

Das Geheimnis des Schlafs

Neue Wege und Erkenntnisse der Forschung

Alexander Borbély

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen) Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Das Geheimnis des Schlafs: Kommentar zur Ausgabe für das Internet:

Da mein Buch seit einiger Zeit vergriffen ist und eine Neuauflage nicht möglich war, habe ich mich entschlossen, die deutsche Ausgabe in Absprache mit dem Verlag im Internet verfügbar zu machen.

Der derzeitige Inhalt der Internet-Ausgabe entspricht unverändert dem gedruckten Buch. Damit wird zwar nicht mehr der allerneueste Stand der Forschung wiedergegeben, aber auf allgemeinverständlichem Niveau handelt es sich nach wie vor um eine sehr umfassende Einführung in das Geheimnis des Schlafs. Ergänzungen und Nachführungen sind vorgesehen.

Interessierten Laien mit Englischkenntnissen empfehle ich für ergänzende Informationen unsere brandneue Multimedia CD-ROM "BITS OF SLEEP" mit vielen Illustrationen, Farbfotos, Videosequenzen und Literaturangaben, welche in gewisser Weise als Nachfolgerin des Buches betrachtet werden kann.

Eine Vorschau der CD-ROM (mit Online-Bestellmöglichkeit) findet sich im Internet unter <http://www.unizh.ch/phar/sleepcd/>

Alexander Borbély, August 1998

| [Inhalt](#) | [1](#) | [2](#) | [3](#) | [4](#) | [5](#) | [6](#) | [7](#) | [8](#) | [9](#) | [10](#) | [11](#) | [12](#) |

Das Geheimnis des Schlafs

Neue Wege und Erkenntnisse der Forschung

von Alexander Borbély

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen) Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Inhalt

1. Der Schlaf im Wandel der Zeit

[Über das Wort »Schlaf«](#)

[Der Schlaf - Bruder des Todes](#)

[Schlaf - Zustand der Seligkeit oder des dumpfen Unwissens?](#)

[Frühe Erklärungsversuche für den Schlaf: Von der Philosophie zur Naturwissenschaft](#)

[Schlafräume und Schlafzeiten: Zur Soziologie des Schlafs](#)

2. Wissenschaftler untersuchen den Schlaf: Die verschiedenen Schlafstadien

[Anfänge der Schlafforschung](#)

[Die Entdeckung des EEG](#)

[Eine Nacht im Schlaflabor](#)

[Wach- und Schlaf-EEG](#)

[Die Entdeckung des REM-Schlafs](#)

[Die Abfolge der Schlafstadien - das Schlafprofil](#)

[Spektral-Analyse des Schlaf-EEG](#)

[Körperfunktionen im Schlaf](#)

3. Schlaf - ein Thema mit Variationen

[Schlaf in verschiedenen Lebensabschnitten](#)

[Frühaufsteher und Nachtmenschen](#)

[Kurz- und Langschläfer](#)

4. Träumen

[Der »gewöhnliche« Traum](#)

[Gibt es einen »Traum-Schlaf«?](#)

[Träume - Sinn oder Unsinn?](#)

5. Schlafmittel (Hypnotica)

[Barbiturate - veraltete »Klassiker«](#)

[Benzodiazepine - die modernen Schlafmittel](#)

[Wirknachweis von Schlafmitteln](#)

[Wie beeinflussen Schlafmittel die Schlafstadien und das EEG?](#)

[Nachwirkungen von Schlafmitteln](#)

[Wie wirken Schlafmittel?](#)

[»Natürliche« Schlafmittel](#)

[Schlußbetrachtungen](#)

6. »Ich hab' die ganze Nacht kein Auge zugemacht« Schlaf- und Wachstörungen

[Schlaflosigkeit - eine »Volkskrankheit« ?](#)

[Wege zu besserem Schlaf](#)

[Schlafwandeln](#)

[Narkolepsie und Schlafsucht](#)

[Schnarchen und Schlafapnoe](#)

7. Vom Schlaf der Tiere

[Von Füchsen, Ratten, Elefanten - der Schlaf von Säugetieren](#)

[Die Frage nach dem Ursprung des Schlafs](#)

[Schlaf als regulierter Vorgang](#)

[Der Winterschlaf](#)

8. Schlaf und Gehirn

[Schlaf - ein aktiver oder passiver Vorgang?](#)

[Die Monoamintheorie von Professor Jouvet](#)

[Gibt es ein REM-Schlaf-Zentrum?](#)

[Widersprüche und neue Entwicklungen](#)

9. Die Suche nach körpereigenen Schlafstoffen

[Die frühen Experimente von Professor Piéron](#)

[Faktor S und SPS: moderne »Hypnotoxine« ?](#)

[DSIP—ein Schlafstoff?](#)

[Gibt es einen REM-Schlafstoff?](#)

[Weitere Schlafstoffkandidaten](#)

[Neue Entwicklungen und Schlußfolgerungen](#)

[10. Schlafentzug](#)

[Experimenteller Schlafentzug: Erste Versuche](#)

[Der Weltrekord](#)

[Befinden und Leistungsfähigkeit während des Schlafentzugs](#)

[Kann man sich das Schlafen abgewöhnen?](#)

[Sind wir alle chronisch schlafdepriviert?](#)

[Schlafentzug und Schlafstadien](#)

[Selektiver Entzug von Schlafstadien](#)

[Schlafentzug als Therapie bei Depressionen](#)

[11. Schlaf als biologischer Rhythmus](#)

[Der Mensch in »zeitfreier« Umgebung](#)

[Wo sitzt die innere Uhr?](#)

[Wenn Rhythmen eigene Wege gehen](#)

[Rhythmusstörungen als Berufsrisiko](#)

[Rhythmusverschiebung als Therapie](#)

[12. Wozu dient der Schlaf? Versuch einer Synthese](#)

[Schlafen wir, weil wir lange wach waren?](#)

[Schlafen wir, weil es Zeit ist?](#)

[Zwei Schlafprozesse - ein Modell der Schlafregulation](#)

[Schlafregulation und Depression](#)

[Ein Blick in die Vergangenheit](#)

[Das Rätsel des REM-Schlafs](#)

[Schlußbetrachtungen](#)

[Merkblatt](#)

[Nachweise der Kapitel-Motti](#)

[Nachweise der Zitate](#)

[Weiterführende Literaturhinweise](#)

[Bildnachweis](#)

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély - Kapitel 1

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Der Schlaf im Wandel der Zeit

»Es sieht so aus,
als hätte die Welt auch uns Erwachsene nicht ganz,
nur zu zwei Dritteln;
zu einem Drittel sind wir überhaupt noch ungeboren.
Jedes Erwachen am Morgen
ist dann wie eine neue Geburt.«

Sigmund Freud

Wenn wir abends zu Bett gehen, geraten wir in einen veränderten Bewußtseinszustand, der einige Stunden andauert. Wir sehen, hören und fühlen dabei nicht mehr bewußt, was um uns herum vorgeht. Diesen Zustand nennen wir Schlaf. Die Welt des Schlafens und die Welt des Wachens sind so verschieden, daß man sagen könnte, jeder von uns lebe in zwei Welten. Der Unterschied zeigt sich besonders eindrücklich, wenn wir nachts plötzlich aus dem Schlaf erwachen und dann eine Zeitlang noch nicht ganz bei uns sind. Der französische Dichter Marcel Proust schildert diesen Übergang besonders schön:

Aber es genügte, daß in meinem eigenen Bett mein Schlaf besonders tief war und meinen Geist völlig entspannte; dann ließ dieser den Lageplan des Ortes fahren, an dem ich eingeschlafen war, und wenn ich mitten in der Nacht erwachte, wußte ich nicht, wo ich war: ich hatte nur in primitivster Form das bloße Seinsgefühl, das ein Tier im Innern verspüren mag: ich war hilfloser ausgesetzt als ein Höhlenmensch; dann aber kam mir die Erinnerung - noch nicht an den Ort, an dem ich mich befand, aber an einige andere Stätten, die ich bewohnt hatte und an denen ich hätte sein können - gleichsam von oben her zu Hilfe, um mich aus dem Nichts zu ziehen, aus dem ich mir selbst nicht hätte heraushelfen können; in

einer Sekunde durchlief ich Jahrhunderte der Zivilisation, und aus vagen Bildern von Petroleumlampen und Hemden mit offenen Kragen setzte sich allmählich mein Ich in seinen originalen Zügen wieder von neuem zusammen. [1]

Für die meisten Menschen ist der Schlaf so selbstverständlich, daß sie über seine Entstehung und seinen Sinn kaum nachdenken. Erst wenn er gestört ist, rückt der Schlaf ins Bewußtsein und wird zum »Problem«. Die Absicht dieses Buches ist es zu zeigen, daß der Schlaf in neuester Zeit als einer der grundlegenden Lebensvorgänge auch für die Wissenschaft immer interessanter geworden ist, und daß auf Grund neuer Erkenntnisse Antworten auf Fragen in Aussicht stehen, die die Menschen seit Jahrhunderten beschäftigt haben. Das Buch soll auch einen Eindruck davon vermitteln, mit wie vielen verschiedenen Wissensgebieten die Schlafforschung in Zusammenhang steht. Es gibt kaum einen anderen Zweig der modernen Naturwissenschaft, der in vergleichbarem Ausmaß sowohl für die Grundlagenforschung als auch unmittelbar für das Alltagsleben von Bedeutung ist und für den überdies noch jedermann, aufgrund eigener, langjähriger Erfahrung, gewissermaßen ein Spezialist ist.

[Abb. 1.1: »Die Nacht« \(Ausschnitt\), Michelangelo Buonarroti, Grabmal des Giuliano de Medici. \(39k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Über das Wort »Schlaf«

»Schlaf« ist ein Wort altgermanischen Ursprungs, eine sogenannte Nominalbildung zu »schlafen« (gotisch »sleps« und alt- und mittelhochdeutsch »slaf«). Auch das niederländische »slaap« und englische »sleep« gehen auf diesen Ursprung zurück. »Schlafen« bedeutet ursprünglich »schlapp werden« und ist mit dem Eigenschaftswort »schlaff« verwandt. Im folgenden werden wir sehen, daß auch in der modernen Schlafforschung das Schlaffwerden der Muskulatur als wichtige Meßgröße zur Bestimmung der Schlafstadien dient.

Dem Wort »Schlummer« liegt die indogermanische Wurzel »slu« (schlaff, herabhängend) zugrunde. Das Wort »slummern« (englisch: to slumber) taucht zuerst im Mittelhochdeutschen und Niederdeutschen auf und ist erst im 16. Jahrhundert von Martin Luther in die Schriftsprache eingeführt worden. »Dösen« (englisch: to doze) wird vom Duden als »gedankenlos dasitzen, halb schlafen« definiert. Das Verb »dösen« ist erst im 19. Jahrhundert aus dem Niederdeutschen ins Schriftdeutsche eingedrungen. Verwandt ist es mit den Hauptwörtern »Dusel« und »Dunst«. Dösen bezeichnet denn auch einen geistig vernebelten Zustand. In der Umgangssprache verwendet man gelegentlich den Ausdruck »ein Nickerchen machen«. »Nicken« entstammt dem Mittelhochdeutschen, wo »nücken« so viel wie »nicken, stutzen, leicht schlummern« bedeutete. Wenn jemand schläft, sagt man zuweilen auch »er pennt«. Das Wort stammt aus der sogenannten Gaunersprache und ist wohl eine Ableitung von »Penne« (= einfaches Nachtlager, Herberge). Im Jiddischen bedeutet »pannai« müßig.

Vom Hauptwort »Schlaf« leiten sich verschiedene Begriffe ab, die mit ihm nur mehr in indirektem Bedeutungszusammenhang stehen. So wird beispielsweise »entschlafen« als ein Hüllwort für »sterben« verwendet. Etwas »beschlafen« oder »überschlafen« heißt, es bis zum nächsten Tag bedenken, um so

Distanz zu einem bestimmten Problem zu gewinnen. Zum »Beischlaf« (das Wort stammt aus dem 15. Jahrhundert) kommt es, wenn Mann und Frau »zusammen schlafen«. Wie beim Ausdruck »entschlafen« ist auch hier ein Vorgang gemeint, der mit »schlafen« nicht direkt zusammenhängt und den man lieber nur umschreibt. Auch die »Schläfe« leitet sich von »Schlaf« ab, denn sie ist der Teil des Kopfes, auf welchem der Schlafende liegt. Einer, der zu viel oder zu lange schläft, wird als »Schlafmütze« bezeichnet. Dieser aus dem 17. Jahrhundert stammende Ausdruck bezog sich ursprünglich auf die Nachtmütze, die man beim Schlafen trug und wird seit dem 18. Jahrhundert im übertragenen Sinne gebraucht. Angeblich soll ihn Lessing erstmals so verwendet haben.

Werfen wir schließlich noch einen Blick über die Grenzen unseres eigenen Sprachraums hinaus. Wie die nachstehende Übersicht zeigt, liegt die Wurzel »son« oder »somm« dem Begriff »Schlaf« in verschiedenen indogermanischen Sprachen zugrunde: französisch »sommeil«; italienisch »sonno«; spanisch »sueño«; portugiesisch »somno«; rumänisch »sommul«, schwedisch »somm«, dänisch »sovn«; russisch »son«; polnisch »sen«; bulgarisch »sun«; serbo-kroatisch »san«; tschechisch »spanek«; hindi »sona«; griechisch »hypnos«.

In anderen Sprachen heißt »Schlaf«: ungarisch »alvas«; finnisch »uni«; türkisch »uyku«; hebräisch »shenah«; japanisch »nemuri«; chinesisch »shui jiao«; telugu (südindische Sprache) »nidura«; zulu »lala«.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Der Schlaf - Bruder des Todes

Schon in der griechischen Sagenwelt sind der sanfte Schlaf, Hypnos, und der mitleidlose Tod, Thanatos, beide Söhne der Nachtgattin Nyx. Der römische Dichter Ovid nannte den Schlaf »Abbild des Todes«. »Er wohne in einer Höhle am Ufer des Lethebaches, wohin niemals die Sonne gelange. Am Eingang seiner Höhle stünden Mohn und tausenderlei Kräuter, aus denen die Nacht ihre Schlummersäfte gewinne, um damit das Land zu befeuchten.«^[2] Auch für die Germanen waren Schlaf und Tod Geschwister, die beide als »Sandmann« bezeichnet wurden, was nach Kuhlen als »Sendbote« zu deuten ist, aber auch das Müdigkeitsgefühl von Kindern (»ich habe ein Gefühl wie Sand in den Augen«) bildhaft umschreibt.

Die Ruhe eines Schlafenden hat etwas Unheimliches an sich. Im Schlaf ist man schutzlos den Gefahren der Umwelt ausgeliefert. Wird man aus diesem geheimnisvollen Zustand wieder erwachen? Angesichts dieser banger Frage ist es nicht erstaunlich, daß Menschen vor dem Einschlafen ein Gebet sprechen und sich zum Beispiel der Obhut von Schutzengeln anvertrauen. »Ich liege und schlafe und erwache; denn der Herr hält mich« heißt es im 3. Psalm. Der Gläubige kann ruhig und ohne Furcht schlafen, denn er weiß, daß der Herr wach ist. »Siehe, der Hüter Israels schläft und schlummert nicht. Der Herr behütet dich« (Psalm 121,4.5). Im Alten Testament ist bereits im Schöpfungsbericht von Schlaf die Rede. Gemeint ist nicht der gewöhnliche, sondern ein außergewöhnlicher, tiefer Schlaf (hebräisch »tardema«), in welchen Gott Adam versetzt, um ihm zur Erschaffung Evas eine Rippe zu entnehmen.

Aber ruhiger Schlaf kann andererseits auf den ersten Blick leicht mit dem Tod verwechselt werden. Schlaf als Scheintod ist denn auch ein verbreitetes Motiv in Sage, Dichtung und Märchen. In

Shakespeares Drama nimmt Julia eine Droge ein, um durch sie in einen mehrtägigen, todähnlichen Schlaf zu fallen und dadurch der lästigen Obhut ihrer Familie zu entrinnen. Das Unglück will es, daß nicht nur die Familie, sondern auch ihr Geliebter Romeo sich täuschen läßt. Die Geschichte nimmt deshalb ein schlimmes Ende. Besser ergeht es Schneewittchen, das zwar schon scheinot im Sarg liegt, aber im entscheidenden Augenblick doch noch erwacht. Den »Schlafrekord« hält ohne Zweifel Dornröschen. Hier ist es nicht eine Droge, sondern eine an sich harmlose Verletzung, die sie in einen vorhergesagten hundertjährigen Schlaf fallen läßt. Nicht nur sie selbst schläft ein, sondern mit ihr der König, die Königin und der gesamte Hofstaat, mitsamt Pferden, Hunden, Tauben und Fliegen. Pflanzen sind offensichtlich dem Zauber entzogen, denn eine Dornenhecke überwuchert das ganze Schloß. Der erlösende Kuß des Königssohns fällt genau mit dem Ende der hundertjährigen Schlafperiode zusammen, ist also nur scheinbar die Ursache des Erwachens, sicher aber der Hauptgrund für das Happy End.

Wenn wir bisher den Schlaf als einen dem Tode ähnlichen Zustand betrachtet haben, so können wir umgekehrt auch fragen, inwieweit der Tod als ein schlafähnlicher Zustand aufgefaßt werden kann. Im Johannes-Evangelium finden wir einen besonders eindrucksvollen Bericht, der diese Frage zum Thema hat. Die Rede ist vom kranken Lazarus. Jesus spricht zu seinen Jüngern: »Lazarus, unser Freund, schläft; aber ich gehe hin, daß ich ihn aufwecke. Da sprachen seine Jünger: Herr, schläft er, so wird's besser mit ihm. Jesus aber sagte von seinem Tode; sie meinten aber, er redete vom leiblichen Schlaf. Da sagte es ihnen Jesus frei heraus: Lazarus ist gestorben.«

Dann geht Jesus mit seinen Jüngern zum Grabe, in dem der Tote schon seit vier Tagen liegt, und ruft dort mit lauter Stimme: »Lazarus, komm heraus! Und der Verstorbene kam heraus, gebunden mit Grabtüchern an Füßen und Händen und sein Angesicht verhüllt mit einem Schweiß Tuch.« Der Tote erwacht also zum Leben wie aus einem tiefen Schläfe. Über diesen biblischen Bericht hinaus hat seit langem die Frage die Menschen bewegt, ob mit dem Tode das Leben wirklich endgültig beendet sei oder ob der Tod ein schlafähnlicher Zustand sein könnte, aus dem es doch noch irgendein Erwachen gibt. Die Diskussion dieses Problems aber, das viele Menschen auch heute noch beschäftigt, würde uns hier zu weit vom eigentlichen Thema wegführen.

[Abb. 1.2: »Da ließ Gott der Herr einen tiefen Schlaf fallen auf den Menschen, und er schlief ein. \(1. Mose, 2,21-22; »Die Erschaffung der Eva«, in: Die heilige Schrift ..., illustriert von Gustav Doré, übersetzt von J. Franz von Allioli\). \(55k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Schlaf - Zustand der Seligkeit oder des dumpfen Unwissens?

In den östlichen Philosophien und Religionen wurde der Schlaf zuweilen als der eigentliche, wahre Zustand des Menschen dargestellt, in dem Individuum und Universum eins sind. Der chinesische Philosoph Chuang Tzu (300 v. Chr.) schrieb: »Alles ist eins; im Schlaf ist die Seele ungestört und aufgenommen in diese Einheit; im Wachen hingegen ist sie abgelenkt und sieht die verschiedenen Gegebenheiten der Welt.« [3]

In den altindischen philosophischen Texten der Upanishaden wurden die folgenden vier Seinsformen

unterschieden: 1. Der Wachzustand, der allen Menschen gemeinsam ist; 2. der Zustand des Träumens; 3. der Zustand des Tiefschlafs; 4. der »vierte« (überbewußte) Zustand des eigentlichen Selbst. Der Tiefschlaf (susupta) ist jener Zustand, in welchem man nichts begehrt und nicht träumt. An anderer Stelle in den Upanishaden wird der Tiefschlaf mit dem eigentlichen Selbst in Zusammenhang gebracht: »Wenn man tief schläft, ruhig und heiter, und keinen Traum sieht, das ist das Selbst (Atman), das ist das Unsterbliche, Furchtlose, das ist Brahma.« [4]

In der jüdisch-christlichen Überlieferung wird der Schlaf selten als ein erstrebenswerter Zustand angesehen. So finden wir schon im Alten Testament die Mahnung: »Liebe den Schlaf nicht, daß du nicht arm werdest; laß deine Augen wacker sein, so wirst du Brot genug haben« (Sprüche 20,13). Nur der durch harte Arbeit redlich verdiente Schlaf ist ein guter Schlaf: »Wer arbeitet, dem ist der Schlaf süß, er habe wenig oder viel gegessen; aber die Fülle des Reichen läßt ihn nicht schlafen.« (Prediger 5,11.)

Den Schlaf als Sinnbild der Trägheit, des dumpfen Unwissens und Unglaubens finden wir in der Verteidigungsrede des griechischen Philosophen Sokrates vor dem Gericht in Athen:

»Wenn ihr also mir folgen wollt, werdet ihr meiner schonen. Ihr aber werdet vielleicht verdrießlich, wie die Schlummernden, wenn man sie aufweckt, um euch stoßen und mich, dem Anytos folgend, leichtsinnig hinrichten, dann aber das übrige Leben weiter fort schlafen, wenn euch nicht der Gott wieder einen andern zuschickt aus Erbarmen.« [5]

Im Christentum wird das Aufwachen oft im übertragenen Sinne verstanden. Im Neuen Testament finden wir beispielsweise den Aufruf: »Wache auf, der du schläfst, und stehe auf von den Toten, so wird dich Christus erleuchten.« (Epheser 5,14.) Das folgende Kirchenlied ruft ebenfalls die Menschen auf, aufzuwachen und ein neues Leben zu beginnen:

»Wach auf mein Herz: die Nacht ist hin, die Sonn ist aufgegangen. Ermuntre dich, mein Geist und Sinn, den Heiland zu empfangen, der heute durch des Todes Tür gebrochen aus dem Grab herfür der ganzen Welt zur Wonne.

Steh aus dem Grab der Sünden auf und such ein neues Leben. Vollführe deinen Glaubenslauf und laß dein Herz sich heben gen Himmel, da dein Jesus ist, und such, was droben, als ein Christ, der geistlich auferstanden.« (Benjamin Schmolck, 1672-1737.)

Auch in östlichen Kulturen wurde das Erwachen aus dem Schlaf in einem ähnlich übertragenen Sinne verwendet, wie zum Beispiel der Name »Buddha« zeigt: »der Erleuchtete, der Erweckte«, wobei sich »Buddha« von »budh« (= wecken) ableitet.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Frühe Erklärungsversuche für den Schlaf: Von der Philosophie zur Naturwissenschaft. [6]

Aus der altgriechischen Zeit sind uns Äußerungen von Philosophen und Ärzten überliefert, in denen Erklärungen für den Ursprung des Schlafs angeführt werden. Empedokles von Agrigent, Schöpfer der Vier-Elemente-Lehre, nach der es kein Entstehen oder Vergehen sondern nur ein Mischen und Entmischen der Elemente Feuer, Luft, Wasser und Erde gibt, betrachtete den Schlaf als Folge einer mäßigen Abkühlung der im Blut befindlichen Wärme, beziehungsweise als die Absonderung des Elements »Feuer« von den drei anderen. Hippokrates dagegen, der »Vater der Heilkunst«, schloß aus der Abkühlung der Gliedmaßen, daß der Schlaf auf der Flucht von Blut und Wärme ins Innere des Körpers beruhe. Für den großen Philosophen und Naturforscher Aristoteles lag die unmittelbare Schlafursache in der aufgenommenen Nahrung, von der er annahm, sie gebe eine Ausdünstung in die Adern ab. Diese Dünste würden dann von der Lebenswärme in den Kopf getrieben, sammelten sich dort an und verursachten Schläfrigkeit. Alsdann kühlen sie sich im Gehirn ab, sinken wieder in tiefere Körperteile zurück und entziehen dabei dem Herzen Wärme. Dies führe schließlich zum Schlaf, der so lange andauere, bis die Nahrung verdaut sei und das für die oberen Körperregionen bestimmte reine Blut sich vom unreinen geschieden habe. Der Aristoteles-Interpret Alexander von Aphrodisias (2./3. Jahrhundert n. Chr.) knüpft an die Wärmetheorie an und argumentiert, durch die Ermüdung werde der Körper ausgetrocknet und verliere dadurch an Wärme, was schließlich zum Schlaf führe.

Im Mittelalter (12. Jahrhundert) betonte Hildegard von Bingen, Benediktinerin und Verfasserin medizinischer, naturkundlicher und mystischer Schriften, die Parallelen zwischen Schlaf und Nahrung und brachte beide in Zusammenhang mit dem Sündenfall. Kuhlen schildert ihre recht eigentümlichen Ansichten folgendermaßen: »Der Mensch bestehe aus zwei Teilen: aus Wachsein und Schlaf. So werde auch der menschliche Körper auf doppelte Weise ernährt, nämlich durch Speise und Ausruhen. - Vor dem Sündenfall sei Adams Schlaf ein »Schlaf zur Versenkung« (=»sopor«), also ein »tiefer«, kontemplativer Schlaf, und die Nahrung nur eine Nahrung zum Anschauen gewesen - alles nur, um den Menschen geistig-seelisch zu erfreuen und zu erbauen. Der Sündenfall habe seinen Körper schwach und gebrechlich gemacht wie den eines Toten im Vergleich zu einem Lebenden. Jetzt habe der Mensch Stärkung durch Nahrung und Schlaf nötig. Der Schlaf sei zu einem normalen Zustand bei allen Menschen geworden. Wie die Nahrung das Fleisch wachsen lasse, so erhole sich und wachse das Mark (»medulla«), das durch Wachen verdünnt und geschwächt werde, im Schlaf wieder heran.« [7]

Im 16. Jahrhundert wollte der berühmte Arzt Paracelsus die Medizin wieder näher an die Natur heranführen. Wie über viele andere Probleme hatte er auch über den Schlaf sehr bestimmte Ansichten: Er meinte, der natürliche Schlaf dauere sechs Stunden, beseitige die durch Arbeit aufgetretene Ermüdung und erquicke den Menschen. Er empfahl, man sollte weder zu viel noch zu wenig schlafen, sondern sich nach der Sonne richten, mit ihr aufstehen und bei Sonnenuntergang schlafen gehen.

Im 17. und 18. Jahrhundert wurde für die Erklärung des Schlafs oft eine eigenartige Verbindung von physiologischen Konzepten und Seelenlehre herangezogen. So meinte der britische Arzt und Physiologe Alexander Stuart, der Schlaf sei die Folge eines Knappwerdens des »animalen Lebensgeistes« (»spiritus animales«), der durch Arbeit und Bewegung erschöpft und ausgezehrt werde. Für den niederländischen Arzt Herman Boerhaave wird der »spiritus nervosi« durch das Gehirn aus dem Blut abgesondert. Der Schlaf komme dadurch zustande, daß die Flüssigkeit (»liquor«) im Gehirn in ihrer Bewegung gehindert werde, sich verbrauche und deshalb feine Gefäße und Nerven, die vom Gehirn zu den Sinnesorganen und willkürlichen Muskeln zögen, nicht mehr füllen könne. Die Theorie hat mit jener des Schweizer Arztes und Naturforschers Albrecht von Haller (1708-1777) gewisse Ähnlichkeiten, der meinte, das im Kopf

verdichtete Blut komprimiere das Gehirn und schneide dadurch den Weg des »spiritus« in die Nerven ab. Für den deutschen Physiologen Jacob Fidelis Ackermann (1765-1815) spielte der damals neu entdeckte Sauerstoff eine besonders wichtige Rolle, indem er aus der eingeatmeten Luft den »Lebensäther« abscheide. Über das Blut gelange dieser ins Gehirn, wo er abgetrennt und gespeichert werde. Von den »Hirnkräften« in die Nerven und Muskeln getrieben, rufe er »animale Bewegung« hervor. Ermüdung führe zu einem Mangel an Lebensäther, doch im Schlaf könnten die Vorräte wieder aufgefüllt werden.

Mit der im 19. Jahrhundert aufkommenden Naturphilosophie rückten vorübergehend vermehrt mystische Konzepte in den Vordergrund. So schrieb beispielsweise Philipp Franz von Walther, Professor für Physiologie und Chirurgie: »Der Schlaf ist eine Hingebung des egoistischen Seyns in das allgemeine Leben des Naturgeistes, ein Zusammenfließen der besonderen Seele des Menschen mit der allgemeinen Naturseele.« [8]

Die Entwicklung der Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert führte zu Theorien, die den Schlaf ausschließlich auf physiologischer und chemischer Grundlage zu erklären suchten. So sah zum Beispiel Alexander von Humboldt die Ursache des Schlafs in einem Sauerstoffmangel, der Bonner Physiologe Eduard Friedrich Wilhelm Pflüger in der verminderten Aufnahme von Sauerstoff in die »lebenden Gehirnmoleküle«. Andere meinten, die Hauptursache liege in einer Blutleere der Hirnrinde, im Druck aufs Gehirn, in der Quellung der Nervenzellen oder in einer Umlagerung elektrischer Ladung in den Ganglien. Der deutsche Physiologe Wilhelm Thierry Preyer vertrat in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts die Meinung, Ermüdungsstoffe absorbierten den Sauerstoff aus dem Blut, der deshalb für die Funktion des tätigen Hirns nicht mehr zur Verfügung stehe. Er glaubte diese Stoffe als Milchsäure und Kreatin identifizieren zu können.

Allen diesen Theorien ist gemeinsam, daß sie zwar neue naturwissenschaftliche Konzepte zur Erklärung des Schlafs heranzogen, diese aber auf keinerlei eindeutige Befunde stützen konnten und sie im allgemeinen auch nicht durch Versuche zu überprüfen suchten. Das sollte den Wissenschaftlern unseres Jahrhunderts vorbehalten bleiben. In den folgenden Kapiteln - insbesondere in den Kapiteln 8 und 9 - werden wir auf diese wissenschaftlichen Entwicklungen zurückkommen.

[Abb. 1.3: »Venus« \(Giorgione, 1697\). \(22k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Schlafräume und Schlafzeiten: Zur Soziologie des Schlafs [9]

In unseren Breiten findet man in den meisten Wohnungen und Häusern separate Schlafzimmer. Das ist freilich eine relativ neue Errungenschaft. Noch im späten Mittelalter schliefen viele Menschen gemeinsam in einem Raum, der nicht nur zum Schlafen, sondern auch zu vielen anderen Zwecken diente. Die Dienstboten schliefen häufig in der Nähe ihrer Herrschaft, um jederzeit zur Verfügung zu stehen. Ein eigentliches Schlafzimmer finden wir erstmals an königlichen Höfen. Berühmt ist der Schlafräum des französischen Königs Ludwigs XIV., der nicht nur die räumliche Mitte des Palastes, sondern so etwas wie das Herrschaftszentrum des Königreichs bildete. Das morgendliche »Lever du Roi« - der Empfang durch Seine noch im Bett ruhende Majestät - war das wichtigste gesellschaftliche Ereignis des Tages. Die

Einrichtung eines eigentlichen Schlafzimmers wurde dann von der adligen Oberschicht übernommen und erschien erst später in den bürgerlichen Häusern.

Schlafgelegenheiten waren früher sogar in Gaststätten zuweilen ein Problem. So berichtet Gleichmann von deutschen Badeorten des 17. Jahrhunderts, wo »aus Mangel an Schlafstellen die Hälfte der Gesellschaft nur bis Mitternacht schlief, während die andere Hälfte, die bis dahin den Vergnügungen nachging, alsdann zur Ablösung erschien«.[10] Auf dem Land blieben die alten Schlafgewohnheiten noch lange erhalten. Gleichmann zitiert einen Bericht über bretonische Bauern im 19. Jahrhundert, in dem unter anderem beschrieben wird, daß alle Familienmitglieder und Bediensteten in einem einzigen großen Bett schliefen. Durchreisenden Besuchern habe man ebenfalls gastfrei einen Platz im gemeinsamen Bett angeboten.

Die im 19. Jahrhundert zunehmende Distanz zwischen Frauen und Männern ist auch aus den Schlafgewohnheiten ersichtlich. In vornehmen Häusern hatten nun der Herr und die Dame des Hauses ein eigenes Ankleidezimmer, die Kinder ein Kinderzimmer. Es gab auch »das Zimmer der Söhne« und das der Töchter. Waren die Schlafräume in älterer Zeit leicht zugänglich gewesen, so wurden sie nun abgeschlossener und gehörten immer mehr zum Intimbereich. Die sich ändernde Einstellung spiegelt sich auch in den Gasthäusern und Spitälern wider, wo Massenlager seltener und Einzelzimmer immer häufiger wurden.

In früheren Zeiten war aber nicht nur der Schlafort, sondern auch die Schlafzeit weniger starr festgelegt als heute. Gleichmann weist auf Abbildungen aus dem ausgehenden Mittelalter - beispielsweise auf Gemälde der flämischen Schule - hin, auf denen häufig Menschen zu sehen sind, die tagsüber neben Häusern, an Wegen oder auf Feldern schlafen. Noch heute zeigen sich Reisende in Ländern wie Indien beeindruckt von den vielen Menschen, die tagsüber schlafend im Freien zu sehen sind. In Europa verbreitete sich immer mehr die Auffassung, daß sowohl zu gewissen Tageszeiten als auch an gewissen Orten nicht geschlafen werden sollte. So wird zum Beispiel das Schlafen auf Straßen und anderen öffentlichen Orten als ordnungsstörend empfunden, und der Schläfer muß gewärtigen, daß er mit der Polizei in Konflikt gerät. In Großstädten wie Paris wird der Schlaf der Clochards unter den Brücken oder in Metrostationen gerade noch geduldet. Dagegen ist es aber auch für »feinere« Leute durchaus akzeptabel, in öffentlichen Verkehrsmitteln, wie in der Eisenbahn oder im Flugzeug, einzunicken.

Der Schlaf tagsüber, der für uns zum Inbegriff der Faulheit und Arbeitsscheu geworden ist, hat im 19. Jahrhundert in Iwan Alexandrowitsch Gontscharows berühmtem Roman »Oblomow« ein bleibendes literarisches Denkmal erhalten: »Das Herumliegen war für Ilja Iljitsch weder eine Notwendigkeit, wie für einen Kranken oder für einen Menschen, der schlafen möchte, noch eine Zufälligkeit, wie für einen Müden, noch ein Genuß, wie für einen Faulpelz: es war sein normaler Zustand. Wenn er zu Hause war (und er war fast immer zu Hause), lag er stets im Bett und stets in dem gleichen Zimmer, wo wir ihn vorfanden, das ihm gleichzeitig als Schlafgemach, Kabinett und Salon diente.«[11] Der Romanheld verbringt sein gesamtes Leben im Bett, während sein Freund vergeblich versucht, ihn von den Vorzügen der Arbeit zu überzeugen.

Die Hinweise in diesem ersten Kapitel sollten wenigstens andeutungsweise zeigen, daß auch kulturgeschichtliche, linguistische, soziologische und andere nicht-naturwissenschaftliche Aspekte des Themas »Schlaf« interessant und aufschlußreich sind. In den folgenden Kapiteln werden wir uns neuen

Entwicklungen der Schlafforschung zuwenden, die zum großen Teil auf einer naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise beruhen.

[Abb. 1.4: »Die Nacht« \(Hodler, 1890\) \(64k JPG file\)](#)

| [Inhalt](#) | [Nächstes Kapitel](#) | [Kapitelanfang](#) | [Vorwärts](#) | [Zurück](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély - Kapitel 2

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Wissenschaftler untersuchen den Schlaf: Die verschiedenen Schlafstadien

Während des Schlafs erscheinen (Hirn-)Wellen,
die mit keinem feststellbaren äußeren Reiz
in Zusammenhang gebracht werden können,
die aber mit inneren Veränderungen
unbekannten Ursprungs in Verbindung stehen könnten.

A. L. Loomis, E. N. Harvey, G. Hohart, 1935

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Anfänge der Schlafforschung

Es ist nicht erstaunlich, daß bis vor kurzem nur wenige Wissenschaftler den Schlaf als einen lohnenden Forschungsgegenstand betrachtet haben. Im Unterschied zum Wachzustand, der Beobachtungen und Messungen zugänglich ist und über die Versuchspersonen auch selbst Auskunft geben können, erscheint der Schlaf als ein weitgehend unzugänglicher Vorgang. Es ist zwar möglich, die vom Schlafenden eingenommene Körperstellung und ihre Änderungen zu beobachten oder die Atmung, den Puls und die Körpertemperatur im Schlafe aufzuzeichnen. Solche Beobachtungen und Messungen beziehen sich aber

auf Begleiterscheinungen des Schlafes, die nicht über die grundlegenden Prozesse Aufschluß geben. Ist andererseits das Interesse der Forschung auf die Frage der Schlafentiefe ausgerichtet, dann ist es unumgänglich, den Schläfer durch spezifische Reize zu wecken oder zumindest im Schlafe zu stören. Das Untersuchungsobjekt Schlaf wird also bei diesen Experimenten beeinflußt. Dennoch waren es solche Versuche, die auf den Ablauf des Schlafprozesses erste Hinweise gaben. So stellte der Physiologe Kohlschütter bereits im 19. Jahrhundert fest, daß der Schlaf in den ersten Stunden am tiefsten ist und später oberflächlicher wird. Was aber der modernen Schlafforschung zum Durchbruch verhalf, das war die Möglichkeit, die im Gehirn entstehenden elektrischen Ströme kontinuierlich aufzuzeichnen.

Heute werden auf der ganzen Welt in Tausenden von Laboratorien und Kliniken Hirnstromkurven abgeleitet, die als Elektroenzephalogramm (abgekürzt EEG) bezeichnet werden. Die für uns so selbstverständlich gewordene Routinemethode der EEG-Registrierung ist jedoch noch nicht viel älter als 50 Jahre.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Die Entdeckung des EEG

In den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts versuchte Hans Berger erstmals, von der Schädeloberfläche Hirnströme abzuleiten. Berger, der damals der Neurologischen Abteilung des Landeskrankenhauses in Jena vorstand, war bei seinen Kollegen als reservierter und korrekter Arzt bekannt. Abends, nach Beendigung seiner klinischen Tätigkeit, ging er seinen wissenschaftlichen Interessen nach. Mit nach unseren Begriffen äußerst primitiven Registriergeräten (einem Edelman-Galvanometer und später mit einem Siemens-Spulen-Galvanometer) untersuchte er, ob elektrische Hirnströme von der Schädeloberfläche abgeleitet werden können. Als Ableitelektroden verwendete er u. a. Silberplättchen, die er auf die Kopfhaut aufklebte. Die elektrischen Ströme, die er mit diesem Verfahren registrieren konnte, waren kaum größer als der von seinem unzulänglichen Gerät verursachte Rauschpegel. Trotzdem gelang es ihm, bei entspannten, wachen Versuchspersonen regelmäßige Wellen von etwa 10 Schwingungen pro Sekunde aufzuzeichnen, die heute allgemein als Alpha-Rhythmus bekannt sind.

Bergers Arbeiten wurden von der Fachwelt anfänglich ignoriert oder aber mit großem Mißtrauen aufgenommen. Erst die Bestätigung durch die anerkannten Physiologen Adrian und Matthews (1934) brachte seinen Entdeckungen die verdiente Anerkennung.

Betrachten wir nun, wie heute, 50 Jahre später, EEG-Aufzeichnungen in der Schlafforschung verwendet werden.

[Abb. 2.1: EEG, EOG und EMG. Stromkurven geben Aufschluß über den Schlaf. Das Electroencephalogramm ist die Aufzeichnung von elektrischen Hirnströmen, das Electrooculogramm von elektrischen Strömen, die durch Augenbewegungen entstehen, und das Electromyogramm von Strömen, die die Muskelspannung widerspiegeln. \(29k JPG file\)](#)

Eine Nacht im Schlaflabor

Rebecca ist eine Studentin, die schon oft als Versuchsperson an Schlafexperimenten teilgenommen hat und selbst auch an Schlafforschung interessiert ist. Ihr Alpha-Rhythmus im Wachen ist gut ausgeprägt, und die Veränderungen im Schlaf sind deutlich, was die Auswertung der Kurven sehr erleichtert. Rebecca kommt heute zu einer ersten Angewöhnungsnacht ins Labor, auf die dann mehrere Versuchsnächte folgen werden. Sie zieht sich um und setzt sich im Pyjama in einen bequemen Stuhl, um sich die EEG-Elektroden aufkleben zu lassen. Kleine tellerförmige Silberplättchen, an welche ein dünnes, flexibles Kabel angelötet ist, werden mit einer leitenden Paste gefüllt und zwischen den Haaren auf bestimmte Stellen der Kopfhaut aufgedrückt. Diese Elektroden dienen zur Registrierung des EEG. Zwei weitere Elektroden werden unter dem Kinn auf die Haut geklebt, um die elektrischen Ströme der Kinnmuskeln (Elektromyogramm oder EMG) abzuleiten. Die EMG-Aufzeichnung gibt Aufschluß über die Muskelspannung. Schließlich werden noch Elektroden dicht neben den äußeren Augenwinkeln angebracht, um die bei Augenbewegungen entstehenden elektrischen Signale, das sogenannte Elektrooculogramm (EOG) aufzuzeichnen. Wie wir sehen werden, ist das EOG für die Erkennung eines bestimmten Schlafstadiums besonders wichtig. Nach dreiviertel Stunden sind alle Elektroden geklebt und der elektrische Kontakt mit der Hautoberfläche kontrolliert. Nun begibt sich Rebecca in das wohnlich eingerichtete, schallabgeschirmte Ableitzimmer, in dem sie die Nacht verbringen wird. Nachdem sie sich ins Bett gelegt hat, wird jedes Kabel in die entsprechende Buchse einer Stecktafel gesteckt, die über dem Bett angebracht ist und die Verbindung mit dem Registriergerät herstellt. Auf diese Weise können im benachbarten Zimmer die elektrischen Signale nachts aufgezeichnet werden. Trotz der vielen Kabel am Kopf hat Rebecca genügend Bewegungsfreiheit, um es sich im Bett bequem zu machen und ihre gewohnte Schlafstellung einzunehmen. Der Versuchsleiter wünscht eine gute Nacht und löscht das Licht. Nach einer letzten Kontrolle der Einstellungen setzt er das Registriergerät in Betrieb. Das Papier beginnt sich mit einer genau definierten Geschwindigkeit (15 mm/Sek.) zu bewegen. Die Federn schlagen aus und zeichnen das EEG, EMG und EOG als Kurven auf. Die Registrierung des Schlafs hat begonnen.

[Abb. 2.2: Schlaf im Schlaflabor. Von den auf der Kopfhaut, im Gesicht und am Kinn aufgeklebten Elektroden ziehen dünne Kabel an ein über dem Bett aufgehängtes Anschlußkästchen, von dem ein Kabel zum Registriergerät im Nebenraum führt. Über der Schlafenden hängt ein Mikrophon, mit welchem Traumberichte aufgenommen werden können. \(47k JPG file\)](#)

Wach- und Schlaf-EEG

Auch für einen erfahrenen Schlafforscher ist es jedesmal von neuem faszinierend, die Aufzeichnung des Schlafes direkt mitzuverfolgen. Über das sich verändernde Kurvenbild fühlt er sich in unmittelbarer Verbindung mit dem Schlafvorgang der Versuchsperson. Während des Einschlafens geht der regelmäßige Alpha-Rhythmus des Wachzustandes in ein kleinwelliges, rasches Muster über. Im weiteren Verlauf des Schlafes weist das EEG allmählich höhere und langsamere Wellen auf, die schließlich das

Bild ganz beherrschen. Bereits in den dreißiger Jahren hatten die amerikanischen Physiologen Loomis, Davis und deren Mitarbeiter diese typischen Veränderungen des Schlaf-EEG beobachtet, und festgestellt, daß mit der Vergrößerung und Verlangsamung der Wellen eine Zunahme der Schlaftiefe einherging. Sie versuchten anhand dieser Befunde den Schlaf in einzelne Stadien zu unterteilen. Ihr Inventar der EEG-Veränderungen im Schlaf war jedoch noch unvollständig, denn eines der wichtigsten Schlafstadien war zu jener Zeit noch nicht entdeckt.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Die Entdeckung des REM-Schlafs

Nathaniel Kleitman wird mit Recht als Großvater der modernen Schlafforschung betrachtet. Der heute über neunzigjährige Forscher verließ sein russisches Geburtsland im Ersten Weltkrieg und ließ sich in Chicago nieder, wo er sich der experimentellen und theoretischen Schlafforschung widmete. Sein 1939 erstmals erschienenenes und 1963 überarbeitetes Buch »Sleep and Wakefulness« enthält über 4000 Literaturnachweise und ist heute noch ein Standardwerk der klassischen Schlafforschung. Im Jahre 1952 interessierte sich Kleitman für die langsamen, pendelnden Augenbewegungen, die typischerweise den Einschlafvorgang begleiten, und beauftragte seinen Doktoranden Eugene Aserinsky mit der genauen Untersuchung dieses Phänomens. Die Augenbewegungen wurden, wie schon erwähnt, von in Augennähe angebrachten Hautelektroden als Elektrooculogramm (EOG) aufgezeichnet. Zu seiner Überraschung stellte Aserinsky mitten im Schlafvorgang EOG-Veränderungen fest, die plötzlich auftretenden, raschen Augenbewegungen entsprachen. Dieser unerwartete Befund stieß bei Professor Kleitman begrifflicherweise auf Skepsis, da bis dahin rasche Augenbewegungen nur bei Blickänderungen im Wachen bekannt waren. Die direkte Beobachtung schlafender Versuchspersonen bestätigte indessen, daß unter den geschlossenen Lidern die Augen sich tatsächlich bewegten. William Dement, damals Student bei Kleitman und in der Folge einer der Pioniere der modernen Schlafforschung, begann das Phänomen systematisch zu untersuchen. Er berichtete in den folgenden Jahren als erster, daß nach dem Aufwachen aus dem Schlafstadium mit raschen Augenbewegungen Versuchspersonen oft über Träume berichteten. Es verging noch einige Zeit, bis klar wurde, daß rasche Augenbewegungen im Schlaf mehr als nur eine kuriose Zufallsbeobachtung waren. Ein grundlegend neuer Abschnitt des Schlafes war entdeckt worden. Das Auftreten rascher Augenbewegungen in diesem Stadium führte zur Bezeichnung REM-Schlaf (Rapid Eye Movement Sleep), die heute allgemein verwendet wird.

[Abb. 2.3: Schlafstadien. Die Schlafstadien werden aus Stromkurven bestimmt, die vom Gehirn, den Augen und den Muskeln abgeleitet werden. Mit zunehmender Vertiefung des Non-REM-Schlafes \(von Stadium 1 bis Stadium 4\) werden die Hirnstromkurven \(EEG\) größer und langsamer, wobei die Muskelspannung \(EMG\) abnimmt. Während des Einschlafens \(Stadium 1\) treten langsame, pendelförmige Augenbewegungen auf. Im REM-Schlaf sieht das EEG ähnlich aus wie im Stadium 1, während das EOG die typischen raschen Augenbewegungen anzeigt. Die Muskulatur ist, abgesehen von gelegentlichen Zuckungen, vollständig entspannt. \(16k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Die Abfolge der Schlafstadien - das Schlafprofil

Wir hatten Rebecca, unsere Versuchsperson, zu Beginn der Schlafregistrierung verlassen. Stellen wir uns nun neben den Versuchsleiter und beobachten das Kurvenbild der Aufzeichnung. Der Schlaf ist offensichtlich noch nicht eingetreten, denn das EEG zeigt den für den entspannten Wachzustand typischen Alpha-Rhythmus. Das EOG ist unruhig, denn die Augen bewegen sich, und das ausgeprägte EMG weist auf hohe Muskelspannung hin. Schon nach wenigen Minuten ändert sich das Bild. Der Alpha-Rhythmus wird durch kleine, rasche, unregelmäßige Wellen abgelöst, und das EOG zeigt langsame Schwankungen, die auf pendelförmige Augenbewegungen beim Einschlafen zurückzuführen sind. Dies ist das Stadium 1, ein Übergangsstadium zwischen Wachen und Schlafen. Schon kurz danach erscheinen etwas höhere Wellen, die von sporadisch auftretenden, raschen Wellen, den sogenannten Schlafspindeln, überlagert sind. Auch vereinzelt, hohe, langsame Ausschläge (sogenannte K-Komplexe) kennzeichnen das Kurvenbild. Der Muskeltonus hat sich gegenüber dem Wachen deutlich verringert, die Augen sind ruhig. Diese Merkmale charakterisieren das Stadium 2, dessen erstmaliges Erscheinen von vielen Schlafforschern als der eigentliche Schlafbeginn angesehen wird. Stadium 2 ist ein überaus wichtiges Schlafstadium, nimmt es doch mehr als die Hälfte der gesamten Schlafzeit ein.

Nach wenigen Minuten werden die EEG-Wellen höher und langsamer. Diese langsamen Wellen, die eine Frequenz von 1-4 pro Sekunde aufweisen, werden als Delta-Wellen bezeichnet. Machen sie bloß 20-50 Prozent der Registrierzeit aus, so befindet sich der Schläfer im Stadium 3. Ist ihr Anteil höher als 50 Prozent, so entspricht der Schlaf dem Stadium 4. Die Stadien 3 und 4 werden oft zusammen als Delta-Schlaf oder Tiefschlaf bezeichnet. Rebecca befindet sich nun schon seit 20 Minuten im Stadium 4. Das EMG zeigt weiterhin eine niedrige Muskelspannung an, die Augen bewegen sich nicht. Plötzlich ändert sich das Bild. Das EMG wird hoch, so daß die Federn des Schreibgerätes tintespritzend vibrieren. Die Feder des EEG-Kanals geht bis an den Anschlag, für einige Sekunden ist überhaupt keine Kurvenform erkennbar. Was ist geschehen? Die Schläferin hat ihre Körperstellung geändert und dadurch elektrische Störungen der Aufzeichnung bewirkt. Während solche Körperbewegungen im sich vertiefenden Schlaf (Übergang von Stadium 2 zu 3 und 4) selten sind, treten sie häufig am Ende des Tiefschlafes auf. Nach dieser kurzen Bewegungsepisode folgt während einiger Minuten wiederum das Stadium 2. Plötzlich aber wird innerhalb von Sekunden das EMG-Signal flach, was auf ein fast völliges Verschwinden der Muskelspannung hinweist. Die EEG-Kurve ist nun, ähnlich wie im Einschlafstadium 1, klein und schnell. Der EOG-Kanal zeichnet scharfe Wellen auf, die raschen Augenbewegungen entsprechen. Rebecca befindet sich in der ersten REM-Schlaf-Periode. Diese dauert nur wenige Minuten und wird vom Stadium 2 abgelöst. Ein neuer Zyklus beginnt. Wiederum folgen die Stadien 3 und 4, worauf sich die zweite REM-Schlaf-Periode anschließt. Wenn wir den gesamten Nachtschlaf betrachten, können wir vier bis fünf solcher Zyklen unterscheiden. Der Tiefschlaf (Stadien 3 und 4) tritt vor allem in den ersten beiden Zyklen deutlich in Erscheinung und ist in den folgenden nur sehr kurz oder überhaupt nicht mehr vorhanden. Umgekehrt werden die REM-Schlaf-Perioden von Zyklus zu Zyklus länger. Die beiden Schlafstadien Tiefschlaf und REM-Schlaf zeigen also gegensätzliche Tendenzen innerhalb der Nacht.

Die Entdeckung des REM-Schlafs übte eine derartige Faszination auf die Schlafforschung aus, daß dieses Schlafstadium ganz in den Mittelpunkt der Untersuchungen rückte. Der andere, schon seit viel längerem bekannte Schlaftypus (Stadium 1 bis 4), erhielt die wenig originelle Bezeichnung Non-REM-Schlaf. Ein Schlafzyklus besteht demnach aus der Aufeinanderfolge von Non-REM- und

REM-Schlaf. Die Periodenlänge eines Non-REM-/REM-Zyklus beträgt gewöhnlich etwa 90 Minuten. Wie wir noch sehen werden, ist diese zyklische Abfolge der Schlafstadien eine überaus typische Eigenschaft des Schlafes, die nicht nur beim Menschen zu beobachten ist.

Das EEG ist von Person zu Person verschieden. Manche Versuchspersonen weisen im Tiefschlaf hohe Wellen auf, andere viel flachere. Bei manchen ist der Alpha-Rhythmus sehr ausgeprägt, bei anderen überhaupt nicht. Um trotz dieser individuellen Unterschiede verschiedene Untersuchungen vergleichen zu können, stellte eine Gruppe amerikanischer Schlafforscher Kriterien auf, die seither allgemein zur Definition von Schlafstadien verwendet werden. Die hier beschriebenen Non-REM-Stadien 1 bis 4 und der REM-Schlaf basieren auf den nach den Schlafforschern Rechtschaffen und Kales benannten Kriterien. Ein geübter Versuchsleiter benötigt etwa eine Stunde, um aus der Aufzeichnung einer Nacht für jede 30-Sekunden-Periode das Schlafstadium zu bestimmen. Dabei muß er eine ganz ansehnliche Menge Papier durchsehen, hat doch das gesamte EEG einer Nacht eine Länge von über 300 m.

[Abb. 2.4: Die »Schlaftrappe« in den ersten drei Stunden der Nacht. Jede Treppenstufe entspricht einem Schlafstadium. Nach dem Einschlafen »steigt man« über Stadium 2 in den Tiefschlaf \(Stadium 3 und 4\) ab. Nach etwas mehr als einer Stunde tritt die erste REM-Schlafepisode auf. Da der REM-Schlaf ein grundlegend anderer Schlaftyp ist als der Non-REM-Schlaf, ist er als Säule dargestellt. Obwohl das EEG im REM-Schlaf jenem im Einschlafstadium 1 entspricht, schläft man doch tief. Der REM-Schlaf wird daher oft auch als »paradoxe Schlaf« bezeichnet. Non-REM-Schlaf und REM-Schlaf folgen zyklisch aufeinander. Hier sind nur zwei vollständige Schlafzyklen dargestellt. \(17k JPG file\)](#)

[Abb. 2.5: Das Schlafprofil einer ganzen Nacht. Einschlafzeit: 23.10 Uhr, Aufwachzeit: 6.30 Uhr. Zuunterst ist die »Schlaftrappe« ähnlich wie auf der vorherigen Abbildung dargestellt. Darüber das Schlafprofil, wie es gewöhnlich aufgezeichnet wird. Vier vollständige Non-REM/REM-Schlafzyklen sind durch senkrechte Striche abgegrenzt. Tiefschlaf \(Stadium 3 und 4\) tritt nur in den ersten zwei Zyklen auf. REM-Schlaf-Episoden werden in der zweiten Hälfte der Nacht typischerweise länger. \(35k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Spektral-Analyse des Schlaf-EEG

Auf den erwähnten Kriterien basierend, unterteilt man den Schlaf in 5 Stadien. Die Stadien 1-4 des Non-REM-Schlafes gehen indessen fließend ineinander über, so daß durch die Stadien-Kriterien relativ willkürliche Grenzen gesetzt werden. Die Ganznacht-Spektralanalyse des EEG macht dies besonders deutlich und führt gleichzeitig vor Augen, daß auch innerhalb der einzelnen Schlafstadien Veränderungen vorkommen können.

Das EEG ist eine unregelmäßige Kurve, die langsame und schnelle Wellen enthält. Die Spektralanalyse ist eine in der Technik und neuerdings auch in der Biologie oft verwendete Methode, um ein Signal wie z. B. das EEG in einzelne Frequenz-Komponenten zu zerlegen. Aus dem Spektrum läßt sich entnehmen,

wie groß der Anteil rascher oder langsamer Schwingungen am Gesamtsignal ist. Die Spektralanalyse des EEG gibt darüber Aufschluß, ob vor allem langsame Wellen (niedere Frequenzen) oder rasche Wellen (hohe Frequenzen) das Bild beherrschen. Im Laboratorium für experimentelle und klinische Schlafuntersuchungen der Universität Zürich wurde eine neue Methode entwickelt, die es erlaubt, EEG-Spektren für Perioden von 1 Minute zu berechnen. Werden solche Berechnungen über die ganze Nacht durchgeführt, so lassen sich die Veränderungen des EEG darstellen und mit den Schlafstadien in Zusammenhang bringen. Für diese Analyse wird ein Laborcomputer eingesetzt, um aus den fast 500'000 abgetasteten Einzelmeßwerten des EEG die Spektren zu berechnen.

Wie aus [Abbildung 2.6](#) ersichtlich ist, kommt es nach Schlafbeginn zu einem allmählichen Ansteigen der EEG-Aktivität in den unteren Frequenzbereichen (langsame Wellen), wobei die Gipfel jeweils dem Tiefschlaf (Stadium 3 und 4) entsprechen. Es ist deutlich sichtbar, daß die Höhe der Gipfel im Laufe der Nacht abnimmt. In dieser Darstellung entsprechen die »Täler« dem REM-Schlaf. Im Frequenzband des für den entspannten Wachzustand typischen Alpha-Rhythmus (8-12 Hz) treten die höchsten Werte vor Schlafbeginn auf. (Hertz [Hz] bezeichnet die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde.) Die Aktivität im Bereich von 12-16Hz entspricht zum Teil den für das Stadium 2 typischen Schlafspindeln. Dieses Band weist hohe Werte im Non-REM-Schlaf und tiefe Werte im REM-Schlaf auf. Im höchsten Frequenzband (16-25 Hz) sind kaum mehr stadienabhängige Veränderungen sichtbar.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Veränderungen der Spektralaktivität dem auf Schlafstadien basierenden Schlafprofil weitgehend entsprechen, obgleich in der Spektralanalyse das EOG und EMG nicht berücksichtigt sind. Das EEG ist demnach ein ausgezeichnete Indikator für Zustandsänderungen des Gehirns während des Schlafes. Die Vorgänge, die der Entstehung des EEG zugrundeliegen, sind allerdings im einzelnen noch nicht geklärt. Es wird angenommen, daß vor allem die an den Schaltstellen der Nervenzellen (Synapsen) entstehenden elektrischen Ströme in der Hirnrinde für das EEG verantwortlich sind. Da in der Hirnrinde viele Nervenzellen und Nervenfasern gleichgerichtet angeordnet sind, summieren sich Tausende von elektrischen Einzelpotentialen und können an der Hirnoberfläche als Hirnstromkurve abgeleitet werden.

[Abb. 2.6: Schlafstadien und EEG-Spektren einer Nacht. EEG-Spektren erlauben eine besonders genaue Untersuchung der Veränderungen im Schlaf. Oben ist das Schlafprofil wie in der vorherigen Abbildung dargestellt, darunter die Spektralkurven für die langsamen \(1-8 Hz\), mittleren \(8-12 Hz\) und raschen EEG-Wellen \(12-25 Hz\). Hohe Kurvenwerte geben an, daß im betreffenden Frequenzbereich der Wellenanteil hoch ist. So nimmt beispielsweise der Anteil an ganz langsamen Wellen \(1-4 Hz\) mit zunehmender Tiefe des Non-REM-Schlafes zu und erreicht im Stadium 4 die höchsten Werte. Die Spektralanalyse zeigt, daß die Veränderungen im Schlaf genau genommen nicht treppenförmig, sondern kontinuierlich erfolgen. Die Schlafstadien sind daher bloß eine grobe Annäherung an die wirklichen Verhältnisse. \(Hz ist die Abkürzung von Hertz = Anzahl der Schwingungen pro Sekunde.\) \(27k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Körperfunktionen im Schlafe

Wir haben uns bisher auf das EEG konzentriert, da dieses Signal Zustandsänderungen im Schlaf besonders deutlich widerspiegelt. Auch Änderungen der Muskelspannung sowie Augenbewegungen wurden erwähnt. Wie steht es indessen mit anderen Körperfunktionen?

Mit Schlafbeginn werden viele Körpervorgänge auf »Sparflamme« gesetzt. Die Körpertemperatur fällt um einige Zehntel-Grad ab, Atmung und Puls werden langsamer, der Blutdruck sinkt. Mißt man im Blut das in der Nebennierenrinde produzierte »Streßhormon« Cortisol, so findet man tiefere Werte nach dem Einschlafen als im vorangehenden Wachzustand. Umgekehrt verhält es sich mit dem Wachstumshormon, welches in der ersten Tiefschlafphase extrem hohe Werte erreicht. Es ist möglich, daß diese hormonellen Veränderungen nach Schlafbeginn eine Aktivierung von Aufbauvorgängen im Stoffwechsel bewirken.

Anders als im Non-REM-Schlaf kommt es im REM-Schlaf zu einer Aktivierung von Körpervorgängen. Mit dem Beginn einer REM-Schlafepisode wird die Atmung unregelmäßig, und auch Puls und Blutdruck zeigen kurzfristige Schwankungen. Eine weitere typische Begleiterscheinung dieses Schlafstadiums ist die Erektion des Penis. Dieses Phänomen wurde bereits in den vierziger Jahren beschrieben, aber erst nach der Entdeckung des REM-Schlafes systematisch erforscht. Meßgeräte, welche die Volumenänderungen des Penis (Phallus) anzeigen, erlauben die Aufzeichnungen des sogenannten Phallogramms zusammen mit dem EEG. Erektionen im REM-Schlaf treten nicht etwa erst im Erwachsenenalter auf, sondern kommen auch bei Kindern und sogar schon bei Säuglingen vor. Phallogramme im Schlaf werden heute zu diagnostischen Zwecken in der klinischen Medizin registriert. Bei Patienten, die unter Impotenz leiden, helfen sie zu klären, ob eine organische Ursache (z. B. eine Nervenerkrankung) vorliegt oder ob psychische Gründe verantwortlich sind. Die letzteren beeinträchtigen Erektionen im REM-Schlaf nicht.

Das Schlaf-Ende kündigt sich bereits vor dem Erwachen an: Die Körpertemperatur und Cortisol zeigen eine steigende Tendenz, Körperbewegungen werden häufiger. Es ist, als ob sich der Organismus bereits auf die bevorstehende Wachzeit vorbereitet.

| [Inhalt](#) | [Nächstes Kapitel](#) | [Kapitelanfang](#) | [Vorwärts](#) | [Zurück](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély - Kapitel 3

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Schlaf - ein Thema mit Variationen

Lausius - ein alter Dichter,
bestimmt dem Jünglinge und Greise fünf Stunden,
dem Kaufmann sechs, den Edelleuten sieben,
und dem faulen und ganz geschäftslosen Menschen
acht Stunden zum Schlaf.

Heinrich Nudow, 1791

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Schlaf in verschiedenen Lebensabschnitten

Die ersten Tage nach der Geburt verbringt der Säugling zu zwei Dritteln schlafend. In Abständen von 2-6 Stunden wacht er auf, trinkt seine Milch und schläft kurz danach wieder ein. Der Schlaf ist dabei nahezu gleichmäßig auf 24 Stunden verteilt. Glücklicherweise währt dieser die Nachtruhe der Eltern oft arg strapazierende Zustand nicht lange. Bereits beim drei Monate alten Säugling kommen Wachzeiten nachts nur noch selten vor, das Kind »schläft durch«. Mit sechs Monaten schläft es zwar noch rund 12 Stunden täglich, ist aber auch schon während längerer Zeiten ununterbrochen wach.

In den ersten Lebensjahren nimmt vor allem der Schlaf tagsüber ab. Während Kinder im Vorschulalter oft noch am frühen Nachmittag schlafen, sind sie nach Schuleintritt bereits den ganzen Tag über wach. Das sogenannte »polyphasische« (mehrphasische) Schlafmuster des Neugeborenen ist also im Laufe der ersten sechs Jahre in das monophasische (einphasische) Muster des Erwachsenen übergegangen.

Wie verhält es sich nun mit den Schlafstadien? Nach der Geburt besteht der Schlaf zu gleichen Teilen aus REM-Schlaf und Non-REM-Schlaf. Der REM-Schlaf des Säuglings hat schon viele Ähnlichkeiten mit dem des Erwachsenen. Sporadisch treten rasche Augenbewegungen auf, der Spannungszustand der Willkürmuskulatur ist stark reduziert, Atmung und Puls sind unregelmäßig. Anders als beim Erwachsenen unterscheidet sich allerdings das REM-Schlaf-EEG nur wenig vom Wach-EEG. Auch ist der Säugling im REM-Schlaf viel unruhiger als der Erwachsene, Arme und Beine bewegen sich fast ständig, ebenso die Gesichtsmuskeln. Besonders bei Frühgeborenen ist die Bewegungsaktivität so ausgeprägt, daß sich der REM-Schlaf vom Wachzustand nur schwer unterscheiden läßt. In dieser frühen Entwicklungsphase spricht man daher auch von »aktivem Schlaf«, im Gegensatz zum »ruhigen Schlaf« ohne Augen- und Körperbewegungen, der dem Non-REM-Schlaf entspricht. Aber auch der Ablauf der Schlafstadien weist Besonderheiten auf: Bei Neugeborenen folgt auf den Wachzustand häufig unmittelbar REM-Schlaf, was beim Erwachsenen ungewöhnlich ist. Erst nach zwei bis drei Monaten kommt es zur Abfolge Wachzustand/Non-REM-Schlaf/REM-Schlaf, die dann während des ganzen Lebens beibehalten wird.

Wie [Abbildung 3.3](#) zeigt, nimmt der REM-Schlafanteil in den ersten Lebensmonaten rapide ab. Beim zwei bis drei Jahre alten Kleinkind ist er bereits auf 25 Prozent des Gesamtschlafs abgesunken, also auf einen Wert, der sich nicht mehr wesentlich vom Schlaf des Erwachsenen unterscheidet.

Wie steht es aber mit dem Tiefschlaf? Beim Neugeborenen tritt zunächst im Non-REM-Schlaf ein von raschen und langsamen Wellen durchsetztes EEG-Muster auf, das erst im Verlauf der ersten Monate in ein kontinuierliches, von langsamen Wellen bestimmtes Muster übergeht. Bereits beim drei Monate alten Säugling sehen wir, daß der Tiefschlaf zu Nachtbeginn vorherrscht, ein Befund, der der Stadienverteilung des Erwachsenen entspricht.

Schließlich muß noch auf die zyklische Abfolge von Non-REM- und REM-Schlaf hingewiesen werden, die ebenfalls schon beim Kleinkind zu beobachten ist. Allerdings beträgt die Zyklusdauer beim Einjährigen nur 45-50 Minuten, verlängert sich beim größeren Kind (5-10 Jahre) auf 60-70 Minuten, um schließlich den für Erwachsene typischen Wert von 90 Minuten zu erreichen. Zusammenfassend können wir festhalten, daß wesentliche Elemente des Erwachsenenschlafes bereits im frühen Kindesalter vorhanden sind. Mit fortschreitender Entwicklung beschränkt sich der Schlaf immer mehr auf die Nachtstunden, die Gesamtschlafdauer nimmt allmählich ab, und der REM- Schlafanteil verringert sich von der Hälfte auf weniger als ein Viertel des gesamten Schlafes.

Auf den Schlaf des Erwachsenen jüngeren und mittleren Alters werden wir noch zu sprechen kommen. Hier sei zunächst nur darauf hingewiesen, daß das beschriebene monophasische Schlafmuster nicht immer vorherrschen muß. Während in zentral- und nordeuropäischen Ländern der Mittagsschlaf bei berufstätigen Erwachsenen selten ist, ist er im Mittelmeerraum verbreitet. In jenen südlichen Ländern erlaubt die Siesta, die Stunden der größten Hitze am Mittag und Nachmittag schlafend zu verbringen. In den anschließenden kühleren Abend- und Nachtstunden kann man dann erfrischt und ausgeruht erneut der Arbeit und dem Vergnügen nachgehen. In einer neuen Umfrage des griechischen Schlafforschers Constantin Soldatos in Athen gaben 42 Prozent der Befragten an, mindestens dreimal pro Woche mittags zu schlafen, wobei die Schlafdauer im Durchschnitt etwas mehr als eine Stunde beträgt. Laut Soldatos weist dieses Ergebnis darauf hin, daß auch in Griechenland diese früher weitverbreitete Gepflogenheit

seltener wird, daß also immer mehr Leute freiwillig oder unfreiwillig auf diese Ruhepause verzichten. Klimatische Gegebenheiten können also zur Beibehaltung jenes biphasischen (zweiphasischen) Schlafmusters führen, das für das Kind im Vorschulalter typisch ist. Interessanterweise ist im heutigen China der als Xiu-Xi bezeichnete Mittagsschlaf weit verbreitet. In Fabriken und Büros legen sich Arbeiter und Angestellte nach dem Mittagessen regelmäßig zur Ruhe. »Das arbeitende Volk hat das Recht zu ruhen«, heißt es in Artikel 49 der chinesischen Verfassung. Der Schlafforscher Shiyi Liu, der an der Akademie der Wissenschaften in Shanghai tätig ist und einen längeren Studienaufenthalt in Europa absolviert hat, sagte mir besorgt: »Die Leute hier im Westen schlafen zu wenig. Außerdem vergnügen sich in Deutschland die Studenten mehrmals in der Woche bis in die frühen Morgenstunden in Discos. Wohin wird das führen?«

Ältere Leute schlafen auch bei uns häufig tagsüber. Bei einer Umfrage in der Altersgruppe zwischen 65 und 83 Jahren fand Inge Strauch, Schlafforscherin und Professorin für klinische Psychologie an der Universität Zürich, daß 60 Prozent der Befragten häufig oder immer einen Mittagsschlaf halten. Das vermehrte Schlafen tagsüber ist mit einer Reduktion des Nachtschlafs verbunden. Ob sich aber die gesamte tägliche Schlafzeit im Alter ändert, ist ungeklärt. Das häufige Einnicken älterer Leute während der Tagesstunden und das wiederholte Aufwachen in der Nacht führen zu einem polyphasischen Schlafmuster, das mit dem frühkindlichen Schlafmuster gewisse Ähnlichkeiten hat.

Nicht nur der Schlaf-/Wachzyklus, sondern auch die Schlafstadien und das Schlaf-EEG verändern sich. Ältere Leute verbringen weniger Zeit im Tiefschlaf, und die für dieses Schlafstadium charakteristischen langsamen Wellen (Deltawellen) sind seltener und weniger ausgeprägt. Der REM- Schlaf-Anteil bleibt dagegen bis ins hohe Alter relativ konstant (siehe [Abbildung 3.3](#)).

Mit zunehmendem Alter werden aber auch Schlafstörungen häufiger: Ältere Leute liegen oft lange ohne Schlaf im Bett, müssen nachts häufig aufstehen, um auf die Toilette zu gehen, und erwachen vielfach schon in den frühen Morgenstunden, eine Erscheinung, die scherzhaft als »senile Bettflucht« bezeichnet wird. Dabei fühlen sie sich im allgemeinen ausgeruht und stehen im Gegensatz zu vielen jüngeren Personen gerne früh auf. Das leichte und frühe Aufstehen muß indessen nicht bedeuten, daß alle älteren Leute mit ihrem Schlaf zufrieden sind. Im Gegenteil: Im Alter nehmen, wie schon erwähnt, Klagen über schlechten Schlaf drastisch zu, was sich auch im hohen Schlafmittelverbrauch widerspiegelt. Ob der häufig unterbrochene und subjektiv oft unbefriedigende Nachtschlaf auf einen normalen Alterungsprozeß des Organismus zurückzuführen ist oder ob er als Folge krankhafter Veränderungen betrachtet werden muß, ist schwer zu entscheiden.

[Abb. 3.1: »Schlafendes Kind«. \(Philipp Otto Runge, um 1806\). \(30k JPG file\)](#)

[Abb. 3.2: Im Laufe der Entwicklung beschränkt sich der Schlaf immer mehr auf die Nacht. Der polyphasische \(mehrphasische\) Schlaf nach der Geburt wird im Vorschulalter biphasisch \(zweiphasisch\) und später monophasisch \(einphasisch\). Im höheren Alter kommen Schlafperioden tagsüber wieder häufiger vor. \(24k JPG file\)](#)

[Abb. 3.3: Die Verteilung der Schlafstadien ist abhängig vom Lebensalter. Beim Neugeborenen macht der REM-Schlaf die Hälfte des Gesamtschlafes aus. Schon im Verlauf des ersten Lebensjahres verringert](#)

sich die REM-Schlafzeit drastisch, während die Non-REM-Schlafzeit praktisch gleich bleibt. Im Erwachsenenalter beträgt der REM-Schlafanteil am Gesamtschlaf bloß noch 20-25%. Da die Abbildung auf Befunden beruht, die im Schlaflabor erhoben wurden, ist, im Vergleich zu den aus Umfragen ermittelten Werten, die Gesamtschlafdauer im Erwachsenenalter zu kurz. Es ist auch nicht nachgewiesen, daß die Schlafdauer im höheren Alter kürzer ist als im früheren Erwachsenenalter. Ferner ist zu beachten, daß das Lebensalter logarithmisch dargestellt ist, d. h. daß die Zeit mit zunehmendem Alter immer gedrängter erscheint. (Nach einer revidierten Abbildung von Roffwarg und Mitarbeitern, 1966.) (22k JPG file)

Abb. 3.4: »Gemischte Siesta« (Paul Klee, 1934). (18k JPG file)

Abb. 3.5: Der Schlaf älterer Leute ist nachts häufig unterbrochen. Der Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus wurde bei einem 66jährigen Rentner und bei einem 44jährigen, berufstätigen Mann während eines Monats ununterbrochen aufgezeichnet. Jede waagrechte Linie entspricht einem Tag. Hohe Gipfel tagsüber entsprechen häufigen Körperbewegungen, leere Zwischenräume Ruheperioden. Beim jüngeren Mann (rechts) ist die Tagesaktivität hoch und die Nachtruhe ausgeprägt. Beim älteren Mann (links) sind lange Aktivitätsperioden tagsüber seltener, und die Gesamtaktivität ist besonders in den Abendstunden deutlich vermindert. Dafür sind aber die nächtlichen Ruheperioden häufig von Bewegungen unterbrochen, die zum Teil durch Aufwachen und Aufstehen nachts zustande kommen. Die über den ganzen Monat gemittelte Aktivität ist zuunterst dargestellt. (Aus einer Untersuchung von M. Loepfe.) (43k JPG file)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Frühaufsteher und Nachtmenschen

»Morgenstund' hat Gold im Mund«, sagt das Sprichwort. Seit alters her gilt es als lobenswert und tugendhaft, früh schlafen zu gehen und morgens das Tagwerk früh zu beginnen. »Früh zu Bett und früh wieder auf, gibt gesunden Lebenslauf«, heißt es in einer anderen Volksweisheit. Abends spät aufzubleiben und morgens lange zu schlafen galt vor allem früher als verwerflich und lasterhaft. »Pfui, Langschläferin«, schimpft die Wärterin in Shakespeares Romeo und Julia, als sie Julia noch schlafend vorfindet. Das frühe Zubettgehen wurde nicht nur als moralisch erstrebenswert, sondern auch als besonders gesund angesehen. Professor Theodor Stöckmann, deutscher Lyzeumsdirektor zu Beginn dieses Jahrhunderts, verfocht die These des sogenannten Naturschlafs. Er betrachtete den Schlaf vor Mitternacht als doppelt so erholsam wie den Schlaf nach der Geisterstunde. Er behauptete auch, daß man die Schlafzeit problemlos auf 4-5 Stunden pro Nacht verkürzen könnte, wenn man abends bereits um 7 Uhr zu Bett ginge. Stöckmann und seine Anhänger führten zwar zahlreiche Fallberichte an, um ihre Theorie des Naturschlafs zu stützen, doch ernsthafte wissenschaftliche Untersuchungen fehlen bis heute. Für die immer noch verbreitete Ansicht, der Schlaf vor Mitternacht sei besonders gesund, gibt es demnach keine gesicherten Beweise. Trotzdem ist es nicht belanglos, zu welcher Tages- oder Nachtzeit man schlafen geht. Wir werden in Zusammenhang mit den biologischen Rhythmen auf diese Frage zurückkommen.

Der Stöckmann-Anhänger Georg Alfred Tienes schreibt: »Der Morgen ist die schönste und schicklichste Zeit zur Arbeit, weil wir dann verjüngt, biegsamer, kräftiger, von größter natürlicher Reizsamkeit sind, kurz, mehr jugendliche Wesensart aufweisen.«^[12] Vielleicht gehört der Leser aber gerade zu jenen Menschen, die diesem Lobgesang der Morgenstunde nicht recht folgen können. Leute, die morgens Schwierigkeiten haben aufzustehen und dann »richtig wach« zu werden, werden oft etwas abschätzig als »Morgenmuffel« bezeichnet. Sie fühlen sich auch nach dem Aufstehen noch schlaftrunken, müde und schlapp, haben morgens wenig Appetit und frühstücken, wenn überhaupt, nur spärlich. Während des Vormittags fühlen sie sich immer noch nicht ganz auf der Höhe, bleiben ihren Mitmenschen gegenüber wortkarg und mürrisch. Am Nachmittag bessern sich dann Befinden und Stimmung. Man fühlt sich allmählich leistungsfähiger und dynamischer. Solche Menschen arbeiten am besten am Abend und können oft ohne Schwierigkeiten bis in die frühen Morgenstunden wach und aktiv bleiben.

Der hier beschriebene »Morgenmuffel« wird in der Fachsprache der Schlafforschung als »Abendtyp« bezeichnet. Er steht im Gegensatz zum eindeutigen Morgentyp, der den Vorstellungen von Stöckmann und Tienes am nächsten kommt. Morgentypen erwachen spontan, fühlen sich ausgeruht, stehen ohne Mühe auf und fühlen sich während der Morgen- und Vormittagsstunden am frischesten und leistungsfähigsten. Am Spätnachmittag läßt dann ihre Energie nach, sie werden zunehmend müder und gehen, sofern es die Umstände erlauben, früh zu Bett.

Der englische Schlafforscher Jim Horne hat zusammen mit seinem schwedischen Kollegen Olov Oestberg einen Fragebogen ausgearbeitet, um Morgen- und Abendmenschen zu unterscheiden. Sie teilen dabei die Menschen in fünf Kategorien ein: ausgesprochene Morgen- oder Abendtypen, mäßige Morgen- oder Abendtypen und »Weder-noch«-Typen. In der von diesen Forschern untersuchten Stichprobe gingen die ausgesprochenen Morgentypen um etwa anderthalb Stunden früher zu Bett und standen fast zwei Stunden früher auf als die ausgesprochenen Abendtypen. Auch im Tagesverlauf der Körpertemperatur zeigten sich Unterschiede: Morgentypen erreichten ihr abendliches Temperaturhoch um mehr als eine Stunde früher als die Abendtypen. Die amerikanischen Schlafforscher Wilse Webb und Michael Bonnet kamen zu ähnlichen Ergebnissen und stellten überdies fest, daß die Schlafzeit der Morgentypen weniger variierte und daß diese im Vergleich zu den Abendtypen einen problemloseren, befriedigenderen Schlaf hatten.

Die Schlafforschung befaßt sich erst seit relativ kurzer Zeit mit diesem Fragenkomplex, und die bisherigen Ergebnisse geben noch kein klares Bild. Trotzdem ist es wichtig, die Merkmale von Morgen- und Abendtypen und ihre Verteilung in der Bevölkerung mit wissenschaftlichen Methoden zu untersuchen. Das mag für die eindeutigen Abendtypen besonders tröstlich sein, weil sie in unserer Gesellschaft noch oft auf Unverständnis und leise Ablehnung stoßen; denn ihre Schlafgewohnheit beruht nicht auf »Lasterhaftigkeit«, sondern bildet nur ein Extrem in der statistischen Verteilung der Schlafgewohnheiten.

Die Frage, weshalb es so unterschiedliche Morgen- und Abendtypen gibt, ist allerdings noch ungeklärt. Wir wissen noch nicht, inwieweit die vererbte Veranlagung eine Rolle spielt oder wieweit die sich im Laufe des Lebens ausgebildeten Gewohnheiten ausschlaggebend sind. Immerhin gibt es gewisse Hinweise dafür, daß den erstgenannten Ursachen größeres Gewicht zukommen könnte.

[Abb. 3.6: Entspannung ist für das Einschlafen wichtig. »9 Heures du soir. La Journée du Célibataire.«](#)

[\(Honoré Daumier, 1839\). \(55k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Kurz- und Langschläfer

Napoleon war ein ausgesprochener Kurzschläfer. Er ging abends zwischen 10 und 12 Uhr zu Bett und schlief bis 2 Uhr morgens. Dann stand er auf, war in seinem Arbeitszimmer bis um 5 Uhr tätig und schlief anschließend nochmals bis 7 Uhr. Überliefert ist auch seine Meinung, daß nur Dummköpfe und Kranke mehr Schlaf bräuchten. Zu den berühmten Kurzschläfern, die mit 4-6 Stunden Schlaf auskamen, gehörten auch Edison und Churchill. Der britische Staatsmann pflegte bis 3 oder 4 Uhr morgens zu arbeiten und schlief dann nicht länger als bis 8 Uhr. Allerdings pflegte er nach dem Mittagessen eine zweistündige Siesta zu halten. Auf der anderen Seite finden wir aber auch geniale Langschläfer: Als eines der bekanntesten Beispiele gilt Albert Einstein. Er verbrachte gerne 10 Stunden im Bett und soll auch im Bett wesentliche Aspekte seiner Relativitätstheorie entdeckt haben.

Kurzschläfer sind für die Schlafforschung besonders interessant, da bei ihnen offenbar der dem Schlaf zugeschriebene, aber bislang nicht hinreichend aufgeklärte Erholungsvorgang in relativ kurzer Zeit vor sich geht. Vom spanischen Maler Salvador Dali wird berichtet, daß er, im Lehnstuhl sitzend, einen Zinnteller neben sich auf den Fußboden stellte, einen Löffel zwischen Daumen und Zeigefinger nahm und sich dann zurücklehnte. Sobald er einnickte, lösten sich die Finger, der Löffel fiel auf den Teller, und Dali erwachte. Der während dieses Augenblicks zwischen Einnicken und Erwachen genossene Schlaf soll so erfrischend gewesen sein, daß sich der Maler ausgeruht und munter erhob. Ein wahrlich surrealistischer Erholungsschlaf!

Behauptungen über besonders kurzen oder völlig fehlenden Schlaf bedürfen einer sorgfältigen Überprüfung. Der schottische Schlafforscher und Psychiater Ian Oswald berichtete kürzlich von einem Mann, der behauptet hatte, zehn Jahre nicht mehr geschlafen zu haben. Der Mann führte seine Schlaflosigkeit auf einen Autounfall zurück, und wurde für diese »gesundheitliche Störung« von der Versicherung großzügig entschädigt. Bei einer mehrtägigen Überprüfung seines Zustandes im Schlaflabor, wo er sich in Begleitung seiner Frau aufhielt, schlief er tatsächlich nur insgesamt 20 Minuten. Am vierten Tag war er aber offensichtlich so schläfrig, daß er kaum mehr die Augen offen halten konnte. Nachdem er sich auch noch in der folgenden Nacht bis sechs Uhr wachgehalten hatte, schlief er laut schnarchend, bis er nach zweieinhalb Stunden von seiner Frau geweckt wurde. Doch selbst dann wollte er unbedingt weiterschlafen. Offensichtlich handelte es sich hier um einen Kurzschläfer, der, um die laufende Entschädigung der Versicherung zu erlangen, jahrelang mit Erfolg völlige Schlaflosigkeit vorgetäuscht hatte.

Neben solchen unwahren Behauptungen gibt es aber auch tatsächlich überprüfte Fälle von extremem Kurzschlaf. Henry Jones und Ian Oswald untersuchten in Australien zwei gesunde, dreißig- und vierundfünfzigjährige Männer, die behaupteten, nicht mehr als drei Stunden pro Nacht zu schlafen. Beide führten ein aktives Berufsleben und machten den Eindruck von tatkräftigen Menschen. Die sechs bis sieben Nächte im Schlaflabor ergaben tatsächlich eine Schlafzeit von weniger als drei Stunden pro Nacht. Der Tiefschlaf (Stadium 3 und 4) machte dabei 50 Prozent der Schlafzeit aus, der REM-Schlaf,

der schon kurz nach dem Einschlafen auftrat, betrug rund ein Viertel.

Über einen noch extremeren Fall von Kurzschlaf berichteten der englische Schlafforscher Ray Meddis und seine Mitarbeiter: Eine siebzigjährige pensionierte Krankenschwester gab an, mit nur einer Stunde Schlaf pro Nacht auszukommen. Sie fühle sich einfach nicht müde und verbringe die Nachtzeit mit Schreiben und Malen. In zwei Versuchsserien wurde sie während jeweils drei bzw. fünf Tagen im Schlaflabor untersucht. Man begleitete sie tagsüber, um auszuschließen, daß sie sich schlafen legte. Auch in dieser Untersuchung bestätigten die Registrierungen den extremen Kurzschlaf. Der Tiefschlaf nahm wiederum fast die Hälfte der Schlafzeit ein, was im Hinblick auf das fortgeschrittene Alter der Versuchsperson äußerst ungewöhnlich ist. Der REM-Schlafanteil lag indessen unter der Norm. Im Bericht wird betont, daß die Frau während beider Versuchsserien bei bester Laune gewesen sei. Irgendwelche Schlafentzugserscheinungen seien nicht festzustellen gewesen.

Wir haben bisher extreme Fälle von Kurzschlaf kennengelernt. Wie verbreitet ist aber der Kurzschlaf in der Bevölkerung? [Abbildung 3.7](#) zeigt, wie sich die Schlafdauer verteilt. Die Säulendarstellung basiert auf einer Umfrage unter mehr als 800 000 Amerikanern, die über dreißig Jahre alt waren. Dabei ist wichtig festzuhalten, daß nur subjektive Angaben vorlagen und diese nicht durch objektive Verfahren überprüft werden konnten. Auf tausend befragte Personen kam nur eine einzige, die weniger als vier Stunden schlief, während vier Personen zwischen vier und fünf Stunden schliefen. Auf der anderen Seite fanden sich auf tausend Personen sechzehn, die mehr als zehn Stunden schliefen. Der Gipfel der Verteilung liegt bei einer Schlafdauer von acht bis neun Stunden, die von 45 Prozent der Befragten angegeben wurde. Bei etwa einem Drittel lag die Schlafdauer zwischen sieben und acht Stunden. Auch in einer neueren französischen Umfrage (bei 800 Personen) war die am häufigsten angegebene Schlafdauer acht bis achteinhalb Stunden. Unterschiede der Schlafdauer findet man übrigens nicht nur bei Erwachsenen. In einer von der Universitätskinderklinik Zürich durchgeführten Untersuchung variierte beispielsweise der Schlaf von fünfjährigen Kindern zwischen acht und fünfzehn Stunden. Wie kommt es zu diesen beträchtlichen Unterschieden? Eine finnische Arbeitsgruppe ist kürzlich der Frage nachgegangen, ob Erbfaktoren für die Schlafdauer verantwortlich sein könnten. Die Untersuchung erfaßte über 2000 eineiige Zwillinge, bei denen das Erbmaterial identisch ist, und mehr als 4000 zweieiige Zwillinge, die über unterschiedliches Erbmaterial verfügen. Es ergab sich, daß Erbfaktoren die Schlafdauer und sogar die subjektiv beurteilte Schlafqualität in statistisch signifikanter Weise mitbestimmen. Eineiige Zwillinge zeigten auch dann ähnliche Werte, wenn sie nicht zusammenlebten.

Was bisher über die Schlafdauer ausgesagt wurde, stützt sich auf Durchschnittswerte. Dabei wurden Schwankungen vernachlässigt, die bei ein und demselben Individuum auftreten. Aus eigener Erfahrung wissen wir aber sehr wohl, daß wir nicht immer gleich lang schlafen. Nicht nur äußere Umstände erlauben uns zuweilen viel (z. B. an Wochenenden oder im Urlaub) oder auch nur sehr wenig Schlaf (z. B. während Vorbereitungen auf Prüfungen oder der Pflege eines Kranken), sondern auch innere Faktoren sind wichtig. Aber auch Stimmungsschwankungen können den Schlaf stark beeinflussen: Immer wieder hört man, daß Leute, wenn es ihnen gut geht und sie ein Stimmungshoch haben, mit weniger Schlaf auskommen als in Zeiten schlechterer Stimmungslage. Überspitzt formuliert könnte man sagen, daß in jedem von uns ein potentieller Kurz- und Langschläfer steckt.

Wenden wir uns nun noch der Schlafstruktur von Kurz- und Langschläfern zu. Den damit verbundenen Fragen ist besonders die Pariser Physiologin und Schlafforscherin Odile Benoit nachgegangen. Der

auffälligste Befund war, daß Langschläfer trotz der langen Schlafdauer weniger Zeit im Tiefschlaf (Stadium 3 und 4) verbrachten als Kurzschläfer. Andererseits waren es gerade die Langschläfer, die auf Schlafentzug mit einer besonders ausgeprägten Verlängerung des Tiefschlafs im ersten Schlafzyklus reagierten. Diese Unterschiede lassen sich erklären, wenn wir berücksichtigen, daß Langschläfer den wichtigen Tiefschlaf offenbar vor allem zu Schlafbeginn erreichen können. Sie müssen ihn später, während der langen Schlafzeit, in »verdünnter« Form (d. h. als Stadium 2) absolvieren. Kurzschläfer können dagegen längere Zeit im Tiefschlaf verbringen und es ist für sie damit schon nach einer kürzeren Schlafperiode möglich, ihr »Pensum« zu erfüllen.

Werfen wir nun noch einen Blick auf eine faszinierende Untersuchung, die allerdings mehr Fragen aufwirft, als sie beantwortet. Es geht um den Zusammenhang zwischen Schlafdauer und Gesundheit. Obwohl seit alters her dem Schlaf eine gesundheitsfördernde Wirkung zugeschrieben wird, wurde diese Annahme bisher noch kaum wissenschaftlich untersucht. Kürzlich wurden nun von dem kalifornischen Forscher und Psychiater Dan Kripke und seinen Mitarbeitern Ergebnisse veröffentlicht, die mit dieser Frage in Zusammenhang stehen. Die Befunde basieren auf einer in den Jahren 1959/60 von der amerikanischen Krebsgesellschaft durchgeführten Umfrage bei mehr als einer Million Menschen. Alle Altersgruppen von Erwachsenen über dreißig Jahren wurden erfaßt. Obwohl die Untersuchung nicht eigentlich den Schlaf zum Thema hatte, wurde doch auch nach der Schlafdauer, dem Gebrauch von Schlafmitteln und nach eventuellen Schlafstörungen gefragt. Sechs Jahre nach dieser Erhebung wurde ermittelt, wieviele der Befragten inzwischen verstorben waren und was ihren Tod verursacht hatte. Es zeigte sich ein überraschender Zusammenhang zwischen Schlafdauer und Sterblichkeit (siehe [Abbildung 3. 8](#)). Bei den Personen, die sieben bis acht Stunden schliefen, war die Sterblichkeitsrate am geringsten, sie stieg sowohl bei der Personengruppe mit kürzerer als auch längerer Schlafdauer deutlich an. (Die Sterblichkeitsrate ist der Quotient zwischen beobachteter und aufgrund der Bevölkerungsstatistik erwarteter Sterblichkeit). Auf der Abbildung sind die Ergebnisse auf die Kategorie mit der niedrigsten Sterblichkeitsrate (Personen, die sieben bis acht Stunden schlafen) bezogen. Bei extremen Langschläfern (mehr als zehn Stunden Schlaf) war die Sterblichkeitsrate eineinhalb bis zweimal höher und bei extremen Kurzschläfern (weniger als vier Stunden Schlaf) sogar fast zweieinhalbmal höher als bei Personen, die sieben bis acht Stunden schliefen. Der Leser wird wahrscheinlich nun die Frage stellen, auf welchen Todesursachen die erhöhte Sterblichkeit beruht. Die überraschende Antwort: Fast alle Todesursachen traten häufiger auf. Kurz- und Langschläfer starben vermehrt an Herzkrankheiten, Krebs oder Selbstmord. Nur nebenbei sei erwähnt, daß die Sterblichkeitsrate bei Personen, die häufig Schlafmittel nahmen, um 50 Prozent höher lag als bei denen, die nie Schlafmittel benützten.

Wie sind diese Ergebnisse zu interpretieren ? Wie eine andere Untersuchung ergab, führen Leute, die weniger als sieben oder mehr als acht Stunden schlafen, keineswegs einen ungesünderen Lebenswandel (gemeint sind Rauchen, Alkoholgenuß, Übergewicht, ungenügende körperliche Betätigung) als ihre sieben bis acht Stunden schlafenden Mitbürger. Es läßt sich aber nicht ausschließen, daß äußere (z. B. Streß, Schichtarbeit) oder innere Primärursachen (z. B. beginnende Erkrankungen) den Schlaf beeinflussen und zu einer erhöhten Sterblichkeitsrate führen. Zwischen Schlafdauer und Sterblichkeitsrate muß also kein ursächlicher Zusammenhang bestehen. Daß solche äußeren und inneren Primärursachen sowohl besonders kurzen als auch besonders langen Schlaf bewirken sollen, ist allerdings nicht ohne weiteres verständlich. Es kann daher nicht ausgeschlossen werden, daß doch auch eine durch den Schlaf verursachte, noch unbekannte Wirkung der körperlichen und seelischen Gesundheit förderlich ist, daß aber sowohl ein zuwenig als auch ein zuviel dieses Einflusses negative

Auswirkungen hat.

[Abb. 3.7: Wie lange schläft man? Die meisten Menschen schlafen 7-9 Stunden. Die Darstellung beruht auf einer Umfrage bei fast 1 Million Erwachsenen. Die Schlafdauer von 8-9 Stunden wurde am häufigsten genannt, 7-8 Stunden etwas seltener. Nur ein kleiner Bruchteil der Befragten gab an, weniger als 4 Stunden oder mehr als 10 Stunden zu schlafen. \(Nach einer Arbeit von Kripke und Mitarbeitern, 1979.\) \(19k JPG file\)](#)

[Abb. 3.8: Sterblichkeitsrate. Die Sterblichkeitsrate ist am geringsten bei Leuten, die 7-8 Stunden schlafen. Sie nimmt bei kürzerer oder längerer Schlafdauer progressiv zu. \(Nach einer Arbeit von Kripke und Mitarbeitern, 1979.\) \(40k JPG file\)](#)

| [Inhalt](#) | [Nächstes Kapitel](#) | [Kapitelfanfang](#) | [Vorwärts](#) | [Zurück](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély - Kapitel 4

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Träumen

Wenn ein Mensch im Traum das Paradies durchwanderte,
und man gäbe ihm zum Beweis,
daß er darin gewesen ist, eine Blume mit
und er sähe beim Aufwachen diese Blume in seiner Hand
was wäre daraus zu schließen?

S. T. Coleridge

Träume haben den Menschen seit jeher fasziniert und beunruhigt. Mit der Entdeckung des REM- Schlafs und den damit verbundenen Traumerlebnissen hat eine neue Ära der Traumforschung begonnen. Aber die reduktionistische Methode der Naturwissenschaft birgt die Gefahr einer zu einfachen Interpretation der Ergebnisse in sich, von der auch die Traumforschung nicht verschont geblieben ist. Wir werden uns in diesem Kapitel zunächst mit einigen allgemein beschreibenden Aspekten des Traumes befassen, um dann Fragen nach der Entstehung und dem Sinngehalt von Träumen anzugehen. Dabei werden wir uns nicht auf die experimentelle Forschung beschränken können, sondern das Thema in einem weiteren Kontext betrachten.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Der »gewöhnliche« Traum

Wenn wir von Träumen reden, kommen uns in erster Linie die ungewöhnlichen, phantastischen Eigenschaften des Traumgeschehens in den Sinn. Im Traume begegnen uns Personen, die längst verstorben sind. Wir befinden uns unversehens in fernen Ländern. Tiere sprechen zu uns, und wir selbst sind im Besitz von Fähigkeiten, die uns im Wachen völlig unmöglich erscheinen. Würde uns jemand von ähnlichen Erlebnissen im Wachen berichten, so müßten wir an seinem Verstand zweifeln.

Versuchen wir vorerst die wichtigsten Eigenschaften des Traumes näher zu umschreiben. Der Träumer befindet sich in einer Umgebung, die oft plötzlich in eine andere übergeht, sich zuweilen aber auch allmählich ändert. Szenen und Personen aus der Vergangenheit tauchen auf. Das Raum- Zeit-Gefüge ist im Traum offenbar gelockert. Eine weitere, wichtige Eigenheit des Traumes ist sein zwingender Charakter. Unsere Aufmerksamkeit wird von bestimmten Handlungen oder Objekten gefangen genommen, wir können uns von ihnen nicht lösen, um unser Augenmerk auf etwas anderes zu richten. Der amerikanische Schlafforscher Allan Rechtschaffen sagte paradox, aber treffend, dem Traum mangle es an Phantasie. Im Traume kommen uns nicht wie bei Tätigkeiten im Wachen andere Dinge in den Sinn. Die Traumbilder füllen den Traum völlig, und es bleibt kein Platz für andere »Träumereien«. Diese »Eingleisigkeit« des Traumes bewirkt die eigentümliche Abgeschlossenheit seiner Welt. Obschon andere Personen vorkommen, sind wir im Traum doch grundlegend allein und können niemandem unsere Erfahrungen mitteilen. Wir sind dem Erlebten unmittelbar ausgesetzt, können es nicht überdenken oder kritisch werten. Dies führt dazu, daß wir die unglaublichsten Begebenheiten ohne Überraschung hinnehmen und uns im Traume nicht an den Kopf greifen und sagen: »Das ist doch unmöglich!«

Der folgende Traumbericht aus dem alten China illustriert treffend die paradoxe Geschlossenheit der Traumwelt:

Ich, Chuang Tzu, träumte einmal, ich sei ein Schmetterling, der hierhin und dahin flatterte, in jeder Beziehung und Hinsicht ein Schmetterling. Ich war mir nur über mein Schmetterlings-Dasein bewußt und nicht über meine menschliche Existenz. Plötzlich erwachte ich und lag nun da, wiederum als das gewohnte Ich. Ich weiß jetzt aber nicht, ob ich ein Mensch war, der träumte, er sei ein Schmetterling, oder ob ich ein Schmetterling bin, der träumt, er sei ein Mensch. [13]

Im allgemeinen entschwindet die Traumwelt nach dem Erwachen und hinterläßt höchstens eine blasse Erinnerung. Oft wissen wir morgens nur noch, daß wir geträumt haben, aber des Inhaltes entsinnen wir uns nicht. Bedenkt man, daß jede Nacht ein bis zwei Stunden im REM-Schlaf verbracht werden, in welchem Traumerlebnisse sehr häufig sind, dann ist es beeindruckend, in welchem Ausmaße die Erinnerung an dieses Geschehen verloren geht. Doch selbst wenn wir aus einem Traum erwachen und die eben im Traum erlebten Bilder noch deutlich vor Augen haben, ist eine getreue Beschreibung schwierig und bleibt meist unbefriedigend. Auch wenn wir den Ablauf des Traumes wirklichkeitsnahe wiederzugeben vermögen, ist es gewöhnlich nicht möglich, sich die eigentümliche Traumatmosfera zu vergegenwärtigen und diese anderen Personen zu vermitteln. Der Dichter Carl Spitteler sagte: »Träume lassen sich ja überhaupt nicht erzählen; sie zerrinnen, wenn der nüchterne Verstand sie mit Worten anfaßt.« [14]

Wie ist nun der Durchschnittstraum beschaffen? Wovon träumt der einfache »Mann von der Straße«? Nietzsche irrte, als er schrieb: »Man träumt gar nicht - oder interessant.« [15] Träume sind in den meisten Fällen banal und uninteressant. Diese Erkenntnis beruht auf ausgedehnten Analysen der amerikanischen Forscher Hall, Van de Castle und Snyder. Hall untersuchte die zu Hause niedergeschriebenen Traumberichte von 1000 Personen, Snyder die Traumberichte von 650 Personen, die im Schlaflabor aus dem REM-Schlaf geweckt wurden. Die Untersuchungen dieses ansehnlichen Traummaterials zeigten, daß nur ein kleiner Teil der Träume jene bizarren und phantastischen Züge trug, die wir gewöhnlich den Traumvorgängen zuschreiben. Offensichtlich sind es gerade diese seltenen Träume, die uns in

Erinnerung bleiben, während wir die gewöhnlichen Träume vergessen. Die genannten Studien ergaben aber auch andere interessante Ergebnisse: So zeigte es sich, daß in den allermeisten Träumen mindestens eine schon bekannte Person vorkommt. In ungefähr einem Drittel aller Träume sind die Personen oder der Träumende selbst irgendwie tätig, indem sie sprechen, zuhören oder zuschauen, in einem weiteren Drittel bewegen sie sich gehend oder fahrend. Körperliche Aktivität ist meistens nicht, wie im Wachleben, mit Mühsal verbunden, sondern geht leicht und mühelos vor sich. Im Unterschied zum Wachzustand kommen Routine-Tätigkeiten wie Putzen, Handarbeit oder Maschinenschreiben im Traume selten vor. Die Träume haben mehr negative als positive Inhalte. Unglück, Mißerfolg und Versagen sind häufiger als Glück und Erfolg. Aggressive Begegnungen kommen öfters vor als freundliche Kontakte. Aber sogar bei sehr aufregenden Vorgängen sind die begleitenden Gefühle auffällig gedämpft und entsprechen in ihrer geringen Intensität keineswegs der Dramatik der Situation. Aus mehr als einem Drittel der Träume wird über Furcht und Angst berichtet, während erfreuliche Gefühlsregungen seltener sind.

Kinder schrecken hin und wieder aus Angstträumen auf und haben dann Mühe, wieder einzuschlafen. Wie wir bereits gesehen haben, ist ihr REM-Schlafanteil höher als derjenige Erwachsener. Wovon träumen Kinder? Dieser interessanten, aber auch anspruchsvollen Frage ist der amerikanische Schlaf- und Traumforscher David Foulkes nachgegangen, indem er Traumberichte von Kindern verschiedener Altersklassen systematisch sammelte und untersuchte. Bei kleinen Kindern ist es besonders schwierig, einen verlässlichen Traumbericht zu erhalten. Ein Problem besteht darin, daß nicht immer eindeutig feststellbar ist, ob das Kind Traumerlebnisse von wachen Erlebnissen zu unterscheiden vermag. Hinzukommt, daß die ohnehin schwierige sprachliche Mitteilung eines Traumes durch das begrenzte Ausdrucksvermögen des Kindes noch problematischer wird.

Die unterste, von Foulkes systematisch untersuchte Altersklasse umfaßt Drei- bis Vierjährige. Von diesen Kindern waren in der Regel nur kurze Traumberichte zu erhalten, die wenig bewegt und gefühlsbetont waren. Oft ging es im Traum um Spiele in bekannter Umgebung, häufig kamen Tiere vor. In der Gruppe der Fünf- bis Sechsjährigen, die bereits im Kindergartenalter waren, ergaben sich doppelt so lange Traumberichte wie bei den Jüngeren. Im Traum war mehr Bewegung und Aktivität enthalten, die vorkommenden Personen waren vor allem Familienmitglieder und Bekannte. Die Rolle des Träumers selbst war jedoch auffällig passiv. Interessanterweise zeigten sich in diesem Alter Unterschiede zwischen Träumen von Mädchen und Buben: Freundliche Kontakte, angenehme Gefühle und ein »Happy-End« des Traumes waren bei Mädchen häufiger, unangenehme und konflikthafte Themen bei den Buben. Diese Unterschiede waren bei sieben- bis achtjährigen Kindern nicht mehr nachzuweisen.

Im Vergleich zur jüngeren Altersklasse wurde der Träumende im frühen Schulalter häufiger selbst die handelnde Hauptperson. Im Alter von neun bis zwölf Jahren (Präadoleszenz) spielten Träume im allgemeinen zu Hause, im Freien oder in der Schule. Die beteiligten Personen waren Familienmitglieder oder Spielkameraden, und bei Buben kamen häufig unbekannte Personen männlichen Geschlechts vor. Im Vergleich zu jüngeren Altersklassen waren angenehme Gefühle häufiger. Bei den älteren Buben kamen aggressive Träume doppelt so oft vor wie bei den Mädchen. In der Adoleszenz (Dreizehn- bis Fünfzehnjährige) war ein angenehmer Inhalt von Träumen wieder weniger häufig (besonders bei Buben), und die bizarren Züge nahmen zu. Familienmitglieder kamen seltener vor.

Insgesamt geht aus diesen Untersuchungen hervor, daß, entgegen oft geäußerten Vermutungen, Träume von Kindern nicht überwiegend beunruhigend und angsterregend sind. Ihre Veränderungen vom

Kleinkindalter bis zur Adoleszenz spiegeln offenbar kognitive Entwicklungsstufen auf dem Hintergrund der realen Lebenssituation (Elternhaus, Schule, Entwicklung der persönlichen und geschlechtlichen Identität) wider.

[Abb. 4.1: »Traum« \(M.C. Escher\) \(72k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Gibt es einen »Traum-Schlaf«?

Bis zur Entdeckung des REM-Schlafes war die Traumforschung auf Traumberichte angewiesen, die der Schläfer morgens nach dem Erwachen aufzeichnete. Erst die Erkenntnis, daß in einem großen Teil der REM-Schlaf-Episoden geträumt wird, brachte für die experimentelle Traumforschung einen ungeheuren Aufschwung. Ein esoterisches Interessengebiet, die Domäne weniger Spezialisten, war gleichsam über Nacht zu einem neuen Forschungsobjekt geworden, das mit wissenschaftlichen Methoden untersucht werden konnte. Diese Entwicklung wurde vor allem durch die neue Möglichkeit gefördert, Traumberichte unmittelbar aus dem Traumgeschehen zu erhalten. Zur Überraschung vieler, die überzeugt gewesen waren, selten oder nie zu träumen, stellte es sich heraus, daß jeder Mensch während der Nacht mehrmals träumt. Fragen, wie etwa nach der Traumdauer, die hitzige Dispute ausgelöst hatten, konnten nun experimentell geklärt werden.

In der älteren Literatur wurde vielfach die Meinung vertreten, in Wirklichkeit spiele sich auch ein langer Traum innerhalb von Sekundenbruchteilen ab. Diese Ansicht wurde durch bestimmte Traumberichte unterstützt, wie jenen von Maury, der von Sigmund Freud folgendermaßen beschrieben wird:

Er (Maury) war leidend und lag in seinem Zimmer zu Bett; seine Mutter saß neben ihm. Er träumte nun von der Schreckensherrschaft zur Zeit der Revolution, machte greuliche Mordszenen mit und wurde dann endlich selbst vor den Gerichtshof zitiert. Dort sah er Robespierre, Marat, Fouquier-Tinville und alle die traurigen Helden jener gräßlichen Epoche, stand ihnen Rede, wurde nach allerlei Zwischenfällen, die sich in seiner Erinnerung nicht fixierten, verurteilt und dann von einer unübersehbaren Menge begleitet, auf den Richtplatz geführt. Er steigt aufs Schafott, der Scharfrichter bindet ihn aufs Brett; es kippt um; das Messer der Guillotine fällt herab; er fühlt, wie sein Haupt vom Rumpfe getrennt wird, wacht in der entsetzlichsten Angst auf und findet, daß der Bettaufsatz herabgefallen war und seine Halswirbel, wirklich ähnlich wie das Messer einer Guillotine, getroffen hatte. [16]

Dieser Bericht ließ vermuten, daß das äußere Ereignis - das Herabfallen des Bettaufsatzes - den Traum ausgelöst hatte, der dann innerhalb von Sekundenbruchteilen und gleichsam rückwirkend vor sich gegangen wäre.

Wenige Jahre nach der Entdeckung des REM-Schlafes machten sich Dement und Mitarbeiter daran, die tatsächliche Traumdauer zu untersuchen. Sie weckten Versuchspersonen entweder gleich nach Beginn einer REM-Schlaf-Episode oder erst nach längerem REM-Schlaf. Dabei ergab sich, daß die Länge der Traumberichte der Dauer des REM-Schlafs entsprach. Frühe Weckungen ergaben kurze, späte Weckungen lange Träume. Nach sehr langen REM-Schlaf-Episoden (30-50 Minuten) hatte die

Versuchsperson zwar das Gefühl, ungewöhnlich lange geträumt zu haben, ihr Traumbericht war indessen nicht länger als bei einer Weckung nach 15 Minuten REM-Schlaf. Offenbar beginnt der Traum im Laufe einer längeren Episode bereits aus dem Gedächtnis zu entschwinden. In anderen Versuchen besprühten Dement und Wolpert den Schläfer mit einem feinen Wasserstrahl, um auf diese Weise im Traum eine Marke zu setzen. Dieser Sinnesreiz wurde bei einem Teil der Versuchspersonen tatsächlich in den Traum eingebaut, wie aus dem folgenden Traumbericht ersichtlich ist:

Ich schritt hinter der vorangehenden Dame einher, als sie plötzlich zusammenbrach und Wasser auf sie tropfte. Ich rannte zu ihr hinüber und Wasser tropfte auf meinen Rücken und Kopf. Das Dach war leak. Ich war sehr erstaunt, daß sie zu Boden gestürzt war und folgerte, daß Mörtel auf sie gefallen sein mußte. Ich schaute hinauf und da war ein Loch im Dach. Ich zog sie hinüber auf die Seite der Bühne und begann, die Vorhänge zu ziehen. Da erwachte ich. [17]

Die Zeitdauer zwischen dem Sinnesreiz und dem Aufwecken wurde auch hier mit dem Traumbericht verglichen. Wiederum ergab sich, daß das Traumgeschehen ungefähr der realen Zeit entsprach.

Eine weitere, naheliegende Frage war, ob sich der Traumvorgang in irgendwelchen meßbaren Körperfunktionen äußert. Stehen zum Beispiel die raschen Augenbewegungen des REM-Schlafs mit dem Trauminhalt in Zusammenhang? Erste Befunde von Dement schienen diese Vermutung zu bestätigen. Er beschrieb einen Versuch, in welchem nach einer langen Sequenz von Augenbewegungen mit regelmäßig wechselnder Blickrichtung die Versuchsperson geweckt wurde. Diese berichtete, im Traum einem Ping-Pong-Spiel mit einem längeren Schlagabtausch zugeschaut zu haben. Aus anderen Untersuchungen ergab sich indessen kein solcher Zusammenhang zwischen Augenbewegungen und Trauminhalt. Daher erscheint eine direkte Beziehung zwischen diesen Vorgängen eher unwahrscheinlich. Rasche Augenbewegungen, die sowohl für Säuglinge als auch für Tiere typisch sind, scheinen vielmehr ein Teil sogenannter phasischer Vorgänge des REM-Schlafs zu sein, zu denen auch plötzliche Zuckungen der Finger oder Blutdruckänderungen gehören. Rückschlüsse von meßbaren körperlichen Vorgängen auf das Traumgeschehen sind bis heute nicht möglich.

Bei Freud lesen wir, daß der traumlose Schlaf der beste, der einzig richtige sei. Aber gibt es einen traumlosen Schlaf und einen »Traum-Schlaf« ? Auch von Schlafforschern wird der REM-Schlaf zuweilen etwas ungenau als »Traum-Schlaf« bezeichnet, da in etwa 80 Prozent der Weckungen aus diesem Stadium Träume berichtet werden. Experimentelle Untersuchungen zeigten aber, daß das eine unzulässige Vereinfachung ist. Traumberichte gibt es nämlich auch in bis zu 74 Prozent der Weckungen aus dem Non-REM-Schlaf.

Allerdings scheinen sich die Träume in den beiden Stadien zu unterscheiden: Traumberichte aus dem REM-Schlaf sind im allgemeinen lebhafter, bizarrer, komplexer und gefühlsbetonter als solche aus dem Non-REM-Schlaf, in welchem eher rationale, realistische und Gedanken-ähnliche Erlebnisse vorkommen. Beurteiler von Traumberichten, die über die Schlafstadien nicht Bescheid wußten, konnten allein aufgrund der Trauminhalte Berichte aus dem REM-Schlaf von solchen aus dem Non-REM-Schlaf unterscheiden. Der amerikanische Schlaf- und Traumforscher John Antrobus meint indessen, daß sich Traumberichte aus den beiden Schlafstadien vor allem in ihrer Länge, nicht aber im Inhalt unterscheiden. Nach Antrobus bieten die längeren Berichte aus dem REM-Schlaf mehr Gelegenheit für farbige Begebenheiten als die kurzen Non-REM-Berichte. Diese Unterschiede in der Länge der Traumberichte

könnten darauf beruhen, daß die Erinnerungsfähigkeit nach Erwachen aus dem REM-Schlaf besser ist als nach Erwachen aus dem Non-REM-Schlaf.

Die Beziehung zwischen Traum und Schlafstadium bietet einen weiteren interessanten Aspekt: Traum-ähnliche Erlebnisse kommen nämlich nicht nur während des eigentlichen Nachtschlafs, sondern auch beim Einschlafen und Aufwachen vor. Robert Musil beschreibt in den Tagebüchern das eigentümliche Hin und Her zwischen der Gedanken- und Traumwelt beim Erwachen:

Traumdenken. Frühmorgens wieder an mir beobachtet, leider das meiste vergessen. Es ist halb geträumt, halb gedacht. Geträumt, aber nicht ohne willentliche oder tagartige Leitung.

Es war irgend etwas mit Nikotin. Ich war wach geworden und hatte unter irgendeinem physiologischen Eindruck mich mit der Absicht beschäftigt, einen Tag wenig zu rauchen. Dann glitt das wieder in den Halbschlaf zurück, und dann, plötzlich wieder klar geworden, scheinbar von dem Interesse selbst geweckt, wollte ich mir etwas merken. Es war ein fürchterliches Wort für Nikotinwirkung; Stunden danach ist mir nur die Vorstellung eines aus Drähten oder Fäden bestehenden Körpermodells, wie im Geometrieunterricht, in Erinnerung, von dem wohl das Gehirn durchsetzt war, und ein Wort dafür, das von furchtbarer Eindringlichkeit war.

Ich glaube, schon die erste Erinnerung daran war nicht anders; ich erwischte nur noch den Schwanz oder das Kielwasser, wie ich das kenne. [18]

Die psychischen Veränderungen während des Einschlafvorgangs wurden von den Amerikanern Gerald Vogel und David Foulkes eingehend untersucht. Verschiedene Phasen lassen sich unterscheiden. Als erstes ist ein Verlust der Kontrolle über den Gedankenablauf zu beobachten. Im Wachen denken wir über dies und jenes nach und lenken unsere Gedanken dabei in eine gewollte Richtung. Beim Einschlafen schweifen die Gedanken ab und schlagen eigene Wege ein. Weckt man eine Versuchsperson aus einer späteren Phase des Einschlafens, so beobachtet man, daß ihre Orientierung in Raum und Zeit nicht mehr vorhanden ist. Der Schläfer ist sich also nicht mehr bewußt, jetzt um 11.00 Uhr abends in seinem Bett zu liegen. In einer noch späteren Einschlafphase treten dann erste, eigentliche Traumbilder auf, bei denen die Einsicht fehlt, daß das Erlebte nicht der Wirklichkeit entspricht. Traumberichte aus der Einschlafphase sind jenen aus dem REM-Schlaf so ähnlich, daß sie nicht auseinandergehalten werden können.

Das Traumerleben ist also keineswegs auf den REM-Schlaf beschränkt, sondern kommt auch während des Einschlafens, Aufwachens und im Non-REM-Schlaf vor. Man kann nun noch einen Schritt weitergehen und fragen, ob traumartige Vorgänge nicht auch im Wachen möglich sind. Wenn wir tagsüber entspannt und mit geschlossenen Augen sitzen oder liegen, beginnen unsere Gedanken zu wandern. Dabei können wir uns so sehr in unsere Vorstellungen und Phantasien verlieren, daß wir uns gar nicht mehr bewußt sind, wo wir uns befinden. Es gibt tatsächlich Hinweise, daß Tag- und Nachträume in ihrer Art und in ihrem Inhalt ähnlich sind. Traum- und Wachbewußtsein scheinen sich demnach nicht grundsätzlich voneinander zu unterscheiden. Nach »innen« gerichtetes Denken und Vorstellungen, die traumähnlichen Charakter besitzen, kommen auch im Wachen vor und können beispielsweise die spielerische und künstlerische Phantasie mitbestimmen.

Zum Schluß dieses Abschnitts wollen wir noch kurz auf den Alptraum eingehen. Er ist ein angsterfülltes Traumerleben, das sich gewöhnlich in der zweiten Nachthälfte im REM-Schlaf abspielt und mit einem plötzlichen Aufschrecken endet. Man erinnert sich an den Traum, weiß aber, daß es nur ein Traum war. Anders verhält es sich beim sogenannten Pavor Nocturnus, der in der Tiefschlafphase des Non-REM-Schlafes vorkommt. Der Träumende schreckt mit einem markerschütternden Schrei aus dem Schlaf und sitzt dann, rasch atmend, schweißbedeckt und angsterfüllt im Bett. Selbst nach dem Erwachen ist er noch nicht ganz bei sich und kann das Traumerlebnis nicht mitteilen. Bei Kindern kann es fünf bis zehn Minuten dauern, bis sie sich vom Schreckerlebnis beruhigen. Morgens ist die Erinnerung an dieses Vorkommnis verschwunden. Beide Arten von Angstträumen zeigen typische Unterschiede, die für das Erwachen aus dem REM-Schlaf und aus der Tiefschlafphase des Non-REM-Schlafes charakteristisch sind. Erwacht man aus einer REM-Schlafepisode, so ist man sofort präsent und orientiert. Dem Erwachen aus dem Tiefschlaf folgt dagegen eine Phase der Schlaftrunkenheit, mangelnder Orientierung und eingeschränkter Erinnerungsfähigkeit.

[Abb. 4.2: »Der Traum« \(Pablo Picasso, 1932\) \(50k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Träume - Sinn oder Unsinn?

Ist der Traum bloß eine Sinnestäuschung oder enthüllt er bedeutungsvolle Sinnzusammenhänge? Seit sich Denker mit dieser Frage beschäftigen, gibt es überzeugte Anhänger beider Auffassungen. Wir könnten meinen, Sigmund Freud zu vernehmen, wenn schon Plato sagt: »... daß also eine heftige, wilde und gesetzlose Art von Begierden in einem jeden wohnt, und wenn auch einige von uns noch so gemäßigt erscheinen; und dieses nun eben wird in Träumen offenbar.«^[19] Aristoteles sieht in den Träumen lediglich das Fortbestehen von Sinneseindrücken, die »wie kleine Strudel, die in Flüssen entstehen ... oft so bleiben, wie sie zu Beginn waren, oft aber miteinander kollidieren und so neue Formen annehmen.«^[20]

Aristoteles gibt hier bereits eine Theorie der Traumentstehung, die bei den Positivisten des 19. Jahrhunderts großen Anklang finden sollte. Die naturwissenschaftliche Psychologie des letzten Jahrhunderts war an der Erforschung des Traumes kaum interessiert. Fechner meinte abschätzig, es sei, »als ob (im Traum) die psychologische Tätigkeit aus dem Gehirne eines Vernünftigen in das eines Narren übersiedelte.«^[21] Der Traum wurde bloß als Nachwirkung von Sinnesreizen im Wachen und als Folge von Körperbewegungen im Schlafe aufgefaßt. Die Verzerrungen der Traumbilder wurden als eine psychische Minderleistung im Schlaf angesehen, die sich nach Maury in einer »ganzen Reihe von Entartungen (degradations) der denkerischen und vernünftigen Fähigkeiten«^[22] äußerten. Allerdings führten solche Überlegungen auch zu konkreten Experimenten, in welchen der Einfluß von Sinnesreizen auf den Traum untersucht wurde. Die Interpretation solcher Versuche ließ jedoch oft zu wünschen übrig. Es ist amüsant, heute einen von Freud zitierten Befund von Maury zu lesen:

» 1) Er wird an den Lippen mit einer Feder gekitzelt. - Träumt von einer schrecklichen Tortur;

2) Man wetzt eine Schere an einer Pinzette. - Er hört Glockenläuten, dann Sturm läuten und ist in die Junitage des Jahres 1848 versetzt.

8) Man gießt ihm einen Tropfen Wasser auf die Stirn. - Er ist in Italien, schwitzt heftig und trinkt den weißen Wein von Orvieto.« [23]

In den letzten Jahren werden neue Erkenntnisse der Neurophysiologie zur Erklärung des Traumgeschehens herangezogen, wobei nicht mehr die Sinnesreize, sondern die im Gehirn selbst entstehenden Vorgänge die bestimmende Rolle spielen. So machten die beiden amerikanischen Psychiater und Schlafforscher Robert McCarley und Allan Hobson den Vorschlag, daß für die Traumbilder und ihre sprunghaften Veränderungen im REM-Schlaf die Aktivierung jener Nervenbahnen verantwortlich sei, die mit der Sehfunktion und Blickbewegung zusammenhängen. Bewegungseindrücke im Traum sind, gemäß dieser Hypothese, auf Erregungen in motorischen Hirngebieten zurückzuführen, während gefühlsmäßige Komponenten und Gedächtnisinhalte des Traums mit anderen Gebieten des Vorderhirns in Zusammenhang gebracht werden. Der bizarre Charakter von Traumerlebnissen wird der gleichzeitigen Aktivierung verschiedener Systeme und den sich daraus ergebenden widersprüchlichen Informationen zugeschrieben. Der Traum als Ganzes wird als Synthese aus diesen einzelnen Elementen betrachtet. Leider läßt sich diese Hypothese nur schwer experimentell überprüfen und ist im übrigen auch nur auf Träume im REM-Schlaf zugeschnitten. Bezeichnend für diesen neurobiologischen Klärungsversuch bleibt, daß der Traum als eine grundsätzlich sinnlose Begleiterscheinung von Gehirnprozessen verstanden wird, wobei die Analyse des Traum inhalts bestenfalls dazu dienen kann, Rückschlüsse auf die Funktionsweise des Gehirns zu erlangen.

Schon früher haben Autoren versucht, die Traum entstehung aufgrund von Körpervorgängen zu erklären, wobei sie jedoch dem Traum auch eine sinnvolle biologische Funktion zuerkannten. So sah schon Kant in den Träumen eine »zweckmäßige Anordnung der Natur« und vielleicht sogar ein »Heilmittel«!

So würde ich fragen, ob nicht die Träume (ohne die niemals der Schlaf ist, ob man sich gleich nur selten derselben erinnert) eine zweckmäßige Anordnung der Natur sein mögen, indem sie nämlich bei dem Abspannen aller körperlichen bewegenden Kräfte dazu dienen, vermittelt der Einbildungskraft und der großen Geschäftigkeit derselben (die in diesem Zustand mehrenteils bis zum Affecte steigt) die Lebensorgane innigst zu bewegen: so wie sie auch bei überfülletem Magen, wo diese Bewegung desto nöthiger ist, im Nachtschlaf gemeiniglich mit desto mehr Lebhaftigkeit spielt; und daß ohne diese innerlich bewegende Kraft und die ermüdende Unruhe, worüber wir die Träume anklagen (die doch in der That vielleicht Heilmittel sind), der Schlaf selbst im gesunden Zustande, wohl gar ein völliges Erlöschen des Lebens sein würde. [24]

Aber kehren wir wieder zur Neuzeit zurück. In seinem Traummodell nimmt das an der Universität Zürich tätige Forscherehepaar Marta Koukkou und Dietrich Lehmann an, daß im Schlafgedächtnis alte, aus der Kindheit stammende Inhalte und Denkstrategien mit neuer, aktueller Information in Verbindung gebracht werden. Der Traum wird als das Ergebnis einer Bearbeitung der Gedächtnisspeicher mit verschiedenen Strategien verstanden. Er stellt deshalb nicht einen zufälligen, sondern einen sinnvollen Vorgang dar. Diese Auffassung des Traumes hat gewisse Ähnlichkeiten mit Jouvets Hypothese, daß im REM-Schlaf genetisch determinierte Information (angeborenes Instinktverhalten) mit neuerworbener Information (Sinneseindrücke, erworbene Erfahrung) in Verbindung gebracht wird. Auf diese These, die sich

zunächst und vor allem auf den REM-Schlaf und nicht auf den Traum bezieht, werden wir im zwölften Kapitel zurückkommen.

In allerneuester Zeit haben die Molekularbiologen Francis Crick und Graene Mitchison einen weiteren Versuch unternommen, das Wesen der Träume im REM-Schlaf zu erklären. Sie betrachten den Traum als einen »Selbstreinigungsvorgang« des Gehirns, der zur Beseitigung von aus der Wachzeit stammenden »parasitären« Störfaktoren dient. »Wir träumen, um zu vergessen«, schreiben die Autoren und meinen dabei das Entfernen unbrauchbarer Information. Während also der Traum wiederum als ein biologisch sinnvoller Vorgang verstanden wird, der die Funktion des Zentralnervensystems gewährleistet, wird der Trauminhalt als ein Zufallsprodukt betrachtet, das nicht sinnvoll interpretiert werden kann. Wie für die anderen Hypothesen gilt auch für diese, daß sie sich nur schwer experimentell überprüfen läßt.

Nimmt man an, dem Traum komme eine wesentliche biologische Funktion zu, dann könnte man daraus folgern, daß das Träumen ein unabdingbar notwendiger Vorgang sei. Schon Robert meinte:

»Ein Mensch, dem man die Fähigkeit nehmen würde, zu träumen, müßte in gegebener Zeit geistesgestört werden, weil sich in seinem Gehirn eine Unmasse unfertiger, unausgedachter Gedanken und seichter Eindrücke ansammeln würde, unter deren Wucht dasjenige ersticken müßte, was dem Gedächtnisse als fertiges Ganzes einzuverleiben wäre.« [25]

Als Dement im Jahre 1960 berichtete, der REM-Schlafentzug führe zu psychischen Störungen, nahm die wissenschaftliche Fachwelt dieses Ergebnis ohne Überraschung zur Kenntnis. Die Untersuchung bestätigte lediglich, was schon seit langem gemeinhin angenommen worden war. Dieser einleuchtende Zusammenhang konnte auch dann nicht wirksam entkräftet werden, als mehrere fundierte Nachuntersuchungen die Resultate nicht bestätigten und Dement selbst sich von seiner früheren Feststellung distanzierte. So ist heute noch in Lehrbüchern von der verheerenden Wirkung des »Traumschlafentzugs« zu lesen. Diese Ansicht entbehrt aber auch deshalb jeder wissenschaftlichen Grundlage, weil man inzwischen weiß, daß Träume in allen Schlafstadien vorkommen und darum Traumentzug ohne vollständigen Schlafentzug gar nicht möglich ist. Die Frage nach dem Sinn und der Notwendigkeit der Träume muß also weiterhin offen bleiben.

Stellen wir nun zum Schluß den Traum noch in einen etwas breiteren, geschichtlich-kulturellen Zusammenhang. Friedrich Hebbel meinte: »Der Traum ist der beste Beweis dafür, daß wir nicht so fest in unsere Haut eingeschlossen sind, als es scheint.«[26] Seit jeher galt der Traum als Tor zu einer anderen Welt. In Homers Ilias und Odyssee erscheinen im Traum Götter in Menschengestalt, um den Sterblichen einen Auftrag oder eine Warnung zukommen zu lassen. So zeigt sich beispielsweise die Göttin Athene der Schlafenden Nausikaa in Gestalt ihrer besten Freundin, um sie aufzufordern, bei Tagesanbruch zum Waschen an den Strand zu fahren, um den schiffbrüchigen Odysseus aufzunehmen.

Träume waren aber auch für die damalige Heilkunst außerordentlich wichtig:

Bei den Griechen gab es Traumorakel, welche gewöhnlich Genesung suchende Kranke aufzusuchen pflegten. Der Kranke ging in den Tempel des Apollo oder des Äskulap, dort wurde er verschiedenen Zeremonien unterworfen, gebadet, gerieben, geräuchert, und so in Exaltation versetzt legte man ihn im Tempel auf das Fell eines geopfertem Widders. Er schlief ein und träumte von Heilmitteln, die ihm in

natürlicher Gestalt oder in Symbolen und Bildern gezeigt wurden, welche dann die Priester deuteten. [27]

Wir wissen auch, daß sich die alten Ägypter intensiv mit Träumen befaßten und diese auch sehr konkret deuteten. Auf einem Papyrus aus jener Zeit finden wir folgende Traumdeutungen:

Wenn (im Traum) eine Frau ihren Mann küßt, wird sie in Schwierigkeiten geraten;

wenn ein Esel mit ihr kopuliert, wird sie für einen schweren Fehler bestraft werden;

wenn ein Ziegenbock mit ihr kopuliert, wird sie bald sterben;

wenn sie eine Katze gebärt, wird sie viele Kinder haben;

wenn sie einen Hund gebärt, wird sie einen Knaben haben. [28]

Eines der berühmtesten Traumbücher stammt von Artemidorus im zweiten Jahrhundert nach Christus. Zahlreiche spätere Bücher gleicher Art stützen sich auf dieses Werk. Artemidorus gibt direkte Übersetzungen von Traumsymbolen. Beispielsweise bedeutet ein im Traum vorkommender Fuß einen Sklaven, ein Kopf den Vater. Auch auf die Bedeutung für die Zukunft wird hingewiesen: Ein Delphin im Wasser ist ein gutes Omen, ein Delphin auf dem Land ein schlechtes.

In vielen Kulturen findet man die Ansicht, Träume ermöglichten den Kontakt mit einer anderen Wirklichkeit. In der altindischen vedischen Literatur wurden Träume als ein Zwischenzustand der Seele zwischen Diesseits und Jenseits betrachtet. Es wurde angenommen, die Seele verlasse im Schlaf den Körper im Schutze des Atems und schwebe in einem Raum, von dem aus sie beide Welten überblickt. Erst in der Neuzeit kam es zu einem grundlegenden Wandel in der Betrachtungsweise des Traumes: Jene »andere« Wirklichkeit wurde nicht mehr als ein Bereich außerhalb des Körpers, sondern als ein Teil der Seele selbst aufgefaßt. Wenn aber der Traum nicht äußere Eingebung, sondern ein Erzeugnis in uns selbst ist, stellt sich die Frage, ob wir für dieses Produkt auch die Verantwortung tragen müssen. Hafner lehnte dies rigoros ab:

Wir sind für Träume nicht verantwortlich, weil unserem Denken und Wollen die Basis entrückt ist, auf welcher unser Leben allein Wahrheit und Wirklichkeit hat . . . Es kann darum kein Traumwollen und Traumhandeln Tugend oder Sünde sein. [29]

Dieser Ansicht widersprach Nietzsche mit bissigem Hohn:

In allem wollt ihr verantwortlich sein! Nur nicht für eure Träume! Welche elende Schwächlichkeit, welcher Mangel an folgerichtigem Mute! Nichts ist mehr euer eigen als eure Träume. Nichts mehr euer Werk! Stoff, Form, Dauer, Schauspieler, Zuschauer - in diesen Komödien seid ihr alles selber! [30]

Freud hat diese Problematik in seiner gewohnten Klarheit und brillant einfachen Formulierung umrissen und dabei folgende Frage gestellt:

Wir gehen in der wissenschaftlichen Betrachtung des Traumes von der Annahme aus, daß der Traum ein Ergebnis unserer eigenen Seelentätigkeit ist; doch erscheint uns der fertige Traum als etwas Fremdes, zu dessen Urheberschaft zu bekennen es uns so wenig drängt, daß wir ebenso gerne sagen: »Mir hat geträumt« wie: »Ich habe geträumt.«. Woher rührt diese »Seelenfremdheit« des Traumes? [31]

Er hat auf diese Frage in seinem grundlegenden Werk »Die Traumdeutung« eine Antwort gegeben. Der Trauminhalt habe nicht nur jene offensichtliche, manifeste Seite, die in Traumberichten zum Ausdruck kommt, sondern zusätzlich noch einen versteckten, latenten Aspekt, der nicht ohne weiteres erkennbar sei. Um ihn zu erfassen, bedürfe es weiterer persönlicher Informationen über den Träumenden. Vogel und Foulkes illustrieren im folgenden schönen Beispiel die Bedeutung dieser Freudschen Überlegungen:

Ein Mann träumt, er fahre auf einem Fahrrad. Mit diesem manifesten Trauminhalt läßt sich nicht viel anfangen. Will man die Bedeutung dieses Traumes erfassen, benötigt man vom Träumenden weitere Angaben. Auf die Frage, was ihm zum Thema »Fahrrad« in den Sinn kommt, gab er zur Antwort: Zwei Dinge kommen mir in den Sinn: Radfahren ist die Lieblingsbeschäftigung meines Sohnes. Dieser geht diesen Herbst von zuhause fort, um eine Hochschule zu besuchen. Ich möchte in der noch verbleibenden Zeit mehr mit ihm beisammen sein, bevor er das Haus verläßt. Der zweite Gedanke ist, daß mein Vater vor einem Jahr an einer Herzkrankheit gestorben ist. Er benützte ein Fahrrad - Ergometer, um sich fit zu halten. Ich sollte ebenfalls mehr körperliche Übungen machen, um nicht bald das gleiche Schicksal zu erleiden. [32]

Die Gedankenassoziationen zeigten, daß dieser Traum nicht nur eine belanglose Episode mit einem Fahrrad war, sondern, daß er eng mit den zwei wichtigsten männlichen Personen im Leben des Träumenden zusammenhing. Dieser zunächst verborgene Aspekt wird aber nur deutlich, wenn der manifeste Inhalt des Traums auf dem Hintergrund der persönlichen Lebenssituation analysiert wird.

Es ist zweifellos Freuds großer Verdienst, auf diesen tieferen Sinnzusammenhang nachdrücklich und überzeugend hingewiesen zu haben. Träume sind nicht einfach »Schäume«, sondern vielmehr »Briefe an sich selbst«. Der Traum spricht eine Bildersprache, deren Regeln von der gesprochenen Sprache abweichen. Jedes Traumelement steht mit einer Fülle anderer Gedankeninhalte in Verbindung. Diese Zusammenhänge können unter anderem durch ein Verfahren aufgedeckt werden, das man freie Assoziation nennt. Die Versuchsperson soll dabei ihren Gedanken möglichst freien Lauf lassen und alles spontan berichten, was ihr zu den einzelnen Traumbildern einfällt. In dem Vorgang, der dem Traum zugrundeliegt und den Freud als »Traumarbeit« bezeichnet hat, werden zunächst ganz verschiedene Gedankenelemente in einem Traumbild verdichtet. Neben dieser Verdichtung bedient sich der Traum auch der »Verschiebung« auf andere, scheinbar zusammenhanglose Inhalte. Dieser Vorgang kann nach Freud zur Tarnung kritischer Themen dienen, welche zu emotionsgeladen sind, als daß sie als solche im Traume »zugelassen« werden könnten.

Es ist hier nicht der Ort, auf die weiteren Mechanismen der Traumarbeit einzugehen. Wichtig bleibt aber festzuhalten, daß Freud den Traum als eine spezielle, sinnvolle Sprache der Psyche aufgefaßt hat. David Foulkes hat diesen Ansatz in seinem Buch »Die Grammatik der Träume« weitergeführt. Auf der Lehre Freuds basierend, aber auch auf Erkenntnissen der modernen Psychologie und Sprachwissenschaft, hat Foulkes eine Methode entwickelt, um die hinter dem manifesten Trauminhalt verborgenen latenten Strukturen aufzudecken. Neben dem eigentlichen Traumbericht spielen dabei die zum Traum gemachten

freien Assoziationen eine wichtige Rolle. Ein auf mathematischen Begriffen aufgebautes Modell dient zur Beschreibung der Umwandlungsvorgänge, die in ihrer Gesamtheit die »Grammatik« des Traumes ausmachen.

»Die traumhafte Welt ist nicht weniger wirklich als die wache Welt, nur anders wirklich.«
Zusammenfassend könnte man mit Ludwig Klages sagen: Die Analyse des Traumvorgangs erlaubt uns, tiefere Einblicke in die Funktionsweise der Psyche zu gewinnen. Können solche Erkenntnisse auch für den einzelnen nutzbringend sein? Träume spielen in vielen Psychotherapieformen eine wichtige Rolle, da durch sie ein Zugang zu den tieferen Strömungen der Seele gesucht wird. Ein bekannter Ausspruch Freuds lautet: »Die Traumdeutung aber ist die Via Regia zur Kenntnis des Unbewußten im Seelenleben.«
[34]

Wir wollen diesen königlichen Weg hier nicht weiter verfolgen. Weitere Anhaltspunkte, daß das Traumerleben für die Wachtätigkeiten nützlich sein kann, geben Beispiele sogenannter kreativer Träume. Bekannt ist die Geschichte des Chemikers Friedrich August Kekule, der lange Zeit vergeblich die chemische Struktur von Benzol erforscht hatte. Eines Nachts träumte er von sechs Schlangen, die sich gegenseitig in den Schwanz bissen und im Kreise drehten. Erwacht stand ihm die Lösung des Problems vor Augen: Wie der Ring der sechs Schlangen besteht Benzol aus einem geschlossenen Ring von sechs Kohlenstoff-Atomen.

Obwohl solche schöpferischen Traumleistungen nicht die Regel sind, sagt eine Volksweisheit, daß man ein schwieriges Problem erst einmal »überschlafen« soll. Vielleicht ist auch mit diesem Ratschlag der kreative Aspekt von Träumen angesprochen, der aufgrund der gelockerten Gedankenassoziationen im Schlaf Lösungen finden läßt, die im bewußten Wachleben vergeblich gesucht werden.

Der Wunsch, sich die »Macht der Träume« nutzbar zu machen, kommt im Bestreben zum Ausdruck, sogenannte luzide Träume zu haben. Im Unterschied zu gewöhnlichen Träumen ist sich der luzid Träumende bewußt, daß er träumt. Durch dieses Bewußtsein soll er sich bis zu einem gewissen Grade dem Diktat des Traumgeschehens entziehen und sich gleichsam frei in seiner »Traumlandschaft« bewegen können. Daß es tatsächlich die Möglichkeit des luziden Träumens gibt, wurde immer wieder berichtet, konnte indessen wissenschaftlich bisher nicht eindeutig belegt werden.

Im Buch von Carlos Castaneda »Die Reise nach Ixtlan« gibt der mexikanische Magier Don Juan seinem Schüler als anfängliche Übung die folgenden Anweisungen: Vor dem Schlafengehen solle er sich vornehmen, im Traum seine Hände zu betrachten und sich dabei aber bewußt werden, daß er träume. Im Traum solle er dann den Blick von den Händen weg auf einen Gegenstand richten, und nach einer Weile solle er ihn dann abermals wieder auf die Hände senken.

»Jedesmal, wenn Du etwas in Deinem Traume betrachtest, ändert es seine Form«, sagt Don Juan zu Carlos. »Der Trick, einen Traum selbst zu inszenieren, besteht nicht lediglich darin, die Dinge zu betrachten, sondern ihren Anblick auszuhalten. Das Träumen ist erst wirklich, wenn es einem gelingt, alles scharf zu sehen. Dann gibt es keinen Unterschied mehr zwischen der Tätigkeit im Schlafen und im Wachen.« [35]

Nach diesen elementaren Übungen lehrt Don Juan seinen Schüler, im Traum an einen beliebigen Ort zu

reisen. Wenige außer Don Juan können sich rühmen, diese Fähigkeit erlangt zu haben. Trotzdem ist das Bestreben, die der Ratio entzogene Traumwelt unter die bewußte Kontrolle zu bringen, ein faszinierender Gedanke.

Wir wollen die Frage nach dem Sinn der Träume mit einem völkerkundlichen Exkurs beschließen. Die Senoi waren ein friedfertiges Volk, das noch in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts isoliert in den Dschungeln von Malaysia lebte. Sie schrieben den Träumen eine wichtige Bedeutung zu, denn sie betrachteten sie sowohl als einen Spiegel der aktuellen als auch der in Entwicklung begriffenen Lebensvorgänge. Träumte jemand von einem Streit mit seinem besten Freund, wurde dies als ein Zeichen eines unbewußten Konfliktes betrachtet, auch wenn im täglichen Leben nichts davon zu spüren war. Die angemessene Reaktion auf diesen Traum war eine Besprechung des Inhalts sowohl innerhalb der Familie des Träumenden als auch mit dem besagten Freund, sowie ein Geschenk an diesen, um die unbewußte Trübung des Verhältnisses wieder aufzuhellen. In einer solchen Situation wurde zudem ein luzider Traum angestrebt, um darin dem Traumbild des Freundes die Freundschaft zu bezeugen. Die Senoi lehrten ihre Kinder, bedrohliche Traumbilder als einen problematischen Teil von sich selbst zu begreifen. Sie ermunterten, den Angsttraum nochmals zu träumen, entweder um die bedrohliche Traumgestalt zu besiegen oder mit ihr Freundschaft zu schließen, oder, als dritte Möglichkeit, um sich von ihr besiegen zu lassen und auf diese Weise den Konflikt zu überwinden. Stewart beschreibt die Senoi als ein überaus zivilisiertes Volk, praktisch ohne psychische Störungen und kriegerische Auseinandersetzungen. Leider ist die Kultur der Senoi in den Wirren des Zweiten Weltkrieges weitgehend untergegangen.

Vielleicht sah auch Friedrich Hölderlin ähnliche Möglichkeiten in den Träumen, als er schrieb: »Ein König ist der Mensch, - wenn er träumt, ein Bettler, wenn er nachdenkt.« [36]

[Abb. 4.3: »Rêve de Jacob« \(Miniature tirée de la Bible du Toggenbourg, 15. Jhdt.\) \(41k JPG file\)](#)

| [Inhalt](#) | [Nächstes Kapitel](#) | [Kapitelanfang](#) | [Vorwärts](#) | [Zurück](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély - Kapitel 5

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Schlafmittel (Hypnotica)

Nicht Mandragora noch Mohn
Noch alle Schlummersäfte der Natur
Verhelfen je dir zu dem süßen Schlaf,
Der gestern dein noch war.

Shakespeare

Schlafmittel gehören zu den meistgebrauchten Medikamenten überhaupt. In den USA, beispielsweise, nehmen sechs bis neun Millionen erwachsene Personen pro Jahr Schlafmittel ein. Fast 40 Prozent sind Leute über 60 Jahre, obwohl sie nur etwa 15 Prozent der Bevölkerung ausmachen. Mit dem Alter nimmt also der Schlafmittelkonsum drastisch zu. Wie wirken diese so häufig gebrauchten Medikamente? Welches sind ihre Vorteile, welches ihre Risiken? Und eine weitere, sehr wichtige Frage: Erzeugen diese Substanzen tatsächlich einen natürlichen Schlaf?

Die eigentlichen Schlafmittel gibt es erst seit etwas mehr als hundert Jahren. Natürlich wurde schon seit jeher versucht, den Schlaf mit Elixieren und Drogen herbeizuführen, denn das Problem der Schlaflosigkeit ist so alt wie die Menschheit selbst. Im Mittelalter wurden Schlafsalben, Schlafschwämme, Schlafumschläge und einschläfernde Pflaster verwendet, um Schlafstörungen zu behandeln, aber auch, um Patienten vor Operationen einzuschläfern. Der Alkohol wird schon seit Urzeiten als leicht zugängliches Schlafmittel gebraucht. Wie wir noch sehen werden, erzeugt er aber gewöhnlich nur einen kurzen, rauschähnlichen und wenig erholsamen Schlaf, dem nach dem Erwachen unangenehme Katersymptome folgen. Auch Opium, Haschisch, sowie aus Nachtschattengewächsen hergestellte Präparate wurden früher häufig bei Schlafstörungen verschrieben. Wie wir jedoch heute wissen, war die schlaffördernde Wirkung aller jener in der »präpharmakologischen Ära« verwendeten

Mittel gering. Die ersten »echten« Schlafmittel waren Chloralhydrat und Paraldehyd, die in den letzten zwei Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts zur Anwendung kamen und auch heute noch unter den Schlafmitteln figurieren. Der unangenehme Geschmack und Geruch schränkt allerdings ihren Gebrauch etwas ein.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Barbiturate - veraltete »Klassiker«

Die Barbitursäure wurde im Jahre 1864 von Adolph von Baeyer, einem neunundzwanzigjährigen Hochschulassistenten, aus Harnstoff und Malonsäure hergestellt. Diese gelungene Synthese soll in einem Wirtshaus in Ghent gefeiert worden sein, das das Stammlokal von Artillerie-Offizieren war. Da es gerade der Tag ihrer Schutzpatronin, der heiligen Barbara, war, soll die neue Substanz den Phantasienamen Barbiturat (Urea = Harnstoff) bekommen haben. Nach anderen, ebensowenig bestätigten Berichten soll eine leibhaftige Dame namens Barbara im Spiel gewesen sein.

Barbiturate wurden zu Beginn unseres Jahrhunderts in der Medizin als Schlafmittel eingeführt und fanden bald eine riesige Verbreitung. Von den mehr als 2500 auf chemischem Wege hergestellten Barbituraten kamen ungefähr 50 Präparate in der Medizin zur Anwendung. Während der gesamten ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts waren die Barbiturate die weitaus am meisten verwendeten Schlafmittel. Obwohl sie sich als wirksame, zuverlässige Präparate erwiesen hatten, war ihre Anwendung doch auch mit Nachteilen und Risiken verbunden: Schon bei einer zehnfachen Überdosis kann es zu schwerer Vergiftung kommen, die sich anfangs als rauschähnlicher Zustand und alsdann in tiefer Bewußtlosigkeit äußert. Atemtätigkeit und Kreislauf sind besonders beeinträchtigt. Ein Schocksyndrom mit Versagen der Lungen- und Nierenfunktion sowie Unterkühlung sind gefürchtete Komplikationen. Wird der Vergiftete früh genug behandelt, hat er eine gute Chance, mit dem Leben davonzukommen. Schlafmittel können auch durch Unachtsamkeit in Kinderhände gelangen und so zu Vergiftungen führen. Andererseits werden sie von Erwachsenen, die ihrem Leben ein Ende setzen wollen, absichtlich eingenommen. Noch im Jahre 1963 wurden in den USA zehn Prozent aller Selbstmorde mit Barbituraten vorgenommen. Mit dem rückläufigen Gebrauch dieser Medikamente ist inzwischen die durch Barbiturate verursachte Selbstmordquote stark zurückgegangen.

Barbiturate können, wie andere Schlafmittel auch, körperliche Abhängigkeit (Sucht) erzeugen. Die Substanzen werden gelegentlich zusammen mit Opiaten eingenommen, um deren rauscherzeugende Wirkung zu steigern. Das plötzliche Absetzen des Mittels kann bei einem Barbituratsüchtigen zu schweren, mitunter lebensgefährlichen Entzugserscheinungen führen.

Schon vor Jahrzehnten war man bestrebt, Schlafmittel ohne die nachteiligen Wirkungen von Barbituraten zu entwickeln. Im Jahre 1956 schien endlich ein Durchbruch gelungen zu sein. Ein wirksames Schlafmittel, das Contergan (internationale Bezeichnung: Thalidomid), kam in Deutschland auf den Markt und fand eine rasche Verbreitung. Sein großer Vorzug war, daß es, im Unterschied zu den Barbituraten, selbst bei Überdosis keine schweren Vergiftungserscheinungen erzeugte. Das »sichere« Schlafmittel schien endlich gefunden zu sein. Es dauerte ganze fünf Jahre, bis man erkannte, daß mit der Einführung dieses scheinbar harmlosen Barbituratersatzes eine der größten pharmakologischen

Katastrophen heraufbeschworen worden war. Mütter, die während der Schwangerschaft das Mittel eingenommen hatten, gebaren schrecklich mißgebildete Kinder, denen Arme und Beine fehlten. Die Gesamtzahl solcher Mißgeburten wird auf 10 000 geschätzt, etwa die Hälfte dieser Kinder blieb am Leben. Seit jenem furchtbaren Unglück, das niemand vorausgesehen hatte, wurde die Prüfung neuer Pharmaka verschärft. Nicht nur Schlafmittel, sondern auch andere Medikamente werden heute in der frühen Schwangerschaft nur noch bei zwingenden Gründen verschrieben.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Benzodiazepine - die modernen Schlafmittel

Die Benzodiazepine haben unter den Schlafmitteln heute jene Vorzugsstellung inne, die ein halbes Jahrhundert lang den Barbituraten vorbehalten war. Für Medikamente des Benzodiazepin-Typs werden in den USA jährlich ungefähr 100 Millionen Rezepte ausgestellt. Diese neue Klasse von Medikamenten wurde Anfang der sechziger Jahre zuerst als Tranquillizer eingeführt (Librium und Valium waren die bekanntesten Präparate) und fanden eine rasche, weltweite Verbreitung. Erst nach mehreren Jahren wurde man gewahr, daß die beruhigende Wirkung der Benzodiazepine auch zur Schlafförderung ausgenützt werden kann. Auf der folgenden Tabelle sind typische Benzodiazepin-Schlafmittel aufgeführt. Daneben lassen sich aber auch die von den Schlafmitteln nicht scharf abgrenzbaren Tranquillizer bei Schlafstörungen verwenden.

Im Vergleich zur Anwendung von Barbituraten und anderen älteren Schlafmitteln war die Einführung der Benzodiazepine ein erheblicher Fortschritt. Bei Überdosis kann es zwar immer noch zu einer Vergiftung kommen, und eine Abhängigkeit von diesen Mitteln ist ebenfalls möglich. Doch sind beide Risiken viel weniger ausgeprägt als bei den älteren Schlafmitteln. Mit Benzodiazepinen allein sind selbst nach hoher Überdosis tödliche Vergiftungen selten. Allerdings muß einschränkend bemerkt werden, daß auch diese Mittel gefährlich sind, vor allem, wenn sie zusammen mit Alkohol oder anderen Psychopharmaka eingenommen werden. Die Benzodiazepine sind also wirksame Schlafmittel, wobei die zur Schlafförderung erforderliche Dosis im allgemeinen zehn- bis hundertmal kleiner ist als bei den früher verwendeten »klassischen« Mitteln. An dieser Stelle sei auf eine pharmakologische Größe hingewiesen, die in der Tabelle angeführt ist und die für den Zeitverlauf der Wirkung von Bedeutung ist: Etwas vereinfachend kann die Eliminations-Halbwertszeit als jene Zeit definiert werden, innerhalb derer die Hälfte einer Substanz aus dem Körper ausgeschieden wird. Obwohl die Wirkung auch durch andere Faktoren (z. B. durch die Aufnahme durch den Darm und die Verteilung im Körper) mitbestimmt wird, gibt die Eliminations-Halbwertszeit doch einen wichtigen Hinweis auf die Verweildauer des Medikaments im Organismus. Wie wir aus der Tabelle ersehen, haben die drei ersten Schlafmittel lange Halbwertszeiten. Bei Flurazepam hat ein aus dieser Substanz entstehendes Abbauprodukt, das ebenfalls Schlafmittelwirkung hat, eine Halbwertszeit von mehreren Tagen. Wird Flurazepam einige Tage lang jeden Abend eingenommen, erhöht sich seine Konzentration im Blut ständig, so daß nach 7 bis 10 Tage dauernder Einnahme morgens bereits eine vier- bis sechsfach höhere Konzentration festzustellen ist als nach der ersten Nacht. Man spricht hier von einer sogenannten Kumulation.

[Abb. 5.1: Schlafmittel. Es gibt eine verwirrend grosse Zahl von Schlafmitteln. \(28k JPG file\)](#)

Schlafmittel der Benzodiazepinklasse

Internationaler Name	Markenname	Halbwertszeit
Flurazepam	Dalmadorm	
	Dalmane	3 Tage
Flunitrazepam	Rohypnol	1 Tag
Nitrazepam	Mogadon	
	Mogadan	1 Tag
Lormetazepam	Noctamid	1/2 Tag
Triazolam	Halcion	2-3 Stunden
Midazolam	Dormicum	2-3 Stunden

Anmerkung: Mit der Halbwertszeit ist die sogenannte Eliminations-Halbwertszeit des Medikaments oder seines, als Schlafmittel wirksamen, Abbauproduktes gemeint.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Wirknachweis von Schlafmitteln

Die meisten in den Apotheken erhältlichen Schlafmittel sind erwiesenermaßen wirksam. Früher war man bei der Beurteilung der Wirkung ausschließlich auf das Urteil der Ärzte und Patienten angewiesen. Heute werden alle neuen Mittel strengen wissenschaftlichen Testverfahren unterzogen, um Wirkungen und Nebenwirkungen zu überprüfen. Das ist erforderlich, da es keineswegs selbstverständlich ist, daß ein als Schlafmittel bezeichnetes Medikament tatsächlich eine pharmakologische Wirkung ausübt. So weiß man schon lange, daß gewisse schlafgestörte Patienten auch auf ein Placebo (d. h. ein Scheinpräparat, das keinerlei Wirkstoff enthält) ansprechen. Die Erwartung der schlaffördernden Wirkung einer Kapsel reicht bereits aus, um den Schlaf herbeizuführen. Um dem Rechnung zu tragen, wird daher gewöhnlich ein Schlafmittel in einem sogenannten Doppelblind-Verfahren mit einem Placebo-Präparat verglichen. Das bedeutet, daß neben der Prüfsubstanz in einer unvorhersehbaren Abfolge auch das genau gleich aussehende Placebo-Präparat verabreicht wird. Weder Versuchsperson noch Versuchsleiter wissen bis zum Abschluß der Untersuchung Bescheid, welches Mittel wann zur Anwendung kommt. Stellt man bei dieser Versuchsanordnung einen Unterschied zwischen Placebo und Pharmakon fest, so kann man mit Gewißheit den Schluß ziehen, daß dieser der pharmakologischen Wirkung des Mittels zuzuschreiben ist.

Wie wird die Wirksamkeit eines Schlafmittels im konkreten Fall überprüft? Hier kann man sowohl die Selbstbeurteilung durch die Versuchsperson oder durch den Patienten in Betracht ziehen als auch den Schlafvorgang mit Meßmethoden registrieren. Das erstgenannte Verfahren soll durch die 10-cm-Selbstbeurteilungsskalen illustriert werden (Abbildung 5.2). Am Morgen nach dem Erwachen wird der Proband aufgefordert, seinen Schlaf auf einer Skala einzustufen, deren Endpunkte als »ruhig - unruhig«, »tief - oberflächlich« oder »sehr erholsam - wenig erholsam« bezeichnet sind. Durch eine Markierung gibt die Versuchsperson an, in welcher Richtung der Schlaf nach Einnahme des Mittels vom üblichen

Schlaf abgewichen ist. Zur Auswertung wird lediglich die Länge der unterteilten Skala ausgemessen. Dieses so einfache und vielleicht unpräzise erscheinende Meßverfahren hat sich als ein sehr empfindliches Meßinstrument bewährt, mit dem selbst nach kleinen Dosen von Schlafmitteln subjektive Veränderungen des Schlafes nachgewiesen werden.

Die folgende Abbildung zeigt das Ergebnis einer anderen Methode, das nicht auf der Beurteilung durch die Aussage der Versuchspersonen beruht. Hier wurde mit einem am Handgelenk getragenen Meßgerät während der ganzen Nacht die Bewegungsaktivität im Schlafe gemessen. Nach jeder Meßperiode von 7,5 Minuten Dauer wurde die Gesamtzahl der Bewegungen im Gerät gespeichert. Auf der Aufzeichnung der Placebo-Nacht sehen wir nach Schlafeintritt Perioden absoluter Ruhe und Perioden mit mehr oder weniger Bewegungen. Nach Einnahme eines Benzodiazepin-Schlafmittels (untere Aufzeichnung) sind die Ruheperioden, besonders in der ersten Nachthälfte, deutlich verlängert. Schlafmittel bewirken also nicht nur einen subjektiv ruhigeren Schlaf, sondern verringern auch die objektiv gemessene nächtliche Bewegungsaktivität.

Die genauesten Aussagen über die Wirkung von Schlafmitteln lassen sich mit Registrierungen im Schlaflabor machen. Allerdings muß die hohe Aussagekraft solcher Verfahren mit einem erheblichen Versuchsaufwand erkauft werden. Seine Hauptvorteile liegen einerseits in einer eindeutigen Unterscheidung zwischen Schlafen und Wachen und andererseits in der Möglichkeit, die Wirkung von Schlafmitteln auf Schlafstadien zu untersuchen. Es sind vor allem drei Meßgrößen, die die Wirksamkeit eines Schlafmittels belegen: So verkürzt ein wirksames Präparat die Einschlafzeit (die Zeit vom Insbettgehen bis zum Einschlafen), verringert die Häufigkeit und Dauer des Erwachens in der Nacht und verlängert die Gesamtschlafzeit. Je nachdem wie schnell die hypnotische Wirkung eintritt und wie lange sie anhält, fördert das Mittel vor allem den Schlaf in der ersten (»Einschlafmittel«) oder auch in der zweiten Nachthälfte (»Durchschlafmittel«).

[Abb. 5.2: Selbstbeurteilungsskala mit einem Placebo und mit einem Schlafmittel. Wer abends ein Schlafmittel einnimmt, beurteilt am nächsten Morgen seinen Schlaf als tief und ruhig. Die Einstufung erfolgt auf einer Selbstbeurteilungsskala, auf welcher die Versuchsperson den Schlaf der letzten Nacht mit ihrem gewohnten Schlaf vergleicht und mit einem Kreuz markiert. Mit diesem einfachen Verfahren lassen sich Schlafmittelwirkungen zuverlässig feststellen. \(20k JPG file\)](#)

[Abb. 5.3: Bewegungen im Schlaf. Schlafmittel vermindern die Bewegungen nachts. Bei einem guten Schläfer wurde während der ganzen Nacht die Anzahl Bewegungen gemessen und für Perioden von jeweils 7,5 Minuten aufgezeichnet. Diese entstehen durch normale Körperbewegungen und Lageänderungen im Schlaf. Sie sind auf der Abbildung stark vergrößert dargestellt. Nach Einnahme eines Schlafmittels \(untere Aufzeichnung\) kommt es besonders in den ersten Stunden des Schlafs zu einer deutlichen Hemmung der Körperbewegungen. Die Messung der Bewegungsaktivität ist eine empfindliche Methode, um Schlafmittelwirkungen nachzuweisen. \(24k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Wie beeinflussen Schlafmittel die Schlafstadien und das EEG?

Ein ideales Schlafmittel soll einen Schlaf bewirken, der sich vom natürlichen physiologischen Schlaf in nichts unterscheidet. Leider bleibt dieses ideale Medikament vorläufig ein Wunschtraum von Ärzten und Pharmakologen, denn die heute verwendeten Mittel verändern alle die Schlafstadien und das EEG. Schon zu Beginn der sechziger Jahre beobachtete der schottische Psychiater und Schlafforscher Ian Oswald, daß Barbiturate die Gesamtdauer des REM-Schlafes vermindern. In einer Untersuchung wurde der REM-Schlafanteil am Gesamtschlaf von normal 20-25 Prozent auf 10-15 Prozent reduziert. Nach Absetzen des Mittels kommt es zu einem sogenannten REM-Schlaf-Rebound (= überschießende Gegenreaktion), wobei der Anteil des REM-Schlafs während einiger Tage über den Normalwert ansteigt (z. B. auf 30-40 Prozent). Wie an anderer Stelle ausführlich beschrieben, herrschte Anfang der sechziger Jahre die Meinung vor, daß die mit dem REM-Schlaf in Verbindung stehenden Traumvorgänge für die Erholung im Schlaf wichtig seien. Diese Ansicht, die sich in späteren Untersuchungen nicht bestätigt hat, trug maßgeblich dazu bei, daß der den REM-Schlaf unterdrückenden Wirkung von Schlafmitteln besonders nachteilige Folgen zugeschrieben wurden. Die pharmazeutischen Firmen überboten sich damals mit Behauptungen, daß ihr Mittel den REM-Schlaf überhaupt nicht oder zumindest weniger als das Konkurrenzpräparat beeinflusse. Genauere Untersuchungen zeigten bald, daß Schlafmittel nicht nur den REM-Schlaf unterdrücken, sondern auch den Tiefschlaf reduzieren. Gerade bei den Benzodiazepinen wurde die Tiefschlafreduktion oft beobachtet. Im Unterschied zur Wirkung auf den REM-Schlaf kommt es nach Absetzen des Mittels nicht zu einem Rebound, sondern zu einer allmählichen Normalisierung des Tiefschlafs.

In eigenen Untersuchungen haben wir die bereits beschriebene Spektralanalyse des EEG (Kapitel 2) angewendet, um die Wirkung verschiedener Benzodiazepine genauer zu untersuchen. Abbildung 5.4 zeigt, wie stark eine einzige Dosis eines solchen Schlafmittels das EEG verändern kann. Die Registrierung stammt von einer Untersuchung, in welcher an zwei verschiedenen Abenden vor dem Schlafengehen Placebo (Scheinpräparat) und ein weitverbreitetes, wirksames Benzodiazepin-Schlafmittel (Flunitrazepam = Rohypnol, 2 mg) verabreicht wurden. Die Spektralkurven zeigen an, daß in der Schlafmittelnacht einerseits die im Tiefschlaf auftretenden Gipfel der langsamen EEG-Wellen (1-9 Hz-Bereich) stark vermindert, andererseits die Gipfel der mittel-raschen EEG-Wellen (9-14 Hz-Bereich) erhöht sind. Wir sehen schließlich auch, daß im Bereiche der raschen EEG-Wellen (14-25 Hz) im REM-Schlaf Gipfel auftreten, die in der Placebo-Nacht nicht vorhanden sind. Es ist bemerkenswert, daß diese ausgeprägten EEG-Veränderungen im Schlafprofil (oben im Bild angegeben) kaum erkennbar sind. Das ist darauf zurückzuführen, daß die für die Schlafstadien-Einteilung verwendeten Kriterien auf den Variationen des normalen Schlaf-EEG beruhen. Daher wirken sich die abnormen, durch das Schlafmittel erzeugten EEG-Veränderungen nur wenig auf die Schlafstadien aus. Indessen wäre es verfehlt, daraus zu schließen, Schlafmittel verursachten keine Veränderungen des natürlichen Schlafs. Aber man muß betonen, daß bis heute unklar ist, ob solche EEG-Veränderungen als Ausdruck einer Funktionsbeeinträchtigung des Gehirns aufgefaßt werden müssen und ob sie die Erholung im Schlaf beeinflussen.

[Abb. 5.4: Schlafstadien und EEG-Spektren. Schlafmittel verändern die Hirnstromkurven im Schlaf. Wie auf der Abbildung 2.6 sind das Schlafprofil \(oben\) und die EEG-Spektren \(unten\) für zwei Nächte derselben Versuchsperson dargestellt. Die linke Darstellung zeigt eine gewöhnliche Nacht, die rechte eine Nacht nach Einnahme eines Schlafmittels. Das Schlafmittel unterdrückt die langsamen Wellen im](#)

[EEG und erhöht den Anteil an mittleren und raschen Wellen. Abnorme rasche Wellen treten besonders während der REM-Schlafepisoden auf. Die Spektralanalyse läßt Veränderungen erkennen, die im Schlafprofil nicht sichtbar sind. \(48k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Nachwirkungen von Schlafmitteln

Schlafmittel sollten idealerweise den Schlaf in der Nacht begünstigen, den Wachzustand am Tag jedoch nicht beeinflussen. Das ist häufig nicht der Fall. In einer kürzlich durchgeführten Untersuchung überprüften wir die Nachwirkung verschiedener gebräuchlicher Benzodiazepin- Schlafmittel, die in üblicher Dosierung vor dem Schlafengehen als Kapsel geschluckt wurden. Bei einem verbreiteten Präparat mit langer Halbwertszeit klagten morgens zehn von zwölf Versuchspersonen über Benommenheit, eine Nachwirkung, die bis zur Mittagszeit anhielt. Bei verschiedenen Präparaten stellten wir morgens um 9.00 Uhr eine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit fest. Die Probanden mußten innerhalb von 20 Minuten auf der Schreibmaschine möglichst fehlerfrei einen aus sinnlosen Wörtern bestehenden Text abschreiben. Hatten die Versuchspersonen vor dem Schlafengehen ein Schlafmittel erhalten, machten sie am Morgen mehr Tippfehler. Auch mit Hilfe anderer Testverfahren konnte nachgewiesen werden, daß die Schlafmitteleinnahme zu einer Leistungsverminderung am nächsten Tage führen kann. Solche Nachwirkungen sind häufig belanglos, können aber dann wichtig werden, wenn Tätigkeiten mit hoher Konzentration und Aufmerksamkeit erforderlich sind. Wegen der anhaltenden leichten Tranquillizer-Wirkung nehmen die Patienten oft eine solche Leistungsabnahme selbst nicht wahr und überschätzen daher ihre eigenen Fähigkeiten. In Finnland wurden zum Beispiel bei Verkehrsunfällen bei einem relativ hohen Prozentsatz der Fahrer Benzodiazepine im Blut festgestellt. Nachwirkungen von Benzodiazepinen können nicht nur tagsüber andauern, sondern sogar noch in der folgenden Nacht nachgewiesen werden. Mit Hilfe der EEG-Spektralanalyse konnten wir kürzlich zeigen, daß nach einer einzigen Dosis eines Schlafmittels das Schlaf-EEG noch in der folgenden Nacht verändert ist.

Eine andersartige Nachwirkung von Schlafmitteln wurde vor einigen Jahren erstmals beschrieben: Besonders bei kurzwirkenden Mitteln kann es nach Absetzen des Medikaments zu einer vorübergehenden Verschlechterung des Schlafs kommen, ein Phänomen, das als »Rebound-Insomnie« bezeichnet wird. Es ist, als ob sich das Gehirn an das während längerer Zeit eingenommene Schlafmittel gewöhnt hat und nach plötzlichem Absetzen mit Entzugserscheinungen reagiert. Der Schlaf wird dabei vorübergehend unruhiger und oberflächlicher. Das hat leider oft zur Folge, daß Patienten wieder zur Tablette greifen, um die Schlafstörung zu beheben, und so nicht vom Schlafmittel loskommen. Eine allmähliche Reduktion der Dosis kann helfen, diese unangenehme Nachwirkung zu verhindern.

Da mit fortschreitendem Alter Schlafstörungen häufiger werden, nimmt auch der Gebrauch von Schlafmitteln zu. Ältere Leute reagieren indessen oft empfindlich auf diese Medikamente, und die Nachwirkungen sind ausgeprägter: Gleichgewichtsstörungen, Verwirrtheit und Gedächtnislücken können auftreten. Solche Symptome werden dann irrtümlich der Senilität der Patienten zugeschrieben. Im Alter ist daher mit Schlafmitteln ganz besondere Vorsicht geboten.

Wie wirken Schlafmittel?

Wie dies in der Pharmakologie oft der Fall ist, sind Schlafmittel meist das Produkt von Zufallsentdeckungen. Sie entstehen nur selten als Folge rationaler wissenschaftlicher Überlegungen. So können wir zwar die gebräuchlichsten Schlafmittel hinsichtlich ihrer Wirkungen und Nebenwirkungen gut beschreiben, ihren Wirkungsmechanismus jedoch verstehen wir kaum. Eine kürzlich gemachte Entdeckung hat indessen neue Hoffnung aufkommen lassen, daß die Wirkungsweise von Schlafmitteln vielleicht doch bald besser aufgeklärt werden kann. Im Jahre 1977 beschrieben eine schweizerische und eine dänische Forschergruppe, daß sich Benzodiazepine an bestimmte Stellen der Nervenzellmembran (Rezeptoren) binden. Dieser Befund war deshalb aufsehenerregend, weil einige Jahre zuvor die Entdeckung der Bindungsstelle von Opiaten (z. B. Morphin, Heroin) im Gehirn zur Entdeckung körpereigener Opiate (sog. Endorphine und Enkephaline) geführt hatte. Die Vermutung lag daher nahe, daß auch körpereigene Stoffe sich an die Benzodiazepin-Rezeptoren binden und dabei möglicherweise als natürliche Tranquillizer oder Schlafmittel wirken könnten. Trotz intensivster Bemühungen ist jedoch die Suche nach solchen Substanzen bisher vergeblich gewesen. Ganz erfolglos waren diese Forschungsanstrengungen aber nicht. Kürzlich ist es nämlich gelungen, Substanzen herzustellen, die zwar an den Benzodiazepin-Rezeptor binden, jedoch keine eigene biologische Wirkung ausüben. Die Verabreichung dieser sogenannten Benzodiazepin-Antagonisten macht es möglich, Schlafmittelwirkungen innerhalb kürzester Zeit wieder rückgängig zu machen. Vielleicht werden diese neuen Substanzen es ermöglichen, Wirkungen von Benzodiazepin-Schlafmitteln auf die nächtliche Schlafzeit zu beschränken. Noch ist es aber zu früh, die praktische Brauchbarkeit dieser interessanten neuen Präparate abzuschätzen.

»Natürliche« Schlafmittel

Bisher haben wir nur über Medikamente gesprochen, die ausschließlich vom Arzt verordnet werden können. Es gibt aber auch eine ganze Reihe oft verwendeter rezeptfreier Schlafmittel. Besonders die Präparate pflanzlichen Ursprungs sind in der Volksmedizin seit langem bekannt. Baldrian-Präparate gehören zu den am meisten verbreiteten Mitteln dieser Klasse. Trotz ihrer großen Beliebtheit sind ihre Wirkungen aber noch wenig untersucht. Kürzlich ist der in der Schweiz tätige Forscher Peter Leathwood der Frage nachgegangen, ob ein wäßriger Baldrianextrakt den Schlaf beeinflusst. In einer Doppelblind-Studie untersuchte er 128 Probanden, die vor dem Schlafengehen Kapseln zu sich nahmen, die entweder Baldrianextrakt oder Placebo enthielten. Die Wirkung wurde anhand von Fragebogen ermittelt. Es zeigte sich, daß das Baldrian-Präparat tatsächlich die selbst angegebene Zeit bis zum Einschlafen verkürzte und die Schlafqualität verbesserte. Die Wirkung war bei den schlechten Schläfern am ausgeprägtesten. Nachwirkungen am nächsten Tag wurden nicht festgestellt. Diese bisher einzige, nach streng wissenschaftlichen Kriterien durchgeführte Untersuchung hat also die schlaffördernde Wirkung des Baldrianextraktes bestätigt. Es wäre nun wichtig, diesen positiven Befund durch weitere Untersuchungen zu erhärten und die Dosis-Wirkungsbeziehung zu klären. Schließlich wäre es auch erwünscht, die im Extrakt enthaltenen wirksamen Substanzen zu isolieren. Zusammen mit Gisela

Balderer, einer Pharmazeutin, sind wir dabei, diese interessanten Probleme genauer zu klären.

In letzter Zeit macht das L-Tryptophan viel von sich reden. Es ist eine Aminosäure (d. h. ein Baustein von Eiweißen), die wir mit der Nahrung täglich in Mengen von 0.5-2 g zu uns nehmen. Obwohl es schon seit Jahren Berichte gibt, die auf eine schlaffördernde Wirkung von L-Tryptophan hinweisen, konnten andere Untersuchungen diese Ergebnisse nicht bestätigen. Aufgrund der vorliegenden Befunde müssen wir annehmen, daß diese Substanz bestenfalls ein schwaches Schlafmittel ist. In neuen Untersuchungen an Schlafgestörten wurde festgestellt, daß eine Schlafmittelwirkung erst nach einer mehrtägigen Einnahme auftrat. Es ist möglich, daß eine begrenzte Gruppe der Bevölkerung auf L-Tryptophan anspricht. Doch auch zur Bestätigung dieser Möglichkeit benötigen wir weitere Daten.

Alkoholische Getränke gehören zu den beliebtesten Hausmitteln gegen Schlafstörungen. Obschon auch hier »harte Daten« fehlen, ist doch anzunehmen, daß ein »Schlummertrunk« in vielen Fällen das Einschlafen begünstigt. Kleine Mengen von Alkohol wirken aber zu schwach zur Behandlung ernsthafter Schlafstörungen. Erhöht man die Dosis, nimmt die Wirkung zwar zu, doch bleibt sie meistens trotzdem auf die erste Nachthälfte beschränkt. Wie die Abbildung zeigt, kann es gegen Morgen zu einer eigentlichen Rebound-Insomnie kommen, die sich in längerer Schlaflosigkeit äußert. Der amerikanische Arzt E. T. Hurd schrieb schon 1891 »Leider ist der durch Alkohol verursachte Schlaf oft von kurzer Dauer. Der Patient erwacht nach einigen Stunden, ist aber wenig ausgeruht und kann während der restlichen Zeit wachliegen, ohne wieder einschlafen zu können.«^[37] Auch Katersymptome gehören zu den bekannten und unerwünschten Nachwirkungen dieses Mittels.

Präparate pflanzlichen Ursprungs, die zum Inventar der Volksheilkunde gehören, werden vielfach als Naturmittel angepriesen. Ihre Anwendung bei Schlafstörungen ist oft mit der Vorstellung verknüpft, diese Präparate bewirkten einen natürlicheren Schlaf als die auf chemischem Wege künstlich hergestellten Medikamente. Solche Ansichten entspringen indessen einem Wunschdenken und beruhen nicht auf wissenschaftlich gesicherten Erfahrungen. Auch sollten wir uns bei diesem Fragenkomplex vor Augen halten, daß Mittel pflanzlichen Ursprungs nicht nur Heilwirkung, sondern auch - wie verschiedene Beispiele zeigen - gefährliche Nebenwirkungen (z. B. Krebsförderung) hervorrufen können. Die Aufklärung ihrer Wirkung sollte deshalb durch ebenso gründliche wissenschaftliche Untersuchungen erfolgen wie das für pharmakologische Präparate vorgeschrieben ist.

[Abb. 5.5: Schaufenster eines amerikanischen Drug Stores. "Wir führen L-Tryptophan!" L-Tryptophan wird als natürliches Schlafmittel angepriesen, obwohl seine Wirkung noch sehr zweifelhaft ist. \(Mit freundlicher Genehmigung von Dr. A. Wirz-Justice.\) \(24k JPG file\)](#)

[Abb. 5.6: Schlafprofil nach Alkoholgenuß. Alkohol ist ein schlechtes Schlafmittel. Schlafprofil nach einem halben Liter Rotwein. Der Schlaf tritt rasch ein, hält jedoch nicht die ganze Nacht über an. Zwischen 4 und 6 Uhr liegt die Versuchsperson fast zwei Stunden schlaflos im Bett. Der REM-Schlaf-Eintritt ist verzögert. Unerwünschte Nachwirkungen \(Katersymptome\) am nächsten Tag sind häufig. \(22k JPG file\)](#)

Schlußbetrachtungen

Kehren wir am Schluß zu den eigentlichen Schlafmitteln zurück. Wir haben ihre Risiken, Nebenwirkungen und Nachwirkungen deshalb ausführlich dargestellt, weil sie von Laien und Ärzten vielfach zu wenig berücksichtigt werden. Bei ihrer Anwendung sollten wir uns vor Augen halten, daß Schlafmittel wirksame Medikamente sind, die die Schlafregulation und andere Gehirnfunktionen beeinflussen. Sie sollten deshalb nicht leichtfertig eingenommen werden, sondern nur dann, wenn eine erwiesene Notwendigkeit besteht. Dabei ist es wichtig, die Dosis so klein wie möglich zu halten und den Gebrauch auf eine möglichst kurze Zeitdauer zu beschränken, auch auf Grund der Erfahrung, daß bei einer längeren Anwendung die Wirksamkeit nachläßt. Trotz dieser Vorsichtsmassnahmen und der möglichen unerwünschten Wirkungen sollte man die Tatsache nicht aus den Augen verlieren, daß die Einführung der Benzodiazepine in die Medizin einen wesentlichen Fortschritt bedeutet.

| [Inhalt](#) | [Nächstes Kapitel](#) | [Kapitelanfang](#) | [Vorwärts](#) | [Zurück](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély - Kapitel 6

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

»Ich hab' die ganze Nacht kein Auge zugemacht« Schlaf- und Wachstörungen

Melde mir die Nachtgeräusche, Muse,
Die ans Ohr des Schlummerlosen fluten!
Erst das traute Wachtgebell der Hunde,
Dann der abgezählte Schlag der Stunde,
Dann ein Fischer-Zwiegespräch am Ufer,
Dann? Nichts weiter als der ungewisse
Geisterlaut der ungebrochenen Stille,
Wie das Atmen eines jungen Busens,
Wie das Murmeln eines tiefen Brunnens,
Wie das Schlagen eines dumpfen Ruders,
Dann der ungehörte Tritt des Schlummers
Conrad Ferdinand Meyer

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Schlaflosigkeit - eine »Volkskrankheit« ?

Frau M. ist 56 Jahre alt und leidet seit längerer Zeit unter Schlaflosigkeit. Wenn sie um elf Uhr abends zu Bett geht, liegt sie ein bis zwei Stunden wach. Tagesereignisse und Probleme gehen ihr durch den Kopf:

Reibereien mit Kollegen im Geschäft; eine große Zahnarztrechnung, die bald fällig ist; die Krankheit ihrer Mutter. Sie kann sich nicht entspannen, muß unablässig an diesen Dingen »herumstudieren«, und der Schlaf will und will nicht kommen. Jedesmal, wenn Frau M. zu Bett geht, hat sie Angst, wieder nicht schlafen zu können. Morgens um 6.30 Uhr läutet der Wecker. Sie muß aufstehen, obwohl sie sich noch müde und zerschlagen fühlt. Tagsüber kann sie sich schlecht auf ihre Arbeit konzentrieren, sie ist mürrisch, reizbar und nervös. Oft denkt sie: »Wenn ich nur einige Nächte gut schlafen könnte, wäre ich ein neuer Mensch.« Sie hat schon vieles versucht, um ihren Schlaf zu verbessern. Eine Zeitlang nahm sie Schlafmittel, die der Arzt ihr verschrieben hatte. Sie schlief mit diesen Medikamenten zwar rascher ein, fühlte sich aber anderntags müde und in einem unangenehmen »gedämpften« Zustand. Einmal kam es sogar vor, daß sie im Bus auf dem Weg zur Arbeit einnickte. Nach einiger Zeit ließ die Wirkung des Schlafmittels nach. Sie versuchte dann, ohne Medikamente auszukommen. Doch nach dem Absetzen des Mittels wurden die Nächte schlimmer als je zuvor. Bis 3.00 Uhr morgens lag sie wach und wenn sie endlich eingeschlafen war, wachte sie nach kurzer Zeit wieder auf.

Frau M. ist mit ihrer Schlafstörung nicht allein: Millionen von Menschen liegen Nacht für Nacht wach und warten vergeblich auf erholsamen Schlaf. In einer Umfrage, die Personen mittleren Alters in der Schweiz erfaßte, gab mehr als die Hälfte der Befragten an, zumindest gelegentlich an Schlafstörungen zu leiden. Bei 7 Prozent der Männer und bei 12 Prozent der Frauen war der Schlaf sogar fast jede Nacht gestört. Diese Zahlen stimmen im großen und ganzen mit Umfragen in anderen Ländern überein. In einer amerikanischen Erhebung bei erwachsenen Personen war bei 6 Prozent der Befragten der Schlaf so gestört, daß sie ärztliche Hilfe suchten. Bei ungefähr der Hälfte dieser schlafgestörten Patienten verschrieb der Arzt ein Schlafmittel.

In allen Umfragen fallen vor allem zwei Befunde immer wieder auf: 1. Schlafstörungen sind bei Frauen häufiger als bei Männern; 2. Schlafstörungen nehmen mit fortschreitendem Alter zu. Die Störungen äußern sich gewöhnlich in drei verschiedenen Formen, die einzeln, aber auch zusammen auftreten können. Die vielleicht bekannteste Störung ist die Einschlafstörung, die - wie wir bei Frau M. gesehen haben - sich in einem quälenden Wachliegen äußert, das in Extremfällen mehrere Stunden andauern kann. Während gute Schläfer ins Bett gehen und innerhalb von wenigen Minuten in den Schlaf sinken, läßt bei Schlafgestörten das Einschlafen lange auf sich warten. Der Schlaflose wälzt sich von einer Seite auf die andere, hört vom Kirchturm die Uhr schlagen und wartet vergeblich auf den erlösenden Schlaf. Eine zweite Form der Schlafstörung äußert sich im häufigen Erwachen nachts. Der Schlaf ist zu oberflächlich. Der Schlafende wacht oft auf, schläft meistens sogleich wieder ein, kann aber auch längere Zeit wachliegen. Diese Form der Schlafstörung wird auch als Durchschlafstörung bezeichnet. Eine dritte Störung ist das vorzeitige Erwachen in den Morgenstunden. Der Schlafgestörte erwacht beispielsweise um 4.00 Uhr morgens und kann nicht mehr einschlafen.

Wenn wir den Schlaf im Schlaflabor mit den im Kapitel 2 bereits beschriebenen Methoden untersuchen, können wir in vielen Fällen eine Einschlaf- oder Durchschlafstörung objektiv nachweisen. Wir finden eine verlängerte Einschlafzeit, einen unterbrochenen Schlaf oder eine Verkürzung der Gesamtschlafzeit ([Abbildung 6.2](#)). Interessanterweise gibt es aber auch eine beträchtliche Zahl von Schlafgestörten, die zwar angeben, während der ganzen Nacht kein Auge geschlossen zu haben, gemäß den Registrierungen im Schlaflabor aber mehrere Stunden lang geschlafen haben. Häufig überschätzen diese Personen auch die Zeit, die sie bis zum Einschlafen benötigen. So gaben in einer größeren Untersuchung schlafgestörte Patienten an, im Mittel mehr als eine Stunde zum Einschlafen zu benötigen, während Registrierungen

eine Einschlafzeit von weniger als 30 Minuten ergaben. Kann aus solchen Befunden geschlossen werden, daß Schlafgestörte eigentlich Simulanten sind?

Das wäre eine völlig verfehlte Schlußfolgerung. Gestörter, schlechter Schlaf ist eine Beschwerde, die, ähnlich wie das Schmerzgefühl, auf der eigenen Erfahrung basiert, weswegen es sinnlos ist, die Erfahrungstatsache aufgrund objektiver Meßgrößen in Frage zu stellen. Wenn ein Patient über ungenügenden, wenig erholsamen Schlaf klagt, so muß diese Beschwerde auch dann ernstgenommen werden, wenn sie nicht objektiviert werden kann.

Die Diskrepanzen zwischen objektiver und subjektiver Schlafqualität werfen indessen eine außerordentlich wichtige, wenn auch noch weitgehend ungeklärte Frage auf: Welche Aspekte des Schlafes sind für das Gefühl, gut und erholsam zu schlafen, wesentlich? Vieles deutet darauf hin, daß in dieser Hinsicht von Person zu Person große Unterschiede bestehen. Anders läßt sich nicht verstehen, warum Leute, die nur einen sehr kurzen, unterbrochenen Schlaf aufweisen, mit ihrem Schlaf durchaus zufrieden sind, während andere über gestörten Schlaf klagen, obwohl objektiv wenig Abnormitäten erkennbar sind. Es wäre ein großer Fortschritt, wenn ein Zusammenhang zwischen objektiven Meßgrößen (z. B. bestimmten EEG-Mustern) und der subjektiven Schlafqualität gefunden werden könnte. Bisher sind aber alle Bemühungen erfolglos geblieben.

Es ist möglich, daß Schlafgestörte eine Gruppe in der Bevölkerung bilden, die besonders empfindlich auf Schlafveränderungen und Schlafentzug reagiert und diese auch negativer bewertet. Man hat vermutet, daß bei solchen Personen Körperfunktionen auch nach dem Einschlafen aktiviert bleiben und daß daher der objektiv feststellbare Schlaf subjektiv nicht als Schlaf erlebt wird. Schließlich muß auch festgehalten werden, daß bei einer Untergruppe von Schlafgestörten Depressionen und Angstgefühle vorherrschen und daß die Schlafstörung in diesen Fällen als Ausdruck einer allgemeinen psychischen Störung betrachtet werden muß.

Die Ursachen von Schlafstörungen sind also außerordentlich mannigfaltig. In der bereits erwähnten schweizerischen Umfrage wurde als häufigste Ursache angegeben, daß man bestimmte Gedanken nicht aus dem Kopf bekommt. Ein Mädchen kann wegen ihres Liebeskummers nicht schlafen; Frau M. beschäftigen Konflikte am Arbeitsplatz, finanzielle Probleme und die Krankheit ihrer Mutter. Der Manager steht auch nachts noch unter dem Streß seiner Arbeit am Tage und bereitet in Gedanken bereits die morgige Sitzung vor. Obwohl er übermüdet ist, kann er nicht einschlafen. Für ihn wie für viele andere trifft leider das Goethe-Wort nicht zu:

Süßer Schlaf! Du kommst wie ein reines Glück ungebeten, unerfleht am willigsten. Du lösest die Knoten der strengen Gedanken, vermischest alle Bilder der Freude und des Schmerzes, ungehindert fließt der Kreis innerer Harmonien, und eingehüllt in gefälligen Wahnsinn, versinken wir und hören auf zu sein.

Aber nicht nur belastende, sondern auch freudige Gedanken können das Einschlafen verzögern. Am Vorabend ihres Geburtstages erschien meine achtjährige Tochter gegen Mitternacht im Wohnzimmer und erklärte, sie könne einfach nicht einschlafen: » Ich freue mich so sehr auf den morgigen Tag! «

Oft sind es Krankheiten, die den Schlaf beeinträchtigen: Schmerzen hindern den Kranken am Schlaf, obwohl gerade er den erlösenden, »süßen« Schlaf am sehnlichsten herbeiwünscht. Bei anderen sind es der quälende Husten oder die Atemnot, die den Schlaf nachts immer wieder unterbrechen.

Bei Gesunden sind es oft Bedingungen der Umgebung und Umwelt, die den Schlaf stören: Der dicht an den Wänden des Schlafzimmers vorbeibrausende Großstadtverkehr kann als ständiger, nächtlicher Ruhestörer wirken. In der erwähnten Umfrage war der Lärm von Straßen- und Flugzeugverkehr die meistgenannte Ursache für täglich auftretende Schlafstörungen. Die Nachtruhe ist heute offenbar ein Privileg geworden, auf das viele Menschen verzichten müssen.

Schließlich muß noch das Wetter als eine, wenn auch schlecht definierbare Ursache von Schlafstörungen genannt werden. Es ist bezeichnend, daß in der erwähnten Umfrage »Föhn und Wetterumschlag« als die zweithäufigste Ursache gelegentlicher Schlafstörungen angegeben wurde. In einer der wenigen Untersuchungen zu diesem Thema ergab sich, daß sowohl besonders hoher als auch besonders tiefer Luftdruck das Schlafbedürfnis tagsüber begünstigt. Leider ist aber über den Zusammenhang zwischen Wetter und Schlaf noch zu wenig bekannt. Vor allem wissen wir noch nicht, woran es liegt, daß gewisse Menschen auf Wetterveränderungen empfindlich reagieren, während andere solche Einflüsse überhaupt nicht wahrnehmen.

Es ist eine Erfahrungstatsache, daß man am besten in vertrauter Umgebung schläft, wo man sich geborgen und zu Hause fühlt. Ein fremdes Bett in einem Hotelzimmer und ungewohnte Geräusche nachts können den Schlaf beeinträchtigen. Auch Versuchspersonen, die im Schlaflabor untersucht werden, schlafen gewöhnlich in der ersten Nacht schlecht. Ihre Einschlafzeit ist verlängert, die erste REM-Schlafepisode tritt verspätet auf, Stadienwechsel und kurze Aufwachphasen sind häufig. Aus diesem Grunde wird in Schlafuntersuchungen die erste Nacht als Anpassungsnacht betrachtet und nicht ausgewertet.

Nicht nur die Bedingungen nachts, sondern auch die dem Schlaf vorangehende Zeit kann den Schlaf beeinflussen. So ist eine ungewöhnlich intensive körperliche oder geistige Tätigkeit in den Abendstunden dem Schlaf abträglich. Auch eine schwere Mahlzeit abends kann sich störend auswirken, besonders dann, wenn sie mit reichlichem Genuß von Alkohol, Kaffee und Nikotin verbunden ist. Daß schließlich auch die Zeit des Zubettgehens wichtig ist, werden wir im Kapitel über biologische Rhythmen noch sehen.

Bisher haben wir mehr oder minder gut definierbare Ursachen von Schlafstörungen betrachtet. Bei vielen Schlafgestörten sind aber solche nicht ohne weiteres erkennbar. Vor allem im fortgeschrittenen Alter treten häufig Schlafstörungen auf, ohne daß diese auf eine bestimmte Ursache zurückgeführt werden könnten. Offenbar wird im Alter der Schlaf »brüchiger« und kann nicht mehr während mehreren Stunden ununterbrochen andauern. Solche altersbedingten Schlafveränderungen können - müssen aber nicht- als Störung erlebt werden.

Bei schweren Schlafstörungen unbekannter Ursache muß der Arzt zu klären versuchen, ob verborgene psychische Störungen vorliegen. Schlafstörungen sind oft ein erstes Anzeichen einer Depression, welche unter Umständen versteckt (larviert) auftritt und deshalb nicht ohne weiteres erkennbar ist. In solchen Fällen muß sich die Behandlung auf die eigentliche Erkrankung, nicht auf das Symptom Schlafstörung richten. Auf das Thema »Schlaf und Depression« werden wir in anderem Zusammenhang noch zurückkommen (Kapitel 11 und 12). Aber nicht nur bei Depressionen, sondern auch bei anderen psychischen Erkrankungen und Suchtkrankheiten (z. B. Alkoholismus) sind Schlafstörungen häufig.

[Abb. 6.1: Schlaflosigkeit. »O Lune!... Inspire-moi ce soir quelque petite pensée...« \(Honoré Daumier, 1844\) \(56k JPG file\)](#)

[Abb. 6.2: Schlafstörung. Einschlaf- und Durchschlafstörung. Schlafprofil eines Patienten, der nach dem Zubettgehen während 40 Minuten nicht einschlafen kann, nachts mehrmals erwacht und um 5 Uhr nicht mehr weiterschlafen kann. Außerdem ist der Tiefschlafanteil \(Stadium 3 und 4\) gering und der Wechsel zwischen den Schlafstadien auffallend häufig. \(16k JPG file\)](#)

[Abb. 6.3: Zuweilen haben Schlafstörungen äussere Ursachen. »Brigand de propriétaire«. \(Honoré Daumier, 1847\) \(61k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Wege zu besserem Schlaf

Was kann man gegen Schlafstörungen unternehmen? Soll man den Arzt aufsuchen oder auf eigene Faust Maßnahmen ergreifen? Sind Schlafmittel die einzig wirksame Lösung oder gibt es noch andere Möglichkeiten? Führen Schlafstörungen zu gesundheitlichen Schädigungen? - Das sind einige der Fragen, die einem Schlafforscher immer wieder gestellt werden. Wenden wir uns zuerst der letztgenannten Frage zu. Wenn der Schlaf während ein bis zwei Nächten gestört ist, reagieren manche Leute schon mit Sorge und Angst und befürchten nachteilige gesundheitliche Auswirkungen. Diese Befürchtungen sind unbegründet. Kurzdauernde, gelegentlich auftretende Schlafstörungen kommen bei den meisten Menschen vor und bedürfen keiner speziellen Behandlung, da sie gewöhnlich von selbst verschwinden. Auch die sich dadurch ergebende Verkürzung der Schlafdauer hat keine ernsthaften Auswirkungen auf Befinden oder Gesundheit. Stellt man fest, daß Schlafstörungen häufiger werden, sollte man zunächst versuchen, sich über die möglichen Ursachen klar zu werden. Kommt man vielleicht von Problemen nicht los, die einen unaufhörlich beschäftigen? Sind es Spannungen im persönlichen oder beruflichen Bereich, die sich negativ auf den Schlaf auswirken? Füllen anspruchsvolle, anstrengende Tätigkeiten die Abendstunden aus, so daß sich die Probleme auch nachts im Kopf noch »weiterdrehen«? Oder ist es vielleicht das übermäßige Rauchen am Abend, das dann den Schlaf beeinträchtigt?

Zuweilen läßt sich der Schlaf schon allein dadurch deutlich verbessern, daß folgende Regeln der »Schlafhygiene« befolgt werden:

1. Regelmäßige Bettzeit. Der Schlaf ist Teil eines biologischen Tagesrhythmus (siehe Kapitel 11) und sollte jeweils in der gleichen Periode des 24-Stunden-Zyklus erfolgen. Unregelmäßige Schlafzeiten wirken sich negativ auf den Schlaf aus.

2. Die Abendstunden sollten der Muße und Entspannung gewidmet sein. Intensive körperliche oder geistige Tätigkeiten können den Schlaf beeinträchtigen. Auch schwere Mahlzeiten abends sind nicht ratsam.

3. Kein Mittagsschlaf. Beim Vorliegen von Schlafstörungen ist es von Vorteil, auf den Schlaf tagsüber zu

verzichten, um nicht dadurch das Schlafbedürfnis abends zu verringern.

4. Kein Koffein, Alkohol und Nikotin. Koffeinhaltige Getränke (Kaffee, Tee, Coca-Cola) und starkes Rauchen haben eine stimulierende Wirkung auf das Nervensystem und sind daher in den Stunden vor dem Zubettgehen zu meiden. Obwohl ein Gläschen vor dem Schlafengehen das Einschlafen begünstigen kann, wirken sich größere Mengen von Alkohol schlafstörend aus.

5. Günstige Schlafbedingungen: Geschlafen werden sollte in einem ruhigen, abgedunkelten, gut gelüfteten und nicht zu stark geheizten Raum. Das Bett sollte genügend groß sein, um entspanntes Liegen und Bewegungen zu erlauben. Viele Leute bevorzugen flache, nicht zu weiche Bettunterlagen.

Die Beachtung dieser einfachen Grundsätze kann den Schlaf bereits verbessern. Sollten aber nachts dennoch Schlafstörungen auftreten, so ist es ratsam, aufzustehen und sich zu beschäftigen (Lesen, Handarbeit usw.), anstatt schlaflos im Bett zu bleiben. Bei länger dauernden hartnäckigen Schlafstörungen sollte unbedingt der Arzt konsultiert werden.

Verschiedene Entspannungsübungen wurden zur Förderung des Schlafes vorgeschlagen. Ihre Anwendung beruht auf der Annahme, daß vielen Schlafstörungen eine fortbestehende Aktivierung des Organismus zugrunde liegt, die sich in übermäßiger Muskelspannung, zu hoher Pulsfrequenz und Körpertemperatur äußert. Diese Annahmen sind allerdings noch ungenügend belegt, da bisher ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Aktivierung und Schlafstörung nicht nachgewiesen wurde.

Entspannungstherapien haben also zum Ziel, die Überaktivität der Körperfunktionen zu dämpfen und damit den Schlaf zu ermöglichen. Die bei uns am besten bekannte Therapieform ist das Autogene Training. Man übt dabei, durch Vorstellungskraft ein Wärme- und Schweregefühl in den Gliedern zu erzeugen, was gleichzeitig mit einer beruhigenden Muskelentspannung einhergeht. Andere Beispiele ähnlicher Entspannungstherapien sind die sogenannte »Progressive Relaxation« und das »EMG-Biofeedback Training«. Bei der letztgenannten Methode werden wie im Schlaflabor die elektrischen Ströme der Willkürmuskulatur (EMG) abgeleitet und der Versuchsperson durch einen Ton rückgemeldet (daher der Ausdruck Feedback). Aufgabe der Versuchsperson ist es zu lernen, den Ton für immer längere Zeitperioden zum Verschwinden zu bringen und sich auf diese Weise immer besser zu entspannen. Obwohl bei gewissen schlafgestörten Patienten Erfolge erzielt wurden, haben sich diese Methoden nicht als allgemein anwendbare Behandlungsformen von Schlafstörungen erwiesen. Dies trifft auch für die Psychotherapie zu, die versucht, die den Schlafstörungen zugrunde liegenden Konflikte zu behandeln. Die mannigfaltigen Ursachen der Störungen sowie die Schwierigkeit, den Erfolg der Behandlungen zuverlässig festzustellen, erschweren die Beurteilung nichtmedikamentöser Behandlungsformen und lassen bis heute keine allgemein gültigen Schlußfolgerungen zu. Aber ein Vorteil dieser Techniken ist zweifellos das Fehlen unerwünschter Nebenwirkungen und anderer Risiken. Positiv ist auch zu bewerten, daß der Schlafgestörte veranlaßt wird, durch seine eigene Initiative die Störung zu beheben und nicht nur in einer passiven Haltung auf Hilfe von außen zu warten. Gerade die Therapie mit Schlafmitteln erfordert vom Patienten sehr wenig eigene Initiative. Er schluckt vor dem Schlafengehen die ihm verschriebene Tablette und überläßt alles weitere der chemischen Wirkung des Medikaments. Er nimmt dabei Nacht für Nacht seine Tablette ein und ist überzeugt, ohne das Schlafmittel nicht mehr schlafen zu können. Durch dieses Verhalten wird er nach und nach die bequeme chemische Krücke als Dauerlösung akzeptieren und nicht versuchen, den Ursachen seiner Schlafstörung nachzugehen. Es ist daher nochmals zu betonen, daß Schlafmittel keine Heilmittel sind, sondern nur eine

vorübergehende Notlösung darstellen. Wie bei der Behandlung von Schmerzen sollte auch bei Schlafstörungen die Linderung der Pein nur der erste Schritt sein, auf den dann die echte Heilbehandlung folgt.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Schlafwandeln

Der mit ausgestreckten Armen und geschlossenen Augen auf dem Dachfirst balancierende Schlafwandler gehört zum festen Bestand von Witzzeichnungen. Viele Mythen umranken diesen merkwürdigen und rätselhaften Zustand, in welchem Schlafen und Wachen in paradoxer Art verknüpft scheinen. Lange Zeit war man der Ansicht, der Schlafwandler werde von seinem Traumgeschehen beherrscht und lebe gleichsam seine Träume aus. Neuere Untersuchungen haben diese Auffassung nicht bestätigt. So zeigten Registrierungen im Schlaflabor, daß Schlafwandeln im Tiefschlaf (Stadium 3 und 4) beginnt, in welchem Traumerlebnisse selten sind. Der Schläfer bleibt während kürzerer Schlafwandelerepisoden in diesem Schlafstadium, während sich bei längeren Episoden das EEG in Richtung auf ein Einschlaf- oder Wach-EEG ändert. Intensität und Dauer von Schlafwandelereignissen können sehr unterschiedlich sein. Bei ganz kurzen Episoden sitzt der Schläfer lediglich im Bett auf, murmelt einige meist unverständliche Worte und legt sich sogleich wieder hin. Bei längeren Episoden steigt er aus dem Bett, geht im Zimmer umher oder zieht sich sogar an. Seine Augen sind dabei gewöhnlich offen, der Gesichtsausdruck bleibt starr. Der Schlafwandler kann offenbar sehen, denn er weicht Möbeln oder anderen Hindernissen aus. Auf einfache Fragen kann er einsilbige Antworten geben. Oft legt er sich außerhalb des Bettes - z. B. in der Badewanne - nieder und ist morgens sehr erstaunt, in ungewohnter Umgebung zu erwachen.

Es ist aber ein verbreiteter Irrglaube, daß sich Schlafwandler mit »schlafwandlerischer Sicherheit« bewegen. Unfälle sind häufig, und die Verletzungsgefahr ist darum auch der bedrohlichste Aspekt dieses Zustandes. Schlafwandler sind schon aus dem Fenster gestürzt, weil sie es vermutlich für die Türe hielten. Um gleich zu Beginn einer Episode zu erwachen, werden gelegentlich schon abends bestimmte Vorkehrungen getroffen. Beispielsweise wird eine Wanne mit kaltem Wasser neben das Bett gestellt oder eine Schnur an den Bettpfosten geknüpft, deren anderes Ende sich der Schlafwandler um den Leib bindet. Doch auch solche Maßnahmen sind nicht unbedingt wirksam, weil ein Schlafwandler das Wasser neben dem Bett ohne weiteres vermeiden und sogar die Schnur im Schlaf losbinden kann. Bei Kindern ist Schlafwandeln relativ häufig und kann sogar absichtlich hervorgerufen werden, indem man ein Kind im Tiefschlaf auf die Beine stellt. Obwohl die Ursache des Schlafwandeln noch ungeklärt ist, scheint diese Schlafstörung in bestimmten Familien gehäuft aufzutreten, so daß eine erbliche Veranlagung wahrscheinlich ist. In den meisten Fällen verschwindet das Schlafwandeln mit dem Erwachsenwerden von selbst.

In gewissem Sinne bildet das Schlafwandeln ein Gegenstück zum Träumen. Der Träumende erlebt eine reichhaltige, farbige Welt, in der sich Seltsames zuträgt. Seine Muskelspannung ist jedoch - mit Ausnahme kurzer Zuckungen und rascher Augenbewegungen - vollständig verschwunden. Der Schlafwandler hingegen bewegt sich fast wie ein Wacher, befindet sich dabei aber in einem traumlosen Dämmerzustand, an den er sich nach dem Erwachen nicht erinnern kann. Träumen wie Schlafwandeln zeigen eindrucksvoll, daß der Schlaf kein einheitlicher Zustand ist, sondern daß durchaus auch

wachähnliche Erlebnisse und Aktivitäten im Schlaf auftreten können.

[Abb. 6.4: »Der Schlafwandler« \(Honoré Daumier\) \(83k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Narkolepsie und Schlafsucht

Die Narkolepsie ist eine Störung des Wachzustandes, die durch Schlafanfälle tagsüber gekennzeichnet wird. Obwohl sie keine häufige Krankheit ist (etwa ein Fall pro 1000 bis 2000 Personen), ist die Gesamtzahl der betroffenen Personen doch beträchtlich (in den USA etwa 100'000). Auch die Narkolepsie tritt gehäuft innerhalb gewisser Familien auf, so daß eine vererbare Veranlagung angenommen wird.

Betrachten wir eine Fallstudie, die vom amerikanischen Schlafforscher Peter Hauri berichtet wird: R. war ein sechsendreissigjähriger Bauer, der seit seinem 17. Lebensjahr über Tag dreimal während 10-15 Minuten schlief. Seine Freunde und Bekannten schrieben diese auffällige Eigenart seiner Faulheit zu. R. zeigte aber noch eine weitere Merkwürdigkeit: Jedesmal, wenn ihn seine Kinder wütend machten und er sie zurechtweisen oder strafen wollte, wurden ihm plötzlich die Knie schwach, so daß er sich hinsetzen mußte und gelegentlich sogar kraftlos zu Boden sank. Er betrachtete diese Schwäche als ein psychologisches Problem und suchte deswegen bei einem Psychotherapeuten Hilfe. Bei einer Untersuchung in der Schlafklinik wurde zunächst eine Aufzeichnung des Tagschlafs durchgeführt. Dabei wurde deutlich, daß bei R. sofort nach dem Einschlafen der REM-Schlaf auftrat, was bei gesunden Personen äußerst selten vorkommt. Auf dem Hintergrund der Krankengeschichte bestätigte diese Beobachtung, daß es sich um eine Narkolepsie handelte, die dann in der Folge mit Medikamenten behandelt werden konnte.

Die auffälligste Störung bei einer Narkolepsie besteht im unwiderstehlichen Schlafbedürfnis, das mehrmals pro Tag auftreten kann. Nach einer solchen kurzen Schlafepisode erwacht der Patient jeweils erfrischt. Aber nicht nur der Wachzustand, sondern auch der Nachtschlaf ist in den meisten Fällen stark gestört. In der [Abbildung](#) sehen wir den über einen Monat aufgezeichneten Ruhe- /Aktivitäts-Rhythmus eines Gesunden und eines Narkoleptikers. Diese, in Zusammenarbeit mit Albert Wettstein, Oberarzt an der Neurologischen Universitätsklinik Zürich, vorgenommene Aufzeichnung zeigt eindrücklich die häufigen Schlafepisoden tagsüber sowie die stark gestörten Nächte, die sich von der klar abgegrenzten Ruhezeit des Gesunden deutlich unterscheiden.

Narkoleptische Schlafattacken können unter ganz ungewöhnlichen Umständen auftreten, z. B. während des Essens oder Radfahrens, ja sogar im Verlaufe des Geschlechtsverkehrs. Wie im Falle von R. wird die Störung oft lange nicht als Krankheit erkannt, sondern als Charaktereigenschaft des Patienten angesehen, was dann zu Schwierigkeiten in den zwischenmenschlichen Beziehungen führen kann. Weitere Erscheinungen können, müssen aber nicht die Schlafattacken begleiten. Wie wir im Falle von R. gesehen haben, trat gelegentlich eine plötzliche Muskelschwäche (eine sog. Kataplexie) auf. Typischerweise wird dieser Schwächezustand durch starke Emotionen (Wut, Angst, Lachen) ausgelöst. Schon ein lustiger Witz kann bewirken, daß die Muskelspannung der Beine nachläßt und der Patient kraftlos zu Boden

sinkt. Er bleibt dabei bei Bewußtsein und erhebt sich nach wenigen Sekunden wieder.

Auch bei Gesunden kann es vorkommen, daß bei einer Schreckensnachricht »die Knie weich werden«. Diese an sich normale Reaktion scheint also bei Narkoleptikern übermäßig ausgebildet zu sein. Ein ebenfalls bei Gesunden zumindest ansatzweise auftretendes weiteres Symptom der Narkolepsie ist die Schlaflähmung. Beim Einschlafen oder beim Erwachen kann sich der Patient nicht bewegen und fühlt sich für Sekunden bis Minuten gelähmt, ein Zustand, der von starken Angstgefühlen begleitet wird. Eine Berührung von außen bringt die Lähmung zum Verschwinden. Narkoleptische Patienten berichten schließlich auch oft über ausgesprochen lebhaft, traumähnliche Erlebnisse beim Einschlafen oder beim Aufwachen, die ebenfalls mit Angstgefühlen einhergehen können.

Die Ursache der Narkolepsie ist unbekannt. Die Schlafattacken sowie ihre Begleiterscheinungen lassen aber vermuten, daß eine Störung des Gleichgewichts zwischen REM-Schlaf und Wachzustand vorliegt. Sowohl der mit REM-Schlafperioden beginnende Tagesschlaf als auch der plötzliche Verlust der Muskelspannung (Kataplexie), die Schlaflähmung und ebenso die intensiven Traumerlebnisse weisen auf eine mangelhafte Abgrenzung des REM-Schlafs vom Wachzustand hin. Daß die Störung nicht nur auf den Menschen beschränkt ist, hat eine Beobachtung erst kürzlich gezeigt, als Narkolepsie bei einer Hunderasse festgestellt wurde.

Betrachten wir nun eine weitere Störung anhand einer Krankengeschichte: S. leidet tagsüber unter übermäßiger Schläfrigkeit. Schon seit seiner Kindheit konnte er morgens kaum aufwachen und mußte minutenlang heftig geschüttelt werden, bis er endlich aufstand. Als Knabe bastelte er sich einen besonders lauten Wecker, da er gewöhnliche Wecker nicht hörte. Mit seinem Getöse weckte der Spezialwecker zwar alle Familienmitglieder und sogar die Nachbarn, aber S. schlief weiter. War es ihm endlich gelungen aufzustehen, konnte er sich zwar anziehen und das Frühstück vorbereiten, doch taumelte er noch eine Stunde lang schlaftrunken umher und hatte Mühe, wach zu bleiben. Tagsüber blieb er schläfrig. Obwohl er einen ausgedehnten Mittagsschlaf pflegte, fühlte er sich auch nachmittags nach dem Aufwachen nicht ausgeruht. Diese Krankengeschichte weist darauf hin, daß S. unter Schlafsucht (Hypersomnie) litt, einer Störung, deren Ursachen noch ungeklärt sind. Auch in diesem Fall scheint das Gleichgewicht zwischen Wach- und Schlafsystem gestört.

[Abb. 6.5: Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus eines Narkoleptikers und eines Gesunden. Narkoleptiker leiden unter unwiderstehlichen Schlafanfällen tagsüber und unter Schlafstörungen nachts. Der Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus eines Narkoleptikers und eines Gesunden wurde länger als einen Monat ununterbrochen aufgezeichnet. Jede waagrechte Linie entspricht einem Tag \(von Uhr bis anderntags 17 Uhr\), die Aufzeichnung beginnt oben. Die Wachaktivität des Narkoleptikers ist immer wieder durch kürzere Schlafperioden unterbrochen. Die Nächte zeigen außerordentlich viel Bewegungsaktivität als Ausdruck der massiven Schlafstörung. Im Gegensatz zum Gesunden unterscheidet sich die Bewegungsaktivität des Narkoleptikers tagsüber und nachts nur wenig. Dies kommt auch in den zuunterst dargestellten, über die ganze Registrierdauer gemittelten Kurven zum Ausdruck. \(Aus einer Untersuchung in Zusammenarbeit mit Dr. A. Wettstein.\) \(58k JPG file\)](#)

Schnarchen und Schlafapnoe

Patient zum Arzt: »Herr Doktor, was soll ich machen? Ich schnarche so laut, daß ich nachts immer wieder aufwache.« Arzt: »Nehmen Sie diese Tabletten vor dem Schlafengehen, und wenn sie Ihnen nicht helfen, schlafen Sie in einem anderen Zimmer!«

Das Schnarchen ist ein beliebtes Thema von Anekdoten und Witzen. Ein ungebührlich laut schnarchender Bettpartner ist aber auch eine häufige Ursache von Ehestreit und kann sogar ein Scheidungsgrund sein. Wie berichtet wird, brachte ein Ehemann seine Frau wegen Körperverletzung vor Gericht. In ihrer Verteidigung führte diese an, sie habe während einiger Zeit dem unerträglichen Schnarchen ihres Mannes zugehört, dann ihren Mann dreimal gebeten, sich auf den Bauch zu drehen, und als er es nicht tat, ihn leicht mit einer Keule beklopft.

Wie eine Umfrage der Weltgesundheitsorganisation in Italien ergab, schnarchen zehn Prozent aller Erwachsenen so laut, daß es im Nebenzimmer hörbar ist. Das wird auch als »heroisches«, oder »legendäres« Schnarchen bezeichnet. Messungen haben Lautstärken bis zu 80 Decibel ergeben, einen Lärmpegel, der demjenigen eines Preßlufthammers (70-90 Decibel) nahekommt. In Umfragen wurde festgestellt, daß rund 31 Prozent der Männer und 19 Prozent der Frauen Nacht für Nacht schnarchen. Vor allem im Tiefschlaf ist das Schnarchen intensiv und nimmt im REM-Schlaf ab oder verschwindet völlig. Mit fortschreitendem Alter wird Schnarchen häufiger.

Wie entsteht dieses störende Geräusch? Wie wir bereits gesehen haben, nimmt die Muskelspannung nach dem Einschlafen ab. Besonders wenn man auf dem Rücken liegt, rutschen Zunge und Unterkiefer etwas nach hinten, was den aus der Nasenhöhle kommenden Luftstrom behindern kann. Die Folge ist, daß der Schläfer durch den Mund atmet. Die rasch eingesogene Luft versetzt das Gewebe der oberen Luftwege, besonders den weichen Gaumen und die Gaumensegel, in Schwingungen, die als Schnarchlaute hörbar werden. Besonders übergewichtige Personen schnarchen häufig. Ihr Leibesumfang zwingt sie, auf dem Rücken zu schlafen, und das im Rachen eingelagerte Fett begünstigt die Schwingungen. Abmagern hat sich schon oft als wirksame Behandlungsmethode des Schnarchens erwiesen. Gelegentlich wird auch der »Schnarchball« verwendet: eine harte kleine Kugel (z. B. ein Golfball), die auf der Rückseite des Pyjamas eingenäht wird und verhindern soll, daß der Schläfer auf dem Rücken liegt. Kinnbinden werden ebenfalls als Anti-Schnarchmittel angewendet. Neuerdings gibt es sogar ein Schnarch-Feedback-Gerät, das bei einem Schnarchlaut dem Schlafenden einen schwachen Stromstoß versetzt.

Schnarchen kann aber auch als Folge krankhafter Veränderungen in den Luftwegen entstehen: Erkältungen, Allergien und Nebenhöhlenerkrankungen, bei Kindern auch häufig vergrößerte Rachenmandeln können das Atmen behindern. Erst in den letzten Jahren wurde man gewahr, daß lautes Schnarchen auch als Symptom einer schwerwiegenderen Störung, der Schlafapnoe (A-pnoe = ohne Atmung) auftreten kann.

Die Schlafapnoe ist eine Atemstörung im Schlaf, die sich als wiederholt auftretende Perioden von Atemstillstand äußert. Sie können einige hundert Mal pro Nacht auftreten und dauern gewöhnlich nur wenige Sekunden, können aber in Extremfällen bis zu zwei Minuten bestehen bleiben. Während der Atem stillsteht, wird der Schläfer zunehmend unruhig und dreht sich heftig im Bett, ohne aber dabei

aufzuwachen. Sobald die Atmung wieder einsetzt, kommt es zu einem lauten, explosiven Schnarchen. Apnoe-Patienten sind häufig übergewichtige Männer über vierzig Jahre, seltener Frauen. Während der Atemstillstand-Episoden schließen sich die oberen Luftwege und verhindern das Einatmen. Der Verschuß ist wahrscheinlich auf einen abnormen Abfall der Muskelspannung im Rachenraum zurückzuführen. Die Ursache der Störung ist unbekannt, doch wird eine erbliche Veranlagung vermutet.

Die Schlafapnoe hat zwei verschiedene Auswirkungen. Erstens kommt es in den meisten Fällen zu einer übermäßigen Schläfrigkeit tagsüber, die häufig so ausgeprägt und störend ist, daß die Patienten den Arzt aufsuchen. Das Schlafbedürfnis ist wahrscheinlich die Folge der Atemstörung im Schlaf, die, ohne Wissen des Betroffenen, zu einem Schlafdefizit führt. Die Apnoe hat aber häufig noch eine zweite, schwerwiegendere Folge: Während der Atemstillstands-Perioden sinkt die Sauerstoffkonzentration im Blut ab, was zu einem chronischen Sauerstoffdefizit im Körper führen kann. Dadurch können Kreislaufstörungen auftreten, insbesondere eine Erhöhung des Blutdrucks im Lungenkreislauf sowie Herzrhythmusstörungen. Schlafmittel und Alkohol verschlimmern die Schlafapnoe, da sie die Atemtätigkeit im Schlaf zusätzlich dämpfen. Manche Forscher vermuten, daß die Schlafapnoe eine wichtige Ursache vieler ungeklärter Todesfälle ist, die bei älteren, übergewichtigen Personen im Schlaf auftreten. Leider ist die Behandlung dieser Störung schwierig. Die Reduktion des Körpergewichts kann sich günstig auswirken. In sehr schweren Fällen muß ein Luftröhrenschnitt durchgeführt werden, um die Atmung nachts zu gewährleisten.

Atemstillstand im Schlaf kann auch schon bei Kindern vorkommen. Es wird vermutet, daß der plötzliche »Krippentod« von Säuglingen auf diese Ursache zurückzuführen ist. Offenbar ist auch bei dieser Störung eine erbliche Veranlagung vorhanden, da nach statistischen Erhebungen Geschwister der betroffenen Kinder viel mehr gefährdet sind als fremde Säuglinge. Es gibt Hinweise, daß solche Kinder weniger leicht aus dem Non-REM-Schlaf aufwachen und möglicherweise deshalb eher das Opfer eines Atemstillstands werden. Verschiedene Forschergruppen sind dabei, dieses Problem intensiv zu untersuchen, und es ist zu hoffen, daß es bald gelingen wird, die Ursache dieser tragischen Todesfälle aufzuklären und sie dann wirksam zu verhindern.

Von den fast siebzig Arten von Schlaf- und Wachstörungen, die unterschieden werden, haben wir hier nur einige wenige besprechen können. Solche, die mit Rhythmusverschiebungen (z. B. Schichtarbeit) in Beziehung stehen, werden wir noch in Kapitel 11 kennenlernen. Die hier erwähnten Beispiele sollten aber genügen, um uns zu vergegenwärtigen, daß weder der ruhige, ungestörte, erholsame Nachtschlaf noch das ausgeruhte Wachsein Selbstverständlichkeiten sind. Schlafstörungen sind zwar selten lebensbedrohend, können aber die Lebensqualität in subtiler und nachhaltiger Weise beeinträchtigen und müssen daher ernstgenommen werden.

[Abb. 6.6: Schnarchen. Schnarchen kann zum »sozialen« Problem werden \(Schlagzeile in der Tageszeitung Blick, 5. November 1983.\) \(17k JPG file\)](#)

| [Inhalt](#) | [Nächstes Kapitel](#) | [Kapitelanfang](#) | [Vorwärts](#) | [Zurück](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély - Kapitel 7

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Vom Schlaf der Tiere

»Daraus ergibt sich nun,
daß alle lebenden Wesen die Fähigkeit zu schlafen haben.
Denn der Begriff des lebenden Wesens besteht darin,
daß es Empfindungen hat.
Wir behaupten aber,
daß der Schlaf gewissermaßen eine Unbeweglichkeit
und Fessel der Empfindung sei,
das Erwachen aber
ihre Lösung und Befreiung.«

Aristoteles

»Ich schlafe wie ein Murmeltier.« -
»Du bist ein Siebenschläfer!« -
»Er schläft wie ein Bär.«

Vergleiche eines guten, tiefen Schlafes mit dem Schlaf bestimmter Tiere sind gang und gäbe. Das in seinem unterirdischen Bau eingekugelte, von dickem Pelz umhüllte Murmeltier ruft Vorstellungen von Sicherheit und Wärme hervor, die wir mit gutem Schlaf in Zusammenhang bringen. Beruhen diese ansprechenden Bilder auf Tatsachen? Verbringt das Murmeltier den Winter in einem, dem tiefen Schlaf des Menschen vergleichbaren Zustand? Wie wir im letzten Abschnitt dieses Kapitels sehen werden, unterscheidet sich der Winterschlaf von unserem Nachtschlaf. Auch der Schlaf des Braunbären, der zwar keinen eigentlichen Winterschlaf, aber eine Winterruhe pflegt, ist nicht unbedingt mit dem nächtlichen Tiefschlaf vergleichbar. Bei solchen oft angeführten Vergleichen aus der Tierwelt ist daher Vorsicht geboten. Wir sollten den Schlaf der Tiere nicht »vermenschlichen«, indem wir unsere eigenen Empfindungen in das schlafende Tier projizieren. Die systematische Beobachtung sowie die Registrierung der Schlafstadien geben uns zuverlässigere Auskunft darüber, welche Tiere wann und wie

schlafen.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Von Füchsen, Ratten, Elefanten - der Schlaf von Säugetieren

Vor dem Schlafengehen scharrt der Fuchs den Boden auf und beginnt sich dann am Ort kreisend einmal in die eine, dann in die andere Richtung zu drehen, wobei die Schnauze beinahe die Schwanzspitze berührt. Durch dieses Verhalten wird eine Liegemulde zurechtgetreten. Dann setzt sich der Fuchs, schlägt den Schwanz bogenförmig nach vorn ein und legt sich anschließend nieder. Vorderkörper und Kopf sind so gebogen, daß die Schnauze zur Schwanzwurzel gerichtet ist. Schließlich wird die Schnauze noch kurz angehoben, dann gesenkt und unter den Schwanz geschoben (Abb. 7.1).

Ein solches, von der Zoologin Liselore Hassenberg beschriebenes »Schlafritual« ist nicht nur beim Fuchs zu beobachten, sondern auch bei vielen anderen Tieren. Offensichtlich legen sich Tiere nicht unvermittelt an einem beliebigen Ort nieder, um zu schlafen. Vielmehr stimmen sie sich durch vorbereitende Handlungen gleichsam in den Schlafzustand ein. Auch der Schlafort ist für jedes Tier typisch. Fuchs und Bär wählen mit Vorliebe schwer zugängliche Orte, z. B. Höhlungen, für ihren Schlaf. Die Mönchsrobbe hat das Problem des sicheren Schlafplatzes besonders originell gelöst. Sie taucht an steilen Felsklippen in Höhlen, die, nur unter Wasser zugänglich, aber so hoch liegen, daß sie innen trocken sind. Dort kann die Robbe ungestört und sicher schlafen. Nagetiere ziehen sich in ihre Schlafnester zurück. Der Hamster errichtet sein Nest im Erdwall, das Eichhörnchen auf Bäumen. Auch einige Menschenaffen schlafen auf Bäumen. Sie richten sich allerdings jeden Abend ein neues Schlafnest ein. Von gewissen Vögeln (zum Beispiel den Perlhühnern) ist bekannt, daß sie sich abends auf ihre sogenannten Schlafbäume zurückziehen, um dort in einer größeren Gruppe die Schlafzeit zu verbringen.

Wie der Mensch nehmen auch Tiere typische Schlafstellungen ein, von denen einige auf der [Abbildung](#) gezeigt sind. Die Katze ruht in gestreckter oder eingerollter Seitenlage. Andere Tiere bevorzugen die eingerollte Bauchlage (Kaninchen, Fuchs, Pferd) oder die Seitenlage (Katze, Känguruh). Die auf der [Abbildung](#) dargestellte Hyäne schläft in der sogenannten Bilchlage, wobei der Körper von der Nasenspitze bis zum Schwanz bäuchlings eingekrümmt ist. In dieser Schlafstellung kann sich das Tier zu einer vollständigen Kugel einrollen. Die seltenere Rückenlage bevorzugen Löwen, sie kann aber auch von anderen Tieren, z. B. Kaninchen oder Bären, eingenommen werden. Der auf der [Abbildung](#) dargestellte Leopard schläft in der Reitlage auf einem Ast, wobei die Beine und der Schwanz schlaff herabhängen. Noch auffälliger ist die Hängehaltung im Schlaf, wie sie für die Fledermaus als typisch gilt. Beobachtungen bestätigen also, daß Säugetiere in ganz charakteristischen Stellungen schlafen. Weisen sie aber auch Schlafstadien auf, die denjenigen des Menschen vergleichbar sind?

Um diese Frage zu beantworten, müssen wir die elektrischen Hirnströme (EEG) zu Rate ziehen. Ähnlich wie beim Menschen kann auch bei Tieren das EEG durch auf dem Schädel oder auf der Hirnoberfläche aufliegende Metallelektroden abgeleitet und registriert werden. [Abbildung 7.2](#) zeigt elektrische Hirn- und Muskelpotentiale der Ratte während des Wachzustandes und in den Schlafstadien, wie wir sie vom Menschen her kennen. Wir erkennen, daß die Kurvenbilder bei der Ratte jenen beim Menschen durchaus

vergleichbar sind. Im Wachzustand sind die Wellen klein und weisen einen regelmäßigen Rhythmus von etwa sieben Schwingungen pro Sekunde auf (Theta- Rhythmus). Die Willkürmuskulatur ist angespannt, was rasche und große Ausschläge in der Muskelableitung (EMG) zur Folge hat. Nach dem Einschlafen sinkt diese Muskelspannung ab. Im Non-REM-Schlaf zeigen die Hirnstromkurven hohe, breite und unregelmäßig auftretende Wellen, im REM-Schlaf dagegen kleine, rasche und regelmäßige Schwingungen. Im REM-Schlaf treten neben den raschen Augenbewegungen sporadische Zuckungen der Schnauzenhaare und Pfoten auf. Non- REM-Schlaf und REM-Schlaf konnten praktisch bei allen bisher untersuchten Säugetieren beobachtet werden. Ausnahmen bilden der Delphin und der zu den Schnabeltieren gehörende Ameisenigel, bei denen kein REM-Schlaf festgestellt wurde. Die Schlafstadien und ihre typischen Veränderungen im EEG sind also für die meisten Säugetiere charakteristisch.

Kehren wir nun zur Ratte zurück, um ihren Schlaf noch etwas genauer unter die Lupe zu nehmen. Die Ratte ist ein nachtaktives Tier und schläft vor allem tagsüber. Schlafregistrierungen über 24 Stunden zeigten, daß die Ratte pro Tag etwa zwölf Stunden schläft. Von diesen entfallen zehn Stunden auf den Non-REM-Schlaf und zwei Stunden auf den REM-Schlaf. Die Tageszeit, die der nächtlichen Schlafzeit des Menschen entspricht, verbringt das Tier indessen nicht ausschließlich schlafend, sondern ist mehr als zwei Stunden wach. Wie viele andere Tiere hat auch die Ratte einen »polyphasischen«, also mehrphasischen Schlaf, der immer wieder von Wachperioden unterbrochen wird. Eine einzelne Schlafepisode der Ratte dauert in der Regel nur wenige Minuten und wird dann von einer meist kurzen Wachepisode abgelöst. Wie beim Menschen beginnt auch bei Tieren die Schlafepisode mit Non-REM-Schlaf, und geht anschließend in REM-Schlaf über. Ein einzelner Non-REM-/REM-Schlafzyklus dauert bei der Ratte lediglich zehn Minuten. Die Dauer einzelner Schlafstadien ist damit viel kürzer als beim Menschen.

Wie sind die Verhältnisse bei anderen Säugetieren? Nun, wir finden auch unter den Tieren Langschläfer und Kurzs schläfer. Zu den Langschläfern gehört zweifellos die Fledermaus, die täglich 20 Stunden schlafend verbringt. Auch das Opossum (18-19 Stunden) und der Igel (17-18 Stunden) gehören zu dieser Gruppe. Im Gegensatz dazu kommen Kuh, Pferd und Elefant mit lediglich drei bis vier Stunden Schlaf pro Tag aus. Vom Elefanten wurden allerdings auch längere Schlafzeiten berichtet. Zwischen Schlafdauer und REM-Schlafanteil scheint kein direkter Zusammenhang zu bestehen. Ein Pferd, das lediglich drei Stunden pro Tag schläft, verbringt 20 Prozent seiner Schlafzeit im REM-Schlaf, der Maulwurf mit acht bis neun Stunden Schlaf 25 Prozent, während die Maus mit 13 Stunden Schlaf lediglich zehn Prozent REM-Schlaf aufweist. Gewisse übereinstimmende Gesetzmäßigkeiten lassen sich trotzdem erkennen