



Schlafen

Seuft, endlich abschalten. Augen zu und wegdämmern. Wer einen gesunden Schlaf hat, genießt diesen Zustand. Vermittelt er doch das Gefühl, Abstand von allem zu gewinnen, was am Tag passiert ist. Abschalten? Von wegen. Auch wenn wir es nicht bewusst miterleben oder steuern: Das Gehirn arbeitet weiter. „Eine der wesentlichen Funktionen des Schlafes ist es, das Gedächtnis zu bil-

den“, sagt Jan Born von der Universität Tübingen. Der renommierte Schlafforscher hat in den vergangenen 15 Jahren maßgeblich dazu beigetragen, diese Prozesse besser zu verstehen.

Früher dachte man, dass im Schlaf die tagsüber gelegten Spuren – frisch gelernte Vokabeln zum Beispiel – etwas tiefer eingraviert werden ins Gedächtnis. So einfach ist es aber nicht. „Damit frisch Gelerntes aus dem temporären Speicher des Gehirns in den Langzeitspeicher übergehen kann, bedarf es einer Umorganisation“, sagt Born. Dabei geht es darum, die neuen Inhalte einzuordnen und einzubinden in vorhandene Schemata. „Dieser dynamische Vorgang bewirkt, dass die Informationen besser abrufbar werden“, sagt Born.

Diese anspruchsvolle Arbeit findet ausgerechnet in einem Zustand statt, in dem wir am wenigsten aktiv denken. „Man kann sogar sagen, dass wir im Schlaf klüger werden – und zwar dadurch, dass wir extrahieren aus dem, was wir tagsüber in der Wachphase aufnehmen und temporär speichern“, sagt Born.

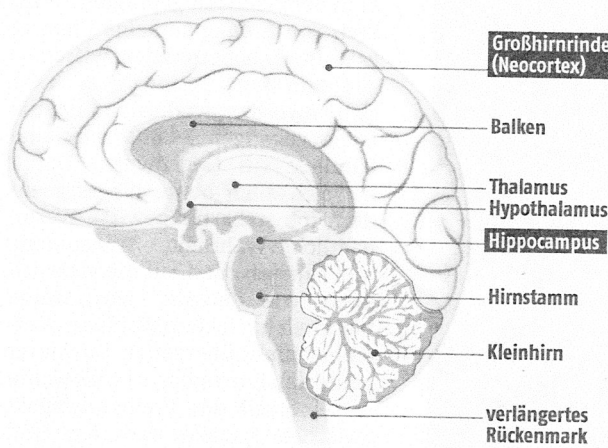
Dass Menschen über Nacht schlau werden, hat der Forscher vor einigen Jahren in einer im Fachmagazin *Nature* publizierten Studie gezeigt. Sein Team ließ Probanden Rechenaufgaben lösen. Es handelte sich um Zahlenreihen, die ergänzt werden mussten. Auf den ersten Blick eine Fleißaufgabe. Kaum einer der Probanden erkannte auf Anhieb, dass dahinter eine Regel versteckt war, die die Lösung der Aufgabe erheblich vereinfacht. Nach einem achtstündigen Nachtschlaf

Entrückt – und doch aktiv

Das Gehirn leistet nachts
Erstaunliches: Emsig sortiert es alles,
was wir tagsüber lernen.

Diese Nachbearbeitung ist nötig,
damit zum Beispiel Englischvokabeln
ins Langzeitgedächtnis gelangen

Von Anne Brüning



DAS GEDÄCHTNIS

Das Kurzzeitgedächtnis behält Informationen nur für Minuten. Daneben gibt es temporäre Speicher und Langzeitspeicher für Gedächtnisinhalte.

Als temporärer Speicher dient beispielsweise ein Hirnareal namens Hippocampus. Er speichert Informationen und Episoden, die tagsüber aufgenommen werden, behält diese Informationen aber in vielen Fällen nur vorübergehend. Der Hippocampus ist für diese Informationen nicht alleiniger Speicherort, sondern dient als Bindeglied, das die Übertragung von temporär gespeicherter Information in das Langzeitgedächtnis vermittelt.

Das Langzeitgedächtnis befindet sich in der Hirnrinde, auch Neocortex genannt. Es bezieht aber auch andere Strukturen mit ein – etwa solche, die für motorische Abläufe wichtig sind.

hingegen hatten viele den Trick raus. Von denjenigen Probanden, die in der Zwischenzeit nicht schlafen durften oder die die Aufgabe zunächst morgens und dann abends vorgelegt bekommen hatten, fand kaum einer den Kniff.

