend war“, so Seli.

Mittlerweile haben einige Studien die Vermutung bestätigt: bei beabsichtigten und unbeabsichtigten Tagträumen scheint es sich um unterschiedliche Phänomene zu handeln (siehe bild der wissenschaft 9/2018, „Bewusst träumen“). „Unbeabsichtigtes Tagträumen geht mit psychologischen Störungen wie ADHS oder Zwangserkrankungen einher, beabsichtigtes überhaupt nicht“, so Seli. Menschen, die ihre Tagträume kontrollieren können, seien außerdem achtsamer. Und Psychologie-Professor Oberauer bestätigt: „Es gibt Hinweise darauf, dass Personen mit hoher Arbeitsgedächtniskapazität diese gewoll-

ten Tagträume häufig haben, dass sie sie aber ganz gut unterdrücken können, wenn ihnen diese Gedankenabschweifungen in die Quere kommen. Wenn es zu diesen Tagträumen aber kommt, ohne dass wir es eigentlich wollen, kann das als Form der mangelnden Kontrolle über das Arbeitsgedächtnis gedeutet werden.“

Das beabsichtigte und unbeabsichtigte Tagträumen unterscheiden sich auch in den Hirnregionen, die dabei aktiv sind. Beim unwillkürlichen Abschweifen der Gedanken ist es vor allem das sogenannte Default-Mode-Netzwerk. Es besteht aus Gehirnregionen, die aktiv werden, wenn man nicht auf die Außenwelt fokussiert ist, sondern über sich selbst oder andere nachdenkt, in der Vergangenheit schwelgt oder an die Zukunft denkt. An diesem Geflecht ist unter anderem der Hippocampus beteiligt.

Gegenspieler des Default-Mode-Netzwerks ist das kognitive Kontrollsystem des Gehirns, das den Fokus stabilisiert und irrelevante Reize ausblendet. Beteiligte

Hirnregionen sind der frontale und parietale Bereich des Cortex.

Bei einer Untersuchung stellten Max-Planck-Forscher in Leipzig mithilfe funktioneller Magnetresonanztomografie fest, dass bei Menschen, die häufig beabsichtigt ihre Gedanken abschweifen lassen, die Regionen besser zusammenarbeiten. Das Kontrollnetzwerk kann bei ihnen besser auf die Gedanken einwirken und ihnen eine stabile Richtung geben. Richtig eingesetzt ist das Gedankenwandern also durchaus nützlich. Versunken im Tagtraum lassen sich kreative Lösungen finden, aktuelle Probleme lösen oder künftige Ereignisse planen. ■



ISMENE KOLOVOS hat eine einjährige Tochter – ihr Gehirn musste im letzten Jahr daher mit weniger nächtlicher Aufräumzeit zurechtkommen.