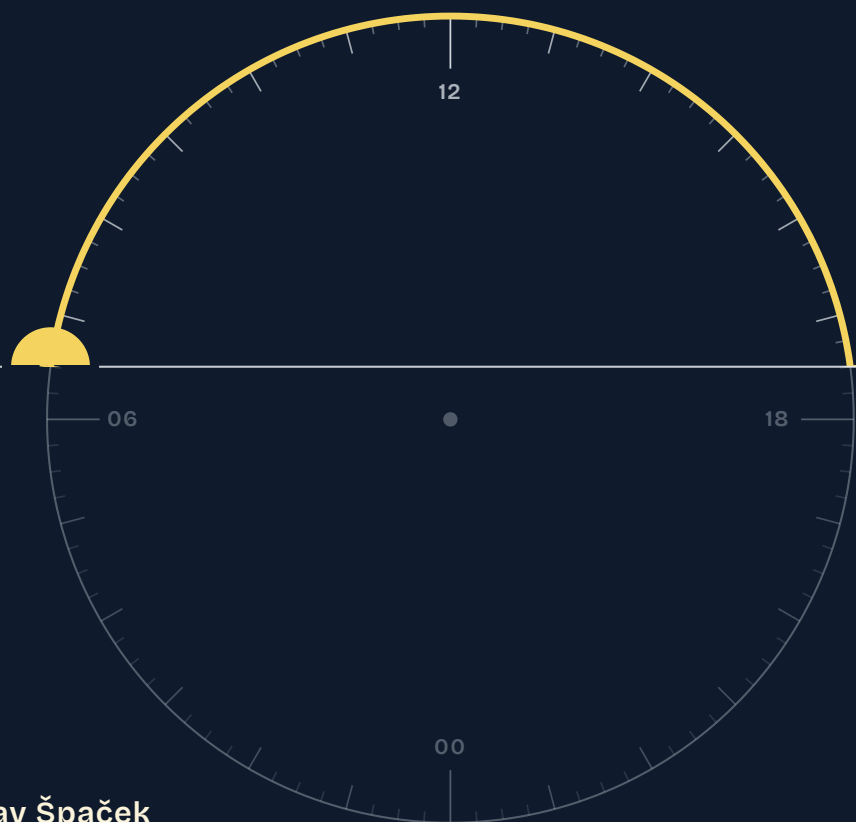


Ausgeschlafen

*Was die Wissenschaft über Schlaf und
Energie im Alltag weiß und wie Sie
es nutzen*



Miroslav Špaček

Ausgeschlafen

*Was die Wissenschaft über Schlaf und Energie
im Alltag weiß und wie Sie es nutzen*

Miroslav Špaček

© 2026 Miroslav Špaček. Alle Rechte vorbehalten.

Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Autors in irgendeiner Form vervielfältigt, gespeichert oder weitergegeben werden. Ausgenommen sind kurze Zitate in Rezensionen.

Erste Auflage, 2026.

Gesetzt aus der Bricolage Grotesque und der Source Serif 4, beide unter der SIL Open Font License veröffentlicht.

Medizinischer Hinweis

Dieses Buch bietet allgemeine Informationen über Schlaf und Energie im Alltag. Es ist keine medizinische Beratung und ersetzt weder Diagnose noch Behandlung durch eine Ärztin, einen Arzt oder eine andere qualifizierte Fachperson.

Sprechen Sie mit einer qualifizierten Fachperson über Beschwerden, die Sie beunruhigen, und bevor Sie ein Nahrungsergänzungsmittel einnehmen, eine Behandlung ändern oder ein Medikament absetzen. Rufen Sie im Notfall sofort den Notruf (in Europa 112) oder suchen Sie die nächste Notaufnahme auf.

Die Inhalte geben den Forschungsstand zum Zeitpunkt der Entstehung wieder. Die Forschung entwickelt sich weiter; der Autor übernimmt keine Haftung für Entscheidungen, die auf Grundlage dieses Buches getroffen werden.

Inhalt

	Wie Sie dieses Buch lesen	5
	Müde ist nicht gleich müde	9
1	Was im Schlaf geschieht	17
2	Zwei Uhren: Schlafdruck und zirkadianer Rhythmus	
3	Wie viel Schlaf Sie brauchen	
4	Was kurzer Schlaf kostet	
5	Licht, der stärkste Hebel in Ihrer Hand	
6	Koffein, Alkohol und was Sie sonst noch zu sich nehmen	
7	Bewegung, Temperatur, Essen und der richtige Zeitpunkt	
8	Wenn Sie nicht schlafen können: Insomnie und KVT-I	
9	Nickerchen, Schichtarbeit, Jetlag und ein unregelmäßiger Alltag	
10	Energie am Tag, ohne gegen die eigene Biologie zu kämpfen	
11	Ihr Vierwochenplan	
	Glossar	
	Quellen	30
	Über dieses Buch	

Wie Sie dieses Buch lesen

Dieses Buch stellt dar, was über Schlaf und Energie im Alltag bekannt ist, wie gesichert dieses Wissen ist und was Sie vernünftigerweise damit anfangen können. Tatsachenaussagen sind mit nummerierten Quellen am Ende des Buches belegt; berichten mehrere Sätze über dieselbe Studie, steht die Nummer nur einmal, am Schluss. Ein Satz ohne Nummer gibt meine eigene Überlegung oder Rechnung wieder oder ist eine schlichte Anleitung.

Die drei Bewertungsstufen

Immer wenn das Buch etwas empfiehlt, fällt ein Kasten mit der Überschrift „Studienlage“ ein Urteil und vergibt eine Stufe, dargestellt durch drei Punkte: drei ausgefüllte für solide, zwei für mäßig, einer für begrenzt. Die Stufe bewertet die Belege für genau diesen Rat, nicht das Thema als Ganzes. Ist die Biologie gut verstanden, der darauf gestützte Rat im Alltag aber nicht erprobt, bekommt der Kasten die niedrigere Stufe und nennt den Grund.

Solide heißt: übereinstimmende Ergebnisse aus mehreren guten randomisierten Studien oder Metaanalysen oder ein Konsens auf der Ebene klinischer Leitlinien. Solide heißt nicht, dass der Effekt groß ist. Die kognitive Verhaltenstherapie für Insomnie (KVT-I) ist nach amerikanischen und europäischen Leitlinien die Behandlung der ersten Wahl bei chronischer Insomnie^{1,2}, und doch verkürzte sie in einer Metaanalyse von 20 Studien die Einschlafdauer um etwa 19 Minuten und veränderte die Gesamtschlafzeit kaum³.

Mäßig heißt: gestützt durch mindestens eine gute Metaanalyse oder mehrere übereinstimmende Studien, aber mit echten Einschränkungen: kleine Stichproben, kurze Nachbeobachtung, uneinheitliche Ergebnisse oder überwiegend Laborbedingungen.

Begrenzt heißt: wenige oder kleine Studien, nur Beobachtungsdaten, Tierversuche oder ein plausibler Schluss aus den Mechanismen, der nicht direkt geprüft wurde. An manchen Stellen lautet die Antwort „Das wissen wir nicht“, und das sagt das Buch dann auch.

Warum zu jeder Zahl die untersuchte Gruppe gehört

Ein Ergebnis gilt zunächst für die Menschen, die untersucht wurden. Der Befund etwa, dass zwei Wochen mit 6-Stunden-Nächten die Aufmerksamkeit stetig verschlechtern, stammt aus einer Laborstudie mit gesunden Erwachsenen im Alter von 21 bis 38 Jahren, von denen 13 diesem Schlafplan zugeteilt wurden⁴. Für einen 55-jährigen Elternteil zu Hause gilt er wahrscheinlich auch, aber das ist eine Schlussfolgerung. Deshalb steht bei den Zahlen in diesem Buch, wer gemessen wurde und wie.

Wie Sie die Zahlen lesen

„Eine viermal so hohe Chance“ oder „ein 1,3-mal so hohes Risiko“ vergleicht zwei Gruppen. „Chance“ ist dabei der statistische Fachbegriff für die Odds, das Verhältnis von Eintreten zu Nichteintreten eines Ereignisses, und nicht dasselbe wie eine Wahrscheinlichkeit. Ob eine Studie eine Odds Ratio (Chancenverhältnis), ein relatives Risiko oder eine Hazard Ratio angibt: Ein Wert von 1 bedeutet keinen Unterschied, 1,3 bedeutet 30 % höher. Eine standardisierte Effektstärke (geschrieben d oder g) drückt einen Unterschied in Einheiten dessen aus, wie stark Menschen voneinander abweichen; nach einer gängigen Faustregel gilt etwa 0,2 als klein, 0,5 als mittel und 0,8 als groß. Und Prozentpunkte sind nicht dasselbe wie Prozent. Sinkt der Tiefschlaf von 20 % der Nacht auf 18 %, ist das ein Rückgang um 2 Prozentpunkte oder um 10 %.

Zusammenhang und Ursache

Viele Befunde zum Schlaf stammen daraus, dass große Gruppen von Menschen über Jahre begleitet werden. Das zeigt Muster, beweist aber selten eine Ursache. Menschen, die angeben, sehr lange zu schlafen, sterben im Durchschnitt früher als Menschen, die etwa 7 Stunden schlafen. Die Forschenden, die diese Studien zusammengefasst haben, weisen jedoch darauf hin, dass langer Schlaf eher ein Anzeichen einer bereits bestehenden Krankheit sein könnte als ihre Ursache⁵. Dieses Buch nennt einen Zusammenhang einen Zusammenhang.

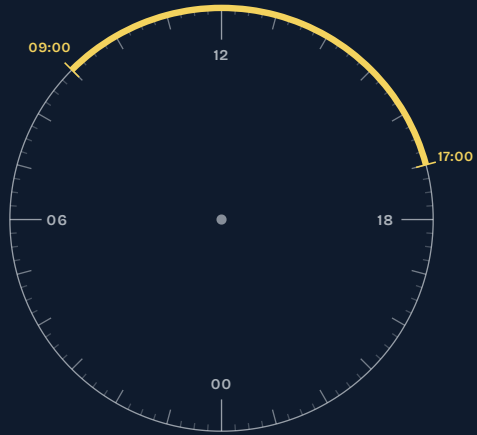
Was dieses Buch nicht ist

Dieses Buch bietet allgemeine Informationen über Schlaf, geschrieben für Erwachsene. Es ist keine medizinische Beratung und kann keine Diagnose stellen. Kästen mit der Überschrift „Ärztlich abklären lassen, wenn ...“ nennen Warnzeichen, und für kein Medikament und kein Nahrungsergänzungsmittel nennt das Buch eine Dosis. Wenn bei Ihnen eine Schlafstörung diagnostiziert wurde, Sie schwanger sind, in einem sicherheitskritischen Beruf arbeiten oder Medikamente nehmen, die Schlaf oder Wachheit beeinflussen, sprechen Sie mit Ihrer Ärztin oder Ihrem Arzt, bevor Sie an Ihrem Schlaf etwas ändern. Kapitel 8 nennt, wer seine stärkste Methode nicht ohne fachkundige Begleitung ausprobieren sollte.

Wie die Kapitel zusammenhängen

Die Einleitung trennt Schläfrigkeit von Erschöpfung. Die Kapitel 1 bis 4 erklären, wie Schlaf funktioniert und was schiefgeht, wenn er zu kurz kommt; 5 bis 7 behandeln die Stellschrauben, die Sie selbst in der Hand haben, etwa Licht, Koffein und Bewegung; 8 und 9 befassen sich mit Insomnie, Schichtarbeit und Jetlag; 10 mit der Energie über den Tag; und 11 macht aus alldem einen Vierwochenplan.

Kästen mit der Überschrift „Ausprobieren“ enthalten Schritte, die Sie an sich selbst testen können. Wenn Ihnen die Zeit fehlt, machen Sie den Zwei-Fragen-Test am Ende der Einleitung und lesen dann die Kapitel 3, 5 und 11; nehmen Sie Kapitel 8 dazu, wenn Sie vor allem wach liegen, und Kapitel 10, wenn Ihr Problem Erschöpfung am Tag ist. Uhrzeiten stehen im 24-Stunden-Format, 23:00 Uhr bedeutet also elf Uhr abends.



Einleitung

Müde ist nicht gleich müde

Schläfrigkeit und Erschöpfung fühlen sich von innen ähnlich an, können aber verschiedene Ursachen haben und sprechen oft auf unterschiedliche Maßnahmen an.

In einer Studie mit 283 Patientinnen und Patienten einer Schlafambulanz bekamen alle zwei Fragebögen, einen zur Erschöpfung und einen zur Schläfrigkeit. Wären beide dasselbe, hätten die Werte gemeinsam steigen und fallen müssen. Das taten sie kaum: Die Korrelation lag bei 0,18, und das ist schwach. Insgesamt berichteten 64 % der Untersuchten von einer Erschöpfung, die stark genug war, um als auffällig zu gelten, ohne dass sie auffällig schläfrig waren; nur 4 % zeigten das umgekehrte Bild, Schläfrigkeit ohne Erschöpfung. Wer ausgeprägt erschöpft war, hatte zudem tendenziell depressive Symptome⁶.

Diese Menschen waren bereits wegen Schlafproblemen überwiesen worden, über die Allgemeinbevölkerung sagen die Prozentwerte also wenig. Trotzdem benutzen die meisten von uns für beide Zustände ein einziges Wort: „müde“.

Viele Leserinnen und Leser werden die üblichen Tipps schon ausprobiert haben. Dieses Buch bewertet jede Empfehlung nach der Qualität der Belege, auf denen sie beruht, und manche der beliebten schneiden dabei schlecht ab. Ein Cochrane-Review konnte nicht sagen, ob Brillen mit Blaulichtfilter den Schlaf verbessern, weil die Vertrauenswürdigkeit der Evidenz sehr gering war⁷. In einer Studie mit 167 jungen Menschen, die ein iPhone nutzten, wirkte sich die Einstellung Night Shift nicht messbar auf den Schlaf aus⁸. Schlafhygiene allein wird als Behandlung chronischer Insomnie nicht empfohlen⁹; die Behandlung, die Leitlinien tatsächlich an die erste Stelle setzen, die kognitive Verhaltenstherapie für Insomnie (KVT-I), ist Thema von Kapitel 8.

Zwei verschiedene Beschwerden

Die Schlafmedizin definiert Tagesschläfrigkeit recht eng. Im Entwurf ihres Diagnosehandbuchs beschreibt die American Academy of Sleep Medicine (AASM) sie als Unfähigkeit, in der Hauptwachphase des Tages wach und aufmerksam zu bleiben, mit Episoden eines unbezwingbaren Schlafbedürfnisses oder eines ungewollten Wegdämmerns. Am deutlichsten zeigt sie sich im Sitzen, bei Lange-

weile und Eintönigkeit¹⁰. Bei Schläfrigkeit geht es darum, wie leicht der Schlaf Sie übermannen würde, wenn Sie ihn ließen. Eine lange Besprechung in einem warmen Raum nach dem Mittagessen stellt sie auf die Probe, ein hitziger Streit nicht.

Erschöpfung, in der Fachsprache oft Fatigue genannt, ist schwerer zu fassen. Gemeint ist Energiemangel oder fehlender Antrieb, in Gang zu kommen, und Erschöpfung kann auch dann bestehen, wenn Sie nicht einschlafen würden, selbst wenn Sie es versuchten. Eine Übersichtsarbeit zu beiden Konzepten stellte fest, dass sie oft gleichbedeutend verwendet oder unter dem Alltagswort „müde“ zusammengefasst werden, dass sich Schläfrigkeit nur über die Art ihrer Messung definieren lässt und dass es für Erschöpfung kein Goldstandard-Messverfahren gibt: Sie wird nach wie vor erfasst, indem man Menschen fragt, wie sie sich fühlen¹¹.

Derselbe Entwurf bietet einen deutlichen Kontrast. Er beschreibt das chronische Fatigue-Syndrom als Erschöpfung, die anhält oder immer wiederkehrt und sich durch Schlaf oder Ruhe nicht bessert. Menschen mit dieser Erkrankung klagen über Erschöpfung, nicht über Schläfrigkeit, und im Multiplen Schlaflatenztest, einem Labortest am Tag, der misst, wie schnell jemand einschläft, sind ihre Ergebnisse normal¹⁰.

Schläfrigkeit und Erschöpfung treten oft gemeinsam auf, und viele Menschen haben beides. Wo sie auseinanderfallen, hilft früheres Zubettgehen gegen das eine und ändert am anderen womöglich kaum etwas.

Warum der Unterschied darüber entscheidet, was hilft

Ist Ihr Hauptproblem Schläfrigkeit, sind es die Stellschrauben, denen dieses Buch die meisten Seiten widmet: wie viel Sie schlafen, wann Sie schlafen und was Ihren Schlaf stört. Die Kapitel 3 bis 9 behandeln sie, und Kapitel 2 erklärt, wie Schlafdruck und innere Uhr zusammenwirken.

Ist Ihr Hauptproblem Erschöpfung ohne viel Schläfrigkeit, ändern zusätzliche Stunden im Bett womöglich wenig. Erschöpfung hat ein breiteres Spektrum möglicher Ursachen, darunter gedrückte Stimmung, Stress und körperliche Erkrankungen¹². Schlaf kann trotzdem eine Rolle spielen, aber vielleicht nicht die Hauptrolle.

Schläfrigkeit lässt sich zudem von innen schwer beurteilen. In einer Laborstudie mit gesunden Erwachsenen im Alter von 21 bis 38 Jahren schnitten die 26 Teilnehmenden, die 14 Tage lang auf 4 oder 6 Stunden im Bett pro Nacht beschränkt waren, in einem einfachen Aufmerksamkeitstest stetig schlechter ab, während ihre eigenen Angaben zur Schläfrigkeit in den ersten Tagen etwas stiegen und sich danach kaum noch veränderten⁴. Die Forschenden folgerten, dass den Teilnehmenden ihre wachsenden Defizite weitgehend nicht bewusst waren. „Ich fühle mich nicht schläfrig“ ist ein schwacher Beleg dafür, dass Sie ausgeschlafen sind; Kapitel 4 zeigt, warum.

Schläfrigkeit messen: die Epworth-Skala

Ein Standardfragebogen für Tagesschläfrigkeit ist die Epworth-Schläfrigkeitsskala. Sie fragt, wie wahrscheinlich Sie in acht alltäglichen Situationen einnicken würden, und die Antworten ergeben zusammen einen Wert von höchstens 24. In der ursprünglichen Studie mit 180 Erwachsenen (30 gesunden Kontrollpersonen und 150 Menschen mit Schlafstörungen) unterschied die Skala die Patientengruppe von der Kontrollgruppe, und die Werte gingen damit einher, wie schnell die Menschen im Multiplen Schlaflatenztest einschliefen¹³. Der Fragebogen ist urheberrechtlich geschützt und wird hier nicht abgedruckt.

In einer späteren Befragung tagsüber arbeitender Beschäftigter eines australischen Unternehmens erreichten Menschen ohne Anzeichen einer Schlafstörung Werte zwischen 0 und 10, im Durchschnitt 4,6. Menschen mit Narkolepsie oder einer verwandten Erkrankung kamen auf 12 bis 24. Werte über 10 galten als Hinweis

auf übermäßige Tagesschläfrigkeit, und 10,9 % der Beschäftigten lagen über 10¹⁴.

Die Skala hat Grenzen. Eine systematische Übersichtsarbeit über 35 Studien ergab, dass ihre acht Fragen gut zusammenpassen (gute interne Konsistenz), ihre Werte aber nur mäßig oder schwach mit objektiven Tests der Schläfrigkeit korrelierten. Das Autorenteam empfahl sie für Vergleiche zwischen Gruppen, nicht für die Beurteilung einzelner Personen¹⁵.

Studienlage ●●○ Mäßig

Ein hoher Epworth-Wert oder Einschlafen in Situationen, in denen das eindeutig nicht passieren sollte, etwa mitten im Gespräch, ist ein vernünftiger Anlass für einen Arztbesuch. Wenn Sie am Steuer eingenickt oder beinahe eingenickt sind, fahren Sie nicht mehr übermüdet Auto, bis Sie ärztlich untersucht worden sind; Kapitel 4 erklärt, warum. Der Grenzwert von 10 stammt aus einer einzelnen, gut beschriebenen Befragung in einem Unternehmen, und die Skala eignet sich besser zum Screening von Gruppen als zur Messung bei einer einzelnen Person. Verstehen Sie einen hohen Wert daher als Anstoß, nachzufragen, nicht als Antwort.

Wenn Müdigkeit ein medizinisches Symptom ist

Erschöpfung gehört laut einer klinischen Übersichtsarbeit aus den USA zu den zehn häufigsten Gründen, aus denen Menschen eine Hausarztpraxis aufsuchen¹⁶. In der hausärztlichen Versorgung erweist sich eine unentdeckte Krebserkrankung als seltene Ursache, doch ein nennenswerter Teil anhaltender Erschöpfung hat eine Ursache, die sich ärztlich finden und behandeln lässt, etwa eine Schlafstörung, eine Depression oder eine Anämie¹². Kapitel 10 geht diese Ursachen durch und sagt, wie oft jede vorkommt.

Der britische Gesundheitsdienst National Health Service rät zum Arztbesuch, wenn Sie sich seit einigen Wochen ohne erkennbaren Grund müde fühlen, wenn die Müdigkeit Ihren Alltag beeinträchtigt, wenn sie mit anderen Beschwerden wie Gewichtsverlust oder

Stimmungsveränderungen einhergeht oder wenn jemand bemerkt hat, dass Sie im Schlaf nach Luft schnappen, schnauben oder würgen. Zu den medizinischen Ursachen, die er nennt, gehören Eisenmangelanämie, Schlafapnoe, Diabetes, eine Schilddrüsenüberfunktion sowie Erkrankungen wie das Pfeiffersche Drüsenfieber (Mononukleose) und COVID-19¹⁷.

Eine Gruppe braucht schon früh im Buch eine ausdrückliche Warnung. Bei der myalgischen Enzephalomyelitis/dem chronischen Fatigue-Syndrom (ME/CFS) ist das Leitsymptom die Post-Exertionelle Malaise, eine Verschlechterung der Beschwerden nach Anstrengung. Körperliches Training kann schaden, weil es genau diese Verschlechterung auslösen kann, und Betroffenen wird zum Pacing geraten, also dazu, ihre Aktivität im Rahmen der verfügbaren Energie zu halten¹⁶. Viele Menschen mit Long COVID haben ähnliche Beschwerden. Mehrere Kapitel dieses Buches raten zu mehr Bewegung. Wenn Anstrengung Ihre Beschwerden danach zuverlässig verschlimmert, gilt dieser Rat für Sie erst, nachdem Sie mit einer Ärztin oder einem Arzt gesprochen haben. Kapitel 10 enthält die vollständige Liste der Warnzeichen.

Was dieses Buch behandelt und was nicht

Dies ist ein Buch über gewöhnlichen Schlaf und gewöhnliche Müdigkeit bei Erwachsenen. Es erklärt, wie Schlaf funktioniert, wie viel davon Menschen brauchen, was ihn verkürzt oder stört und welche Veränderungen gut belegt sind. Die Insomnie behandelt es ausführlich, weil sie häufig ist (Kapitel 8 nennt die Zahlen) und weil zu ihrer Behandlung der ersten Wahl Schritte gehören, mit denen Sie selbst beginnen können.

Ein Handbuch der Schlafstörungen ist es nicht. Schlafapnoe, Restless-Legs-Syndrom und Narkolepsie kommen als Warnzeichen vor, so ausführlich, dass Sie erkennen, wann Sie Hilfe brauchen, doch Diagnose und Behandlung gehören in ärztliche Hände. Kinder und Jugendliche werden nur am Rande erwähnt. Schichtarbeit und

Jetlag haben ein eigenes Kapitel, doch die meisten Ratschläge setzen einen einigermaßen regelmäßigen Tagesablauf voraus.

Was Sie damit anfangen können

Bevor Sie etwas ändern, hilft es zu wissen, mit welcher Art von Müdigkeit Sie es zu tun haben. Die folgenden Fragen brauchen eine Woche und kosten nichts.

Ausprobieren

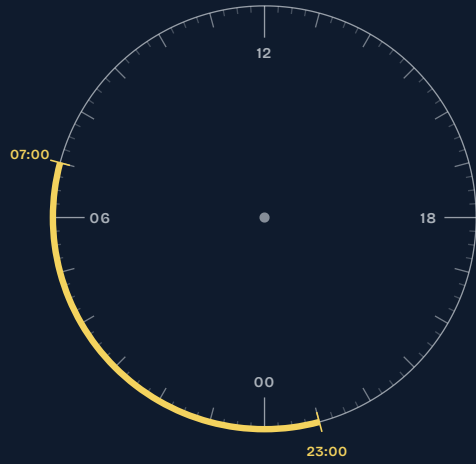
Stellen Sie sich sieben Tage lang jedes Mal, wenn Sie merken, dass Sie müde sind, zwei Fragen und schreiben Sie die Antworten auf. Erstens: Würde ich innerhalb weniger Minuten einschlafen, wenn ich jetzt in einem ruhigen, warmen Raum säße? Zweitens: Würde ein kurzes Nickerchen mein Befinden wieder in Ordnung bringen? Lautet die Antwort meist zweimal Ja, spricht das für Schläfrigkeit, und die Kapitel über Schlafmenge, Schlafzeitpunkt und Licht sind der richtige Ausgangspunkt. Lautet sie meist Nein, spricht das für Erschöpfung; dann werden die medizinischen Fragen in dieser Einleitung und in Kapitel 10 wichtiger. Gemischte Antworten sind häufig, weil viele Menschen beides haben. Zwei Muster sollten Sie vor jeder Selbsthilfe ärztlich abklären lassen: starke Schläfrigkeit, obwohl Sie sich regelmäßig 7 oder mehr Stunden Zeit im Bett geben, und Luftschnappen, Schnauben oder Würgen im Schlaf, das jemand anderem aufgefallen ist^{17,18}.

Studienlage ●○○ Begrenzt

Die Schlafmedizin behandelt Schläfrigkeit und Erschöpfung als getrennte Zustände, und in einer klinischen Stichprobe hingen sie kaum zusammen. Der Zwei-Fragen-Test wendet diese Unterscheidung an, doch niemand hat ihn als Instrument geprüft. Nutzen Sie ihn zur Orientierung; ausschließen kann er nichts.

Das Wichtigste

- „Müde“ steht für zwei Zustände: Schläfrigkeit und Erschöpfung.
- Beide treten oft gemeinsam auf, können aber auseinanderfallen.
- Sich wach zu fühlen ist ein schwacher Beleg dafür, ausgeschlafen zu sein.
- Ein hoher Epworth-Wert ist ein Grund für einen Arztbesuch, keine Diagnose.
- Erschöpfung, die wochenlang anhält oder mit anderen Beschwerden einhergeht, sollte ärztlich abgeklärt werden.



1

Was im Schlaf geschieht

Eine Nacht Schlaf folgt einem vorhersehbaren Muster, und wer es kennt, sieht viele verbreitete Sorgen um den Schlaf gelassener.

Im Schlaflabor wird eine Nacht in Seiten von je 30 Sekunden zerlegt. Elektroden zeichnen Hirnströme, Augenbewegungen und die Muskelspannung am Kinn auf, und eine geschulte Fachkraft sieht sich jede 30-Sekunden-Seite an und versieht sie mit einem Etikett: wach, eines von drei Stadien des Non-REM-Schlafs oder REM-Schlaf (REM steht für Rapid Eye Movement, schnelle Augenbewegungen). Diese Regeln stammen von der American Academy of Sleep Medicine (AASM), deren Arbeitsgruppe 2007 die 30-Sekunden-Seite beibehielt, die Ableitungsorte festlegte und die Stadien umbenannte¹⁹. Fast alles, was über das Innere einer Nacht bekannt ist, auch das Folgende in diesem Kapitel, beruht auf dieser Auswertung Seite für Seite.

Schlafstadien sind Etiketten für ein fließendes Signal

Das Einschlafen hat eine erkennbare Signatur. Liegen Sie entspannt mit geschlossenen Augen, erzeugt der hintere Teil Ihres Gehirns einen gleichmäßigen Alpha-Rhythmus von 8 bis 13 Wellen pro Sekunde. Die AASM-Arbeitsgruppe hielt das Abklingen dieses Rhythmus für den aussagekräftigsten elektrischen Marker dafür, dass der Schlaf begonnen hat^{19,20}.

Das erste Stadium, N1, ist ein kurzer Übergang. Die Hirnwellen werden klein und gemischt, und im ersten Zyklus der Nacht dauert dieses Stadium meist 1 bis 7 Minuten. Geräusche können es leicht beenden²⁰. Darauf folgt N2. Es ist gekennzeichnet durch Schlafspindeln, kurze, an- und abschwellende Salven schnellerer Aktivität, und durch K-Komplexe: einzelne große Wellen von mindestens einer halben Sekunde Dauer, mit einem steilen Ausschlag in die eine Richtung, auf den einer in die andere folgt. N2 ist der gewöhnliche Mittelteil des Schlafs und nimmt bei Erwachsenen etwa die Hälfte der Nacht ein^{20,21}.

N3, auch langsamwelliger Schlaf genannt, ist das, was dieses Buch Tiefschlaf nennt. Das Stadium ist durch große, langsame Wellen definiert: weniger als zwei pro Sekunde und über einer festge-

legten Höhe in der Aufzeichnung. Aus keinem anderen Stadium ist ein Mensch so schwer zu wecken^{20,22}. Im Tiefschlaf wechseln große Verbände von Nervenzellen im Gleichtakt zwischen aktiven und stillen Phasen, deshalb schwillt die Kurve zu großen, langsamen Wellen an²¹.

Der REM-Schlaf sieht fast wie das Gegenteil aus. Die Hirnwellen ähneln denen eines wachen Gehirns, die Augen zucken in Salven hin und her, und die meisten Muskeln verlieren ihre Spannung²⁰. Diese Abschaltung der Muskeln hindert Menschen vermutlich daran, ihre Träume in Bewegung umzusetzen²⁰.

Ältere Studien folgten einem anderen Regelwerk von 1968, in dem der Tiefschlaf in die Stadien 3 und 4 unterteilt war. Die Regeln von 2007 fassten beide zu N3 zusammen, weil es keine Belege gab, die eine Trennung rechtfertigten¹⁹. Die beiden Systeme liefern aus denselben Aufzeichnungen unterschiedliche Zahlen, was später in diesem Kapitel wichtig wird. Nach den aktuellen Regeln ergeben zusammengefasste Daten gesunder Erwachsener aller Altersgruppen für N1 7,9 % der Gesamtschlafzeit, für N2 51,4 %, für N3 20,4 % und für REM 19,0 %²³.

Diese Stadien sind menschliche Kategorien, die über ein sich fließend veränderndes Signal gelegt werden. In einem Test mit mehr als 2.500 Auswertenden und über 3,2 Millionen Einzelentscheidungen stimmten die Auswertenden im Durchschnitt in 82,6 % der Fälle mit der Mehrheitsbewertung überein. Am höchsten war die Übereinstimmung beim REM-Schlaf, bei N3 lag sie bei 67,4 % und bei N1 bei 63,0 %, und besonders schwer fiel die Unterscheidung zwischen N2 und N3²⁴.

Schlaftracker für den Hausgebrauch bringen eigene Fehler mit. In einem Laborvergleich von sieben handelsüblichen Geräten (vier am Körper getragenen und drei ohne Körperkontakt), getestet an 34 gesunden jungen Erwachsenen, erkannten die Geräte Schlaf gut, übersahen aber einen großen Teil der Zeit, in der die Menschen wach lagen. Ihre Schätzungen der Stadien waren uneinheitlich: Alle drei Geräte ohne Körperkontakt überschätzten den Tiefschlaf, und drei Geräte unterschätzten den REM-Schlaf²⁵. Es handelte sich um

Modelle, die vor Erscheinen der Studie im Jahr 2020 im Handel waren; neuere können sich anders verhalten. Kapitel 8 kommt auf die Tracker zurück.

Der Verlauf einer Nacht

Schlaf verläuft in Zyklen aus Non-REM-Schlaf und anschließendem REM-Schlaf. Der erste Zyklus dauert meist 70 bis 100 Minuten, spätere Zyklen etwa 90 bis 120 Minuten²⁰. Ein großer neuerer Datensatz stammt aus Basel. Dort fassten Forschende Aufzeichnungen von 369 gesunden Menschen zusammen, die zu ihrer gewohnten Schlafenszeit 8 Stunden im Labor schliefen, insgesamt 6.064 Zyklen. Der Median lag bei 96 Minuten, doch die Zykluslängen schwankten stark und verteilten sich nicht gleichmäßig um diesen Median, und der erste Zyklus war durchweg kürzer als die späteren. Ältere Teilnehmende hatten längere Non-REM- und kürzere REM-Episoden, Frauen hatten längere Non-REM-Episoden, und nach Schlafentzug war die erste Non-REM-Episode länger. Mäßiges Licht vor dem Schlafengehen und Lärm in der Nacht veränderten die Zykluslänge nicht signifikant²⁶.

Die meisten Menschen durchlaufen in einer Nacht vier oder fünf Zyklen, auch wenn die Lehrbücher unterschiedliche Zahlen nennen²⁷, und die Zyklen sind keine Kopien voneinander. Im ersten Drittel der Nacht überwiegt der Tiefschlaf, danach nimmt er ab. REM-Phasen beginnen kurz, im ersten Zyklus manchmal mit nur 1 bis 5 Minuten, und werden zum Morgen hin länger; die längsten liegen im letzten Drittel der Nacht^{20,21}. Das gleicht einer Treppe, die Sie vier- oder fünfmal hinab- und wieder hinaufsteigen. Früh in der Nacht führt sie ganz nach unten. Gegen Morgen kehren Sie weiter oben um und verweilen länger auf dem REM-Absatz.

Abbildung 1.1 zeigt diesen Verlauf für einen typischen jungen Erwachsenen, der von 23:00 bis 07:00 Uhr im Bett liegt. Es ist eine konstruierte Darstellung, die zu den veröffentlichten Spannen passt, keine Aufzeichnung einer einzelnen Person.

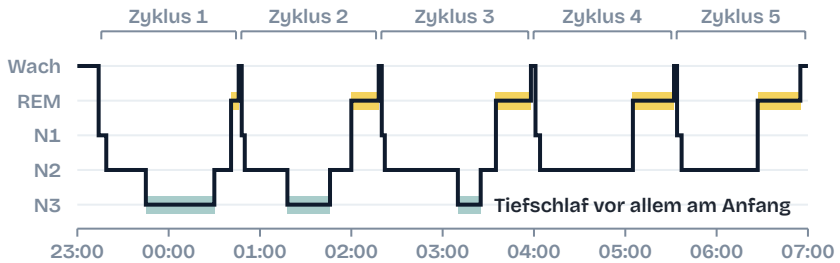


Abbildung 1.1 Eine typische Nacht eines jungen Erwachsenen von 23:00 bis 07:00 Uhr. Der Tiefschlaf (N3) liegt vor allem in den ersten Zyklen, die REM-Phasen werden zum Morgen hin länger, und kurze Wachphasen zwischen den Zyklen sind normal. Konstruierte Darstellung, keine Aufzeichnung einer realen Person.

Schematische Darstellung nach Colten & Altevogt 2006, Cajochen et al. 2024, Rasch & Born 2013 und Boulos et al. 2019^{20,21,23,26}.

Wie tief diese erste Strecke des Schlafs reicht, hängt teilweise davon ab, wie lange Sie wach waren. In einer kleinen Studie mit 9 Menschen, die 36 Stunden wach gehalten wurden, lag die Slow-Wave-Aktivität (ein Maß dafür, wie kräftig die langsamen Wellen sind) im Erholungsschlaf zunächst über dem Normalwert und pendelte sich später in der Nacht auf stabile Werte ein²². Dieser Zusammenhang zwischen Wachzeit und Tiefschlaf ist der Kern des Schlafdrucks, jenes Prozesses, den Kapitel 2 Prozess S nennt.

Eine praktische Folge: Apps und Rechner, die Ihren Wecker in exakten 90-Minuten-Blöcken stellen, setzen eine Genauigkeit voraus, die die Daten nicht zeigen. „Etwa 90 Minuten“ ist ein fairer Durchschnitt. Für eine bestimmte Nacht genau zu rechnen, lässt sich damit nicht begründen.

Nachts aufzuwachen gehört zum normalen Schlaf

Menschen mit gesundem Schlaf wachen viele Male pro Nacht auf, und die meisten dieser Wachphasen sind kurz. In einer Laborstudie mit 76 Menschen im Alter von 18 bis 70 Jahren, die keine Schlafbeschwerden hatten und auf Schlafapnoe und Beinbewegungen untersucht worden waren, stieg die durchschnittliche Zahl der ausgewerteten Wachphasen in der ersten Nacht im Labor von 21,5 bei den 18-

bis 20-Jährigen auf 43,3 bei Menschen in den Fünfigern und 42 bei Menschen in den Sechzigern. Kürzere Störungen, sogenannte Weckreaktionen (Arousals), waren noch häufiger: von etwa 11 pro Stunde Schlaf in den jüngsten Gruppen bis zu etwa 22 pro Stunde in den ältesten²⁸. Das Autorenteam beschreibt kurze Weckreaktionen als festen Bestandteil des Schlafs.

Zusammengefasste Daten aus vielen Laboren bestätigen das. Gesunde Erwachsene von 18 bis 34 Jahren verbringen nach dem ersten Einschlafen im Durchschnitt etwa 32 Minuten wach²³.

Eine weitere kleine Studie deutet an, warum manche dieser Wachphasen keine Spur im Gedächtnis hinterlassen. Dreißig Studierende hörten beim Einschlafen eine Folge von Tönen und gesprochenem Material. Wurden sie nach 10 Minuten Schlaf geweckt, konnten sie sich an fast nichts von dem erinnern, was sie in den letzten 4 Minuten vor dem Einschlafen gehört hatten; nach nur 30 Sekunden Schlaf war die Erinnerung nicht beeinträchtigt²⁹. Das könnte erklären helfen, warum viele kurze Wachphasen aus dem Gedächtnis verschwinden, auch wenn die Studie nächtliches Aufwachen nicht direkt untersucht hat.

Nächtliches Aufwachen wird mit dem Alter häufiger, wie der nächste Abschnitt zeigt. Klinisch bedeutsam sind lange Wachphasen oder Probleme am Tag; um sie geht es in Kapitel 8.

Wie sich der Schlaf mit dem Alter verändert

Zwei große Metaanalysen zu Alter und Schlaf beruhen auf unterschiedlichen Auswertungsregeln. Die ältere fasste 65 Studien mit 3.577 gesunden Menschen zwischen 5 und 102 Jahren zusammen, fast alle nach den Regeln von 1968 ausgewertet. Über das Erwachsenenleben hinweg sank die Gesamtschlafzeit um etwa 10 Minuten pro Jahrzehnt, die Wachzeit nach dem Einschlafen stieg ab dem 30. Lebensjahr um etwa 10 Minuten pro Jahrzehnt, und die Schlafeffizienz (der Anteil der Zeit im Bett, in dem man schläft) sank um etwa 3 Prozentpunkte pro Jahrzehnt, vor allem ab 40. Ab etwa 60 veränderten sich die meisten Werte nicht mehr, nur die Schlafeffizienz sank

weiter³⁰. Die Alterstrends unterschieden sich außerdem je nachdem, ob die Studien Menschen mit Krankheiten, psychischen Störungen oder Schlafstörungen wie Apnoe ausgeschlossen hatten³⁰.

Die neuere Metaanalyse fasste 169 Studien mit 5.273 gesunden Erwachsenen zusammen, ausgewertet nach den Regeln von 2007. Sie fand fast dieselben Verluste pro Jahrzehnt: 10,1 Minuten Gesamtschlafzeit, 2,1 Prozentpunkte Schlaffeffizienz und 9,7 Minuten mehr Wachzeit nach dem Einschlafen. Beim Anteil von N3 fand sie jedoch keine signifikante Veränderung mit dem Alter²³. N3 machte in Studiengruppen mit einem Durchschnittsalter von 18 bis 34 Jahren 21,4 % des Schlafs aus, in Gruppen mit einem Durchschnitt von 50 bis 64 Jahren 18,1 % und in Gruppen mit einem Durchschnitt von 65 bis 79 Jahren 19,9 %. Abbildung 1.2 zeigt diese Werte.

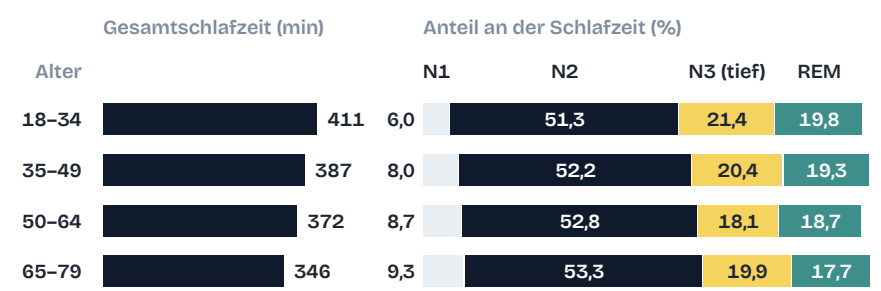


Abbildung 1.2 Zusammengefasste Labormessungen gesunder Erwachsener, gruppiert nach dem Durchschnittsalter der Teilnehmenden jeder Studie. Die Gesamtschlafzeit nimmt mit dem Alter ab; der nach heutigen Regeln ausgewertete Anteil an Tiefschlaf (N3) ändert sich kaum. Die Gruppe ab 80 Jahren (eine einzelne Studie) ist nicht dargestellt.

Daten: Boulos et al. 2019, Metaanalyse von 169 Studien (5.273 gesunde Erwachsene), Auswertung nach AASM-Regeln, Polysomnografie im Schlaflabor²³.

Beim Tiefschlaf widersprechen sich die beiden Forschungsgenerationen. Nach den Regeln von 1968 fand die ältere Metaanalyse einen Rückgang des Tiefschlafs um etwa 2 Prozentpunkte pro Jahrzehnt³⁰, und eine Studie mit den zusammengeführten Daten von 149 gesunden Männern ergab einen Rückgang von 18,9 % der Nacht im Alter von 16 bis 25 Jahren auf 3,4 % im Alter von 36 bis 50 Jahren³¹. Nach

den Regeln von 2007 fand die neuere Metaanalyse keine signifikante Veränderung.

Unstrittig ist, dass die langsamen Wellen selbst mit dem Alter schrumpfen. Sie werden kleiner und seltener, besonders über dem vorderen Teil des Gehirns und in den ersten ein oder zwei Zyklen, und der Rückgang ist schon im mittleren Alter sichtbar³². Wie viel davon als verlorenes „Stadium N3“ erscheint, hängt vom Regelwerk ab. N3 wird gewertet, wenn die langsamen Wellen eine feste Höhe überschreiten, die die aktuellen Regeln bewusst nicht an das Alter angepasst haben^{19,22}, und die aktuellen Regeln werten bei identischen Aufzeichnungen mehr N3 als die alten, etwa 9 Minuten mehr pro Nacht³³. Keine der für dieses Buch ausgewerteten Studien rechnet vor, wie diese Teile zusammenwirken. Nehmen Sie jeden einzelnen Prozentwert für den Tiefschlaf älterer Erwachsener daher als grobe Angabe.

Durchschnittswerte verdecken zudem große Unterschiede. Im gleichen Alter zeigen manche älteren Erwachsenen kaum gestörten Schlaf, andere sehr stark gestörten^{22,32}. Ob ältere Erwachsene weniger Schlaf brauchen oder ihn schlicht schlechter hervorbringen können, ist noch umstritten³². Kapitel 3 greift diese Frage auf.

Was die Stadien offenbar leisten

Die Funktionen des Schlafs sind schwerer zu untersuchen als sein Aufbau, und die Belege sind sehr unterschiedlich gut. Hier sind sie grob danach geordnet, wie gut sie gestützt sind, das am besten gestützte zuerst.

Am besten belegt ist die Rolle für das Gedächtnis. Eine Metaanalyse von 271 unabhängigen Stichproben aus Studien, die zwischen 1967 und 2019 erschienen, ergab, dass Schlaf nach dem Lernen das spätere Erinnern von Fakten und Ereignissen verbesserte, verglichen mit Wachbleiben. Der Gesamteffekt war mittelgroß (eine standardisierte Effektstärke von 0,44). Nach einer Korrektur für die Möglichkeit, dass wenig beeindruckende Studien unveröffentlicht blieben, schrumpfte er um mehr als ein Drittel auf 0,28, blieb aber

signifikant. Am größten war der Nutzen beim freien Abruf, am kleinsten beim Wiedererkennen, und nach Nachtschlaf war er größer als nach Nickerchen am Tag³⁴. Die führende Erklärung lautet: Erinnerungen, die zunächst im Hippocampus liegen, einer Struktur tief im Gehirn, die neue Erinnerungen eine Zeit lang festhält, werden im Tiefschlaf erneut abgespielt und allmählich in den Kortex übertragen, die äußere Schicht des Gehirns; langsame Wellen, Spindeln und schnellere Salven im Hippocampus geben dieser Übertragung den Takt vor²¹. Das Modell ist anerkannt, doch vieles an seinem Mechanismus stammt aus Ableitungen an Tieren.

Die beliebte Aufteilung „Tiefschlaf für Fakten, REM für Fertigkeiten“ ist zu einfach. Sie stützt sich zu einem großen Teil auf Studien, die die erste Nachthälfte, reich an Tiefschlaf, mit der zweiten, reich an REM-Schlaf, verglichen²¹. Beim Menschen beeinträchtigte gezielter REM-Entzug das Gedächtnis meist nicht, und Antidepressiva, die den REM-Schlaf unterdrücken, verursachen keine offensichtlichen Gedächtnisprobleme²¹. Auch die Hälfte mit den „Fertigkeiten“ steht inzwischen auf schwächeren Füßen: Eine Metaanalyse mit 1.296 Teilnehmenden, die getippte Fingerfolgen lernten, fand keinen Beleg dafür, dass Schlaf die Fertigkeit verbessert, sobald Messartefakte, Ermüdung während des Trainings und der Testzeitpunkt berücksichtigt waren, sondern nur uneinheitliche Belege dafür, dass Schlaf sie stabilisiert³⁵. Mehrere andere bekannte Befunde ließen sich nicht replizieren oder hielten nur unter bestimmten Bedingungen³⁶.

Tiefschlaf ist auch für den Körper wichtig. In einer klassischen Studie mit 8 jungen Erwachsenen lag bei 7 die wichtigste nächtliche Ausschüttung von Wachstumshormon zu Beginn des Tiefschlafs, und wurde der Schlaf hinausgezögert, verzögerte sich auch diese Ausschüttung³⁷. Bei den oben erwähnten 149 Männern sank die Ausschüttung von Wachstumshormon mit dem Alter parallel zum Tiefschlaf und hing unabhängig vom Alter mit dem Tiefschlaf zusammen³¹. Einen direkten Test liefert eine Studie mit 9 gesunden jungen Erwachsenen, deren Tiefschlaf drei Nächte lang durch Töne unterdrückt wurde, ohne dass sich ihre Gesamtschlafzeit änderte.

Ihre Insulinempfindlichkeit sank um etwa 25 %, und je mehr Tiefschlaf sie verloren, desto stärker fiel der Rückgang aus³⁸. Die Studie ist klein und kurz, aber sie ist ein Experiment, und sie legt nahe, dass Tiefschlaf an der Regulierung des Blutzuckers beteiligt ist.

Ideen, über die noch gestritten wird

Die bekannteste lautet, dass Schlaf Abfallstoffe aus dem Gehirn spült. Bei lebenden Mäusen vergrößerte Schlaf den Raum zwischen den Hirnzellen um etwa 60 % und beseitigte ein injiziertes, mit Alzheimer in Verbindung stehendes Protein doppelt so schnell wie der Wachzustand³⁹. In dieser Studie wurden die schlafenden Mäuse allerdings mittags aufgezeichnet und die wachen am Abend. Eine Mausstudie von 2024 mit einer anderen Methode fand das Gegenteil: Die Beseitigung war im Schlaf und unter Narkose deutlich geringer⁴⁰. Die ursprüngliche Forschungsgruppe wendet ein, die neue Studie habe gemessen, wie sich Farbstoff innerhalb des Gehirns bewegt, nicht, wie er es verlässt; das Autorenteam der neuen Studie weist diese Kritik zurück^{41,42}.

Die Belege beim Menschen sind spärlich und indirekt. Im Non-REM-Schlaf folgen auf langsame Hirnwellen große Wellen von Liquor, der klaren Flüssigkeit um Gehirn und Rückenmark⁴³. Das zeigt, dass sich Flüssigkeit bewegt, sagt aber nichts direkt darüber, ob Abfallstoffe abtransportiert werden. In einer kleinen Studie mit 24 Menschen verlangsamte eine Nacht ohne Schlaf die Beseitigung einer injizierten Markersubstanz⁴⁴. Bei 20 gesunden Erwachsenen erhöhte eine schlaflose Nacht die Menge desselben mit Alzheimer in Verbindung stehenden Proteins in zwei Hirnregionen⁴⁵. Auf der Skala dieses Buches ist die Studienlage begrenzt: eine ungeklärte Hypothese, die vor allem auf Arbeiten an Mäusen beruht. Für keine Schlafgewohnheit ist gezeigt, dass sie das menschliche Gehirn „entgiftet“.

Eine zweite Idee, die Hypothese der synaptischen Homöostase, besagt, dass Lernen am Tag die Verbindungen zwischen Hirnzellen insgesamt verstärkt und dass Schlaf sie wieder herunterregelt, die

wichtigsten Veränderungen aber bewahrt⁴⁶. Ihr bester direkter Beleg stammt von Mäusen: Eine elektronenmikroskopische Studie von 6.920 Verbindungen fand deren Kontaktflächen nach dem Schlafen etwa 18 % kleiner als nach dem Wachsein, wobei die größten Verbindungen verschont blieben⁴⁷. Diese Arbeit stammt aus dem Labor, das die Hypothese aufgestellt hat, und eine kritische Übersichtsarbeit kam zu dem Schluss, dass der Mechanismus unklar und die Funktion unbewiesen ist⁴⁸. Die Hypothese konkurriert mit dem Modell, nach dem Erinnerungen im Schlaf erneut abgespielt werden, und lässt sich womöglich teilweise mit ihm vereinbaren.

Eine dritte Idee besagt, dass REM-Schlaf emotionale Erinnerungen abmildert. In einer Studie mit 34 jungen Erwachsenen schwächte eine Nacht Schlaf die Reaktionen des Gehirns und die emotionalen Reaktionen auf zuvor gesehene belastende Bilder ab⁴⁹. In einer Studie mit 106 jungen Erwachsenen bewahrte Schlaf die emotionalen Reaktionen dagegen⁵⁰. Metaanalysen fanden keinen einheitlichen Effekt des Schlafs auf die emotionale Reaktivität und keinen generellen Vorteil emotionaler gegenüber neutralen Erinnerungen⁵¹⁻⁵³.

Träume schließlich sind nicht auf den REM-Schlaf beschränkt. Etwa 80 % der lebhaften Traumerinnerungen folgen auf das Aufwachen aus dem REM-Schlaf²⁰, doch über die Studien hinweg führt auch etwa die Hälfte der Weckungen aus dem Non-REM-Schlaf zu Berichten über irgendein geistiges Erleben⁵⁴. Wozu Träume da sind, wissen wir nicht.

Was Sie damit anfangen können

Eine Nacht mit mehreren Wachphasen kann trotzdem eine normale Nacht sein, und der Tiefschlafwert eines Trackers ist eine schwache Grundlage für Sorgen. Tiefschlaf ist wichtig, doch bei gesunden jungen Erwachsenen schwankt sein Anteil stark, zwischen 10 % und 25 % der Nacht²², und geschulte Auswertende stimmten

bei Tiefschlafzeiten nur in etwa zwei Dritteln der Fälle mit dem Mehrheitsurteil überein²⁴.

Studienlage ●●○ Mäßig

Kurzes Aufwachen ist normal. Gesunde Erwachsene ohne Schlafbeschwerden wachen 20- bis 40-mal oder öfter pro Nacht kurz auf, und junge Erwachsene verbringen in Laborstudien nach dem Einschlafen im Durchschnitt etwa eine halbe Stunde wach. Die zusammengefassten Normwerte sind solide; die Zahlen nach Altersgruppen stammen aus einem einzelnen Labor. Aufmerksamkeit verdienen lange Wachphasen oder Probleme am Tag (Kapitel 8).

Studienlage ●●○ Mäßig

Jagen Sie keinem Tiefschlafwert hinterher, und nutzen Sie Tracker für den Zeitpunkt, nicht für die Tiefe. Tiefschlaf hat echte Funktionen, darunter eine Rolle bei der Regulierung des Blutzuckers, doch er ist ein Stadium unter mehreren und schwankt zwischen gesunden Menschen stark. Handelsübliche Geräte erkennen Schlaf einigermaßen gut, übersehen ruhiges Wachliegen und schätzen die Stadien unzuverlässig, und die bisher getesteten Geräte sind womöglich nicht repräsentativ für neuere Modelle.

Ausprobieren

Wenn Sie einen Schlaftacker nutzen, schauen Sie zwei Wochen lang nur darauf, wann Sie ins Bett gegangen und wann Sie aufgestanden sind, und ignorieren Sie die Aufschlüsselung nach Stadien. Macht Sie der Blick auf den Wert unruhig, tragen Sie das Gerät in dieser Zeit nachts nicht. Tracker sind für Zeitpunkt und ungefähre Dauer nützlicher als für die Tiefe²⁵, laut AASM können sie nicht zur Diagnose oder Behandlung von Schlafstörungen verwendet werden⁵⁵, und die Jagd nach perfekten Zahlen kann selbst die Sorge um den Schlaf verstärken⁵⁶.

Das Wichtigste

- Eine Nacht verläuft in Zyklen von etwa 90 Minuten, mit Tiefschlaf früh und REM-Schlaf spät.
- Viele Male pro Nacht kurz aufzuwachen ist normal.
- Wie stark der Tiefschlaf mit dem Alter abnimmt, hängt teilweise von den Auswertungsregeln ab.
- Schlaf hilft dem Gedächtnis mit mittelgroßem Effekt; dass er das Gehirn „durchspült“, ist unbewiesen.
- Die Schlafstadien von Trackern sind unzuverlässig; nutzen Sie Tracker für den Zeitpunkt.

Quellen

- 1 Qaseem, A., Kansagara, D., Forcica, M. A., Cooke, M. & Denberg, T. D. (2016). Management of Chronic Insomnia Disorder in Adults: A Clinical Practice Guideline From the American College of Physicians. *Annals of Internal Medicine*, 165(2), 125–133. <https://doi.org/10.7326/M15-2175>
- 2 Riemann, D., Espie, C. A., Altena, E., Arnardottir, E. S., Baglioni, C., Bassetti, C. L. A., et al. (2023). The European Insomnia Guideline: An update on the diagnosis and treatment of insomnia 2023. *Journal of Sleep Research*, 32(6), e14035. <https://doi.org/10.1111/jsr.14035>
- 3 Trauer, J. M., Qian, M. Y., Doyle, J. S., Rajaratnam, S. M. & Cunnington, D. (2015). Cognitive Behavioral Therapy for Chronic Insomnia: A Systematic Review and Meta-analysis. *Annals of Internal Medicine*, 163(3), 191–204. <https://doi.org/10.7326/M14-2841>
- 4 Van Dongen, H. P. A., Maislin, G., Mullington, J. M. & Dinges, D. F. (2003). The cumulative cost of additional wakefulness: Dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation. *Sleep*, 26(2), 117–126. <https://doi.org/10.1093/sleep/26.2.117>
- 5 Cappuccio, F. P., D'Elia, L., Strazzullo, P. & Miller, M. A. (2010). Sleep duration and all-cause mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Sleep*, 33(5), 585–592. <https://doi.org/10.1093/sleep/33.5.585>
- 6 Hossain, J. L., Ahmad, P., Reinish, L. W., Kayumov, L., Hossain, N. K. & Shapiro, C. M. (2005). Subjective fatigue and subjective sleepiness: Two independent consequences of sleep disorders? *Journal of Sleep Research*, 14(3), 245–253. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2869.2005.00466.x>
- 7 Singh, S., Keller, P. R., Busija, L., McMillan, P., Makrai, E., Lawrenson, J. G., et al. (2023). Blue-light filtering spectacle lenses for visual performance, sleep, and macular health in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 8, CD013244. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013244.pub2>
- 8 Duraccio, K. M., Zaugg, K. K., Blackburn, R. C. & Jensen, C. D. (2021). Does iPhone night shift mitigate negative effects of smartphone use on sleep outcomes in emerging adults? *Sleep Health*, 7(4), 478–484. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2021.03.005>
- 9 Edinger, J. D., Arnedt, J. T., Bertisch, S. M., Carney, C. E., Harrington, J. J., Lichstein, K. L., et al. (2021). Behavioral and psychological treatments for chronic insomnia disorder in adults: an American Academy of Sleep Medicine clinical practice guideline. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 17(2), 255–262. <https://doi.org/10.5664/jcsm.8986>

- 10 American Academy of Sleep Medicine (2022). Central disorders of hypersomnolence (ICSD-3-TR draft chapter released for public comment). *American Academy of Sleep Medicine* (aasm.org). <https://aasm.org/wp-content/uploads/2022/05/ICSD-3-TR-Hypersomnolence-Draft.pdf>
- 11 Shen, J., Barbera, J. & Shapiro, C. M. (2006). Distinguishing sleepiness and fatigue: Focus on definition and measurement. *Sleep Medicine Reviews*, 10(1), 63–76. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2005.05.004>
- 12 Maisel, P., Baum, E. & Donner-Banzhoff, N. (2021). Fatigue as the Chief Complaint–Epidemiology, Causes, Diagnosis, and Treatment. *Deutsches Ärzteblatt International*, 118(33-34), 566–576. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2021.0192>
- 13 Johns, M. W. (1991). A new method for measuring daytime sleepiness: The Epworth sleepiness scale. *Sleep*, 14(6), 540–545. <https://doi.org/10.1093/sleep/14.6.540>
- 14 Johns, M. & Hocking, B. (1997). Daytime sleepiness and sleep habits of Australian workers. *Sleep*, 20(10), 844–849. <https://doi.org/10.1093/sleep/20.10.844>
- 15 Kendzerska, T. B., Smith, P. M., Brignardello-Petersen, R., Leung, R. S. & Tomlinson, G. A. (2014). Evaluation of the measurement properties of the Epworth sleepiness scale: a systematic review. *Sleep Medicine Reviews*, 18(4), 321–331. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2013.08.002>
- 16 Latimer, K. M., Gunther, A. & Kopeck, M. (2023). Fatigue in Adults: Evaluation and Management. *American Family Physician*, 108(1), 58–69. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37440739/>
- 17 NHS (2023). Tiredness and fatigue. *NHS website* ([nhs.uk](https://www.nhs.uk)). <https://www.nhs.uk/conditions/tiredness-and-fatigue/>
- 18 Bassetti, C. L. A., Adamantidis, A., Burdakov, D., Han, F., Gay, S., Kallweit, U., et al. (2019). Narcolepsy - clinical spectrum, aetiopathophysiology, diagnosis and treatment. *Nature Reviews Neurology*, 15(9), 519–539. <https://doi.org/10.1038/s41582-019-0226-9>
- 19 Silber, M. H., Ancoli-Israel, S., Bonnet, M. H., Chokroverty, S., Grigg-Damberger, M. M., Hirshkowitz, M., et al. (2007). The visual scoring of sleep in adults. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 3(2), 121–131. <https://doi.org/10.5664/jcsm.26814>
- 20 Colten, H. R. & Altevogt, B. M. (2006). *Sleep disorders and sleep deprivation: An unmet public health problem* (Chapter 2, *Sleep physiology*, pp. 33-54; Institute of Medicine Committee on Sleep Medicine and Research). National Academies Press, 33–54. <https://doi.org/10.17226/11617>
- 21 Rasch, B. & Born, J. (2013). About sleep's role in memory. *Physiological Reviews*, 93(2), 681–766. <https://doi.org/10.1152/physrev.00032.2012>
- 22 Dijk, D.-J. (2009). Regulation and functional correlates of slow wave sleep. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 5(2 Suppl), S6–S15. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2824213/>
- 23 Boulos, M. I., Jairam, T., Kendzerska, T., Im, J., Mekhael, A. & Murray, B. J. (2019). Normal polysomnography parameters in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. *The Lancet Respiratory Medicine*, 7(6), 533–543. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(19\)30057-8](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(19)30057-8)

- 24 Rosenberg, R. S. & Van Hout, S. (2013). The American Academy of Sleep Medicine inter-scorer reliability program: Sleep stage scoring. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 9(1), 81–87. <https://doi.org/10.5664/jcsm.2350>
- 25 Chinoy, E. D., Cuellar, J. A., Huwa, K. E., Jameson, J. T., Watson, C. H., Bessman, S. C., et al. (2021). Performance of seven consumer sleep-tracking devices compared with polysomnography. *Sleep*, 44(5), zsaa291. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsaa291>
- 26 Cajochen, C., Reichert, C. F., Münch, M., Gabel, V., Stefani, O., Chellappa, S. L., et al. (2024). Ultradian sleep cycles: Frequency, duration, and associations with individual and environmental factors. A retrospective study. *Sleep Health*, 10(1 Suppl), S52–S62. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2023.09.002>
- 27 Patel, A. K., Reddy, V., Shumway, K. R. & Araujo, J. F. (2024). *Physiology, sleep stages* (StatPearls, last update January 26, 2024). StatPearls Publishing (NCBI Bookshelf). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526132/>
- 28 Bonnet, M. H. & Arand, D. L. (2007). EEG arousal norms by age. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 3(3), 271–274. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2564772/>
- 29 Wyatt, J. K., Bootzin, R. R., Allen, J. J. B. & Anthony, J. L. (1997). Mesograde amnesia during the sleep onset transition: Replication and electrophysiological correlates. *Sleep*, 20(7), 512–522. <https://doi.org/10.1093/sleep/20.7.512>
- 30 Ohayon, M. M., Carskadon, M. A., Guilleminault, C. & Vitiello, M. V. (2004). Meta-analysis of quantitative sleep parameters from childhood to old age in healthy individuals: Developing normative sleep values across the human lifespan. *Sleep*, 27(7), 1255–1273. <https://doi.org/10.1093/sleep/27.7.1255>
- 31 Van Cauter, E., Leproult, R. & Plat, L. (2000). Age-related changes in slow wave sleep and REM sleep and relationship with growth hormone and cortisol levels in healthy men. *JAMA*, 284(7), 861–868. <https://doi.org/10.1001/jama.284.7.861>
- 32 Mander, B. A., Winer, J. R. & Walker, M. P. (2017). Sleep and human aging. *Neuron*, 94(1), 19–36. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.02.004>
- 33 Moser, D., Anderer, P., Gruber, G., Parapatics, S., Loretz, E., Boeck, M., et al. (2009). Sleep classification according to AASM and Rechtschaffen & Kales: Effects on sleep scoring parameters. *Sleep*, 32(2), 139–149. <https://doi.org/10.1093/sleep/32.2.139>
- 34 Berres, S. & Erdfelder, E. (2021). The sleep benefit in episodic memory: An integrative review and a meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 147(12), 1309–1353. <https://doi.org/10.1037/bul0000350>
- 35 Pan, S. C. & Rickard, T. C. (2015). Sleep and motor learning: Is there room for consolidation? *Psychological Bulletin*, 141(4), 812–834. <https://doi.org/10.1037/bul0000009>
- 36 Cordi, M. J. & Rasch, B. (2021). How robust are sleep-mediated memory benefits? *Current Opinion in Neurobiology*, 67, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2020.06.002>
- 37 Takahashi, Y., Kipnis, D. M. & Daughaday, W. H. (1968). Growth hormone secretion during sleep. *The Journal of Clinical Investigation*, 47(9), 2079–2090. <https://doi.org/10.1172/JCI105893>

- 38 Tasali, E., Leproult, R., Ehrmann, D. A. & Van Cauter, E. (2008). Slow-wave sleep and the risk of type 2 diabetes in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(3), 1044–1049. <https://doi.org/10.1073/pnas.0706446105>
- 39 Xie, L., Kang, H., Xu, Q., Chen, M. J., Liao, Y., Thiyagarajan, M., et al. (2013). Sleep drives metabolite clearance from the adult brain. *Science*, 342(6156), 373–377. <https://doi.org/10.1126/science.1241224>
- 40 Miao, A., Luo, T., Hsieh, B., Edge, C. J., Gridley, M., Wong, R. T. C., et al. (2024). Brain clearance is reduced during sleep and anesthesia. *Nature Neuroscience*, 27(6), 1046–1050. <https://doi.org/10.1038/s41593-024-01638-y>
- 41 Plá, V., Kroesbergen, E., Deng, S., Giannetto, M. J., Hablitz, L. M., Newbold, E., et al. (2025). A curious concept of CNS clearance. *Nature Neuroscience*, 28(4), 731–733. <https://doi.org/10.1038/s41593-025-01897-3>
- 42 Franks, N. P. & Wisden, W. (2025). Reply to: A curious concept of CNS clearance. *Nature Neuroscience*, 28(4), 734–736. <https://doi.org/10.1038/s41593-025-01898-2>
- 43 Fultz, N. E., Bonmassar, G., Setsompop, K., Stickgold, R. A., Rosen, B. R., Polimeni, J. R., et al. (2019). Coupled electrophysiological, hemodynamic, and cerebrospinal fluid oscillations in human sleep. *Science*, 366(6465), 628–631. <https://doi.org/10.1126/science.aax5440>
- 44 Eide, P. K., Vinje, V., Pripp, A. H., Mardal, K.-A. & Ringstad, G. (2021). Sleep deprivation impairs molecular clearance from the human brain. *Brain*, 144(3), 863–874. <https://doi.org/10.1093/brain/awaa443>
- 45 Shokri-Kojori, E., Wang, G.-J., Wiers, C. E., Demiral, S. B., Guo, M., Kim, S. W., et al. (2018). β -Amyloid accumulation in the human brain after one night of sleep deprivation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(17), 4483–4488. <https://doi.org/10.1073/pnas.1721694115>
- 46 Tononi, G. & Cirelli, C. (2014). Sleep and the price of plasticity: From synaptic and cellular homeostasis to memory consolidation and integration. *Neuron*, 81(1), 12–34. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.12.025>
- 47 de Vivo, L., Bellesi, M., Marshall, W., Bushong, E. A., Ellisman, M. H., Tononi, G., et al. (2017). Ultrastructural evidence for synaptic scaling across the wake/sleep cycle. *Science*, 355(6324), 507–510. <https://doi.org/10.1126/science.aah5982>
- 48 Frank, M. G. (2012). Erasing synapses in sleep: Is it time to be SHY? *Neural Plasticity*, 2012, 264378. <https://doi.org/10.1155/2012/264378>
- 49 van der Helm, E., Yao, J., Dutt, S., Rao, V., Saletin, J. M. & Walker, M. P. (2011). REM sleep depotentiates amygdala activity to previous emotional experiences. *Current Biology*, 21(23), 2029–2032. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.10.052>
- 50 Baran, B., Pace-Schott, E. F., Ericson, C. & Spencer, R. M. C. (2012). Processing of emotional reactivity and emotional memory over sleep. *The Journal of Neuroscience*, 32(3), 1035–1042. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2532-11.2012>
- 51 Lipinska, G., Austin, H., Moonsamy, J. R., Henry, M., Lewis, R., Baldwin, D. S., et al. (2022). Preferential consolidation of emotional reactivity during sleep: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 16, 976047. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2022.976047>

- 52 Lipinska, G., Stuart, B., Thomas, K. G. F., Baldwin, D. S. & Bolinger, E. (2019). Preferential consolidation of emotional memory during sleep: A meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 10, 1014. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01014>
- 53 Schäfer, S. K., Wirth, B. E., Staginnus, M., Becker, N., Michael, T. & Sopp, M. R. (2020). Sleep's impact on emotional recognition memory: A meta-analysis of whole-night, nap, and REM sleep effects. *Sleep Medicine Reviews*, 51, 101280. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2020.101280>
- 54 Nielsen, T. A. (2000). A review of mentation in REM and NREM sleep: „Covert“ REM sleep as a possible reconciliation of two opposing models. *Behavioral and Brain Sciences*, 23(6), 851–866. <https://doi.org/10.1017/S0140525X0000399X>
- 55 Khosla, S., Deak, M. C., Gault, D., Goldstein, C. A., Hwang, D., Kwon, Y., et al. (2018). Consumer Sleep Technology: An American Academy of Sleep Medicine Position Statement. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 14(5), 877–880. <https://doi.org/10.5664/jcsm.7128>
- 56 Baron, K. G., Abbott, S., Jao, N., Manalo, N. & Mullen, R. (2017). Orthosomnia: Are Some Patients Taking the Quantified Self Too Far? *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 13(2), 351–354. <https://doi.org/10.5664/jcsm.6472>

Ende der kostenlosen Leseprobe

Das vollständige Buch „Ausgeschlafen“ umfasst 11 Kapitel auf 177 Seiten und ist als PDF erhältlich.