Auch Schlafstörungen beeinträchtigen das Gedächtnis. Das haben Forscher um Christoph Nissen von der Universitätsklinik Freiburg in einer aktuellen Studie herausgefunden, über die sie auf der Jahrestagung der Deutschen

Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin berichten, die gerade in Berlin stattfindet. Nissen und seine Kollegen baten drei-erlei Probandengruppen ins Schlaflabor: Personen mit gesundem Schlaf, Personen, die unter Schlaflosigkeit leiden, und solche mit Schlafapnoe – eine Schlafstörung, bei der die Atmung phasenweise aussetzt.

Vor der Nacht im Schlaflabor mussten die Probanden zwei Typen von Aufgaben bewältigen: Zum einen ging es darum, sich Wortpaare zu merken wie „Meer – Delfin“ und „Küche – Koch“. Zum anderen ging es um eine motorische Fertigkeit. Die Probanden sollten eine Figur zeichnen, die sie lediglich im Spiegel sahen. „Mit den Wortpaaren haben wir das sogenannte deklarative Gedächtnis getestet, dabei geht es um verbalisierbares Wissen wie Vokabeln“, sagt Nissen. Das Zeichnen der Figur dagegen fordert das prozedurale Gedächtnis, es wird benötigt, um motorische Fertigkeiten wie Klavier oder Tennis spielen zu erlernen.

Die Freiburger Studie zeigte: Gesunde Schläfer verbesserten sich über Nacht, Schlafgestörte hingegen nicht. „Bei den schlaflosen Probanden war vor allem das motorische Lernen beeinträchtigt, bei Schlafapnoe das deklarative Gedächtnis“, berichtet Nissen. Wie dieser Unterschied zustande kommt, ist noch unklar. „Wahrscheinlich hängt es damit zusammen, dass bei diesen Krankheiten im Schlaf unterschiedliche Prozesse gestört sind“, sagt der Schlafmediziner.

Die Studie brachte noch eine andere interessante Erkenntnis: Bei

Gesunden korrelierte die Lernleistung mit dem Traumschlaf, auch REM-Schlaf genannt. Er ist gekennzeichnet durch schnelle Augenbewegungen: Rapid Eye Movements, kurz REM. Je mehr rasche Augenbewegungen die Probanden hatten, desto stärker verbesserten sie sich über Nacht. „Wahrscheinlich finden in dieser Phase Prozesse neuronaler Plastizität statt“, vermutet Nissen.

Vor allem im Tiefschlaf leistet das Gehirn die anspruchsvolle Gedächtnisarbeit

Dieser Aspekt der Freiburger Ergebnisse, die im Fachmagazin *Journal of Sleep Research* veröffentlicht wurden, passt allerdings nicht ganz in das neue Bild vom Schlaf, das Jan Born gezeichnet hat. Lange Zeit hielten Forscher den REM-Schlaf für wichtig in Bezug auf die Gedächtnisbildung. Jan Borns Arbeiten haben die Aufmerksamkeit in den vergangenen 10 bis 15 Jahren jedoch auf die entrückteste Schlafphase gelenkt: den Tiefschlaf, auch Deltaschlaf genannt.

Die Bezeichnung rührt von der Messung der Hirnströme her. Während des Schlafes synchronisieren sich Nervenzellverbände, sie feuern im gleichen Takt. Mithilfe von Elektroden lassen sich die entstehenden elektrischen Ströme messen. Anfänglich haben diese Wellen eine recht hohe Frequenz, Alpha- und Thetawellen genannt. Je tiefer der Schlaf wird, desto langsamer wird die Schwingung – Deltawellen dominieren.

„Unsere Studien und in der Folge auch die von vielen anderen Kollegen haben eindeutig einen Zusammenhang zwischen der Gedächtnisbildung und dem Deltaschlaf gezeigt“, sagt Born. Er hat sogar beobachtet, dass ein von außen induzierter Deltaschlaf die Gedächtnisleistung merklich verbessert. Induzieren lässt sich Deltaschlaf durch Ströme, die in der Delta-Frequenz oszillieren und über Elektroden in die Hirnrinde geleitet werden.

macht ungeheuer klug



Die Schlafphasen

Uhrzeit: 23:00 Uhr

00:00

01:00

02:00

03:00

04:00

05:00

06:00

Wachzustand Im Wachzustand fließen die Gehirnströme in relativ schneller Frequenz, die Muskeln sind angespannt.

REM (Traumschlaf) Im Traumschlaf, auch REM-Schlaf genannt, bewegen sich die Augen schnell; Atmung, Blutdruck und Herzfrequenz erhöhen sich.

STUFE 1 (Einschlafphase)

In der Einschlafphase werden die Gehirnströme langsamer, die Muskelspannung reduziert sich.

STUFE 2 (Leichter Schlaf)

Im leichten Schlaf verlangsamen sich die Wellen der Gehirnströme weiter, die Muskelspannung nimmt ab.

STUFE 3 (Tiefschlaf)

Im Tiefschlaf dominieren besonders langsame Deltawellen im Gehirn, wer daraus geweckt wird, ist extrem desorientiert.

Schlafwandeln Alldruck (Aufschrecken aus dem Tiefschlaf)

Träume, die Muskulatur ist erschlafft

Sex- oder Horrorschlaf

Im Bett wälzen

Erwachen aus dem Tiefschlaf

Zähneknirschen

Je näher der Morgen, desto flacher der Schlaf, dafür träumt man mehr

FRIGALANTY; QUELLE: WWW.SCHLAFMEDIZIN.DE

DIE SCHLAFPHASEN

In welchem Schlafstadium sich ein Mensch befindet, ist am Muster der Gehirnströme und an den Augenbewegungen zu erkennen.

Im Wachzustand sind im Gehirn sogenannte Betawellen zu messen. Sie haben eine Frequenz von 14 bis 30 Hertz. Im entspannten Zustand werden die Gehirnwellen langsamer, Alphawellen mit 8 bis 13 Hertz treten auf.

In der Einschlafphase entstehen zunächst Thetawellen (4 bis 7 Hertz). Außerdem reduziert sich die Muskelspannung.

Im leichten Schlaf dominieren zunächst noch Thetawellen, mit zunehmender Schlafiefe sind charakteristische Ausschläge im EEG zu beobachten: Schlaf-

spindeln und K-Komplexe genannt. Beim Übergang in den Tiefschlaf werden Deltawellen (0,1 bis 4 Hertz) häufiger. Die Muskeln entspannen sich weiter.

Im Tiefschlaf dominieren Deltawellen. Aus diesem Grund wird er auch Deltaschlaf genannt. Wer aus dieser festen Schlafphase geweckt wird, ist besonders desorientiert. Im Tiefschlaf kommt es aber auch zu Phänomenen wie Schlafwandeln und Sprechen im Schlaf.

REM-Schlaf ist der Traumschlaf. Er ist daran zu erkennen, dass sich die Augen rasch bewegen. Vom englischen Begriff „Rapid Eye Movements“ rührt auch die Abkürzung REM. Im Gehirn sind während des Traumschlafs Thetawellen messbar. Die Muskulatur ist entspannt –

mit Ausnahme der Augen. Atmung, Blutdruck und Herzfrequenz erhöhen sich aber. Die anderen Schlafphasen werden zur Abgrenzung vom REM-Schlaf auch als Non-REM-Schlaf bezeichnet. Der Traumschlaf nimmt bei Erwachsenen im Schnitt gut anderthalb Stunden ein. Bei Kindern ist es deutlich mehr.

Junge Erwachsene verbringen 20 bis 25 Prozent der Nacht im Deltaschlaf. Ab 40 Jahren nimmt der Anteil des für das Gedächtnis wichtigen Deltaschlafs ab. Mit 50 Jahren sind es nur noch etwa 10 Prozent, im hohen Alter tritt oft überhaupt kein Delta-Schlaf mehr auf. Das erklärt auch, warum es im Alter so viel schwerer fällt, Neues hinzuzulernen – zum Beispiel eine Fremdsprache.

Jan Born möchte nun im Detail herausfinden, welche Vorgänge hinter geschlossenen Lidern zur Gedächtniskonsolidierung beitragen. „Im Deltaschlaf werden vermutlich die tagsüber ins temporäre Gedächtnis aufgenommen Inhalte neuronal reaktiviert. Das setzt die Umorganisation fürs Langzeitgedächtnis in Gang“, sagt Born. Er nimmt an, dass höhere kognitive Funktionen im Schlaf entwickelt werden. „Studien zeigen, dass zum Beispiel Sprachenlernen ohne Schlaf nicht möglich

ist. Wahrscheinlich ist der Schlaf wichtig, um die grammatikalischen Regeln der Sprache zu extrahieren.“

Diese Hypothese steht immerhin wieder im Einklang mit Ergebnissen des Freiburger Schlafmediziners Nissen. Sein Team wollte wissen, ob die Übernahme ins Langzeitgedächtnis auch davon abhängt, zu welchem Zeitpunkt ein Inhalt im temporären Speicher des Gehirns aufgenommen wird. Die Forscher ließen jugendliche Probanden entweder um 15

Uhr oder um 21 Uhr lernen. Einmal ging es um das deklarative Gedächtnis – die jungen Leute sollten sich Wortpaare merken. Ein anderes Mal waren motorische Fertigkeiten gefragt – Tippübungen auf der Computertastatur. „Die Tippübungen waren viel effizienter, wenn sie abends stattfanden. Die Unterschiede waren deutlich und bestanden noch eine Woche nach dem Üben“, berichtet Nissen. Dagegen war nachmittags der bessere Zeitpunkt, Begriffe zu lernen. Nissen sagt: „Offenbar

gibt es für diese beiden Gedächtnistypen unterschiedliche Zeitfenster.“

Sein praktischer Tipp, den er aus der Studie ableitet: Das prozedurale Gedächtnis, das zum Beispiel auch fürs Klavier spielen benötigt wird, sollte am besten abends noch einmal herausgefordert werden. „Allerdings ist das noch keine endgültige Aussage. Weitere Studien müssen zeigen, ob das späte Üben auch bei anderen Probandengruppen von Vorteil ist“, sagt Nissen. Noch weniger festlegen will sich der Freiburger, wann der beste Zeitpunkt für deklarative Aufgaben wie Vokabeln pauken ist. Auf diese Frage hat Jan Born eine Antwort: Er rät, Vokabeln morgens zu lernen und abends noch mal zu wiederholen. „Was kurz vor der Schlafphase aktiviert wird, hat bessere Chancen in der Schlafphase reaktiviert zu werden. Und für das Lernen am Vormittag spricht, dass wir am Anfang der Wachphase aufnahmefähiger sind“, erläutert der Forscher.

Unklar ist noch, wie viel Schlaf man eigentlich benötigt, damit das Gedächtnis gut funktioniert. Nissens Untersuchungen an Jugendlichen haben zum Beispiel gezeigt, dass die Schlafmenge kaum Einfluss hat auf die Gedächtnisbildung. „Auch wenn unsere jugendlichen Probanden fünf Nächte hintereinander nur fünf Stunden schliefen, schnitten sie in den Gedächtnistests nicht schlechter ab als diejenigen, die acht Stunden schlafen durften“, berichtet Nissen. Er geht davon aus, dass zumindest Jugendliche einen begrenzten Schlafmangel gut kompensieren können.

Möglicherweise hängt das Phänomen auch mit dem Ablauf der Schlafphasen zusammen, denn der Tiefschlaf liegt vor allem in der ersten Hälfte der Nacht. „Studien zeigen aber, dass man erhebliche Vorteile für das Gedächtnis hat, wenn man ausschläft“, sagt Born.

Der vielgerühmte Mittagschlaf wird aus Sicht der Gedächtnisforscher überschätzt. „Unsere Experimente haben ergeben, dass sich lediglich visuelle Leistungen

wie Mustererkennung signifikant verbessern, wenn zwischen den Aufgaben ein 45-minütiger Mittagsschlaf liegt“, berichtet Nissen.

Das Gedächtnis braucht also einen gesunden Nachtschlaf. Jan Born fasst den Begriff inzwischen sogar sehr weit. Er geht davon aus, dass Schlaf generell dazu benötigt wird, um Gedächtnis zu bilden. „Wir besitzen nicht nur das neuronale Gedächtnis. Das Immunsystem ist das zweite große System, das ein Gedächtnis bildet, nämlich für Antigen-Stimuli“, sagt Born. Er vermutet gleiche Prinzipien dahinter.

Der Nachtschlaf ist auch für das Immunsystem wichtig, zum Beispiel nach einer Impfung

Erste Belege dafür hat der Forscher bereits publiziert. Demnach ist es erstaunlich wichtig, in der Nacht nach einer Impfung zu schlafen. Borns Team verpasste seinen Probanden eine Hepatitis-Impfung. Ein Teil der Probanden durfte in der Nacht danach im Schlaflabor schlafen, ein anderer Teil musste wach bleiben. „Diejenigen, die schlafen durften, hatten hinterher doppelt so hohe Antikörperkonzentrationen wie Menschen, die wach bleiben mussten. Der Unterschied, den diese eine Nacht ausgemacht hat, war noch nach einem Jahr messbar“, berichtet Born.

Er möchte nun ergründen, welcher Mechanismus hinter dem Phänomen steckt. Möglicherweise kommt der immunfördernde Effekt dadurch zustande, dass im Schlaf Hormone wie Prolaktin und Wachstumshormon ausgeschüttet werden, die das Abwehrsystem unterstützen. Bei der Hepatitis-Impfung hat sich sogar gezeigt, dass wiederum der Delta-schlaf wichtig für effiziente Abwehrkräfte ist.

Die wohlige Phase, in der wir meinen abzuschalten, ist für einige Bereiche des Körpers demnach alles andere als erholsam. Wie gut, dass wir das nicht Nacht für Nacht mitbekommen. Sonst könnte ja keiner mehr ruhig schlafen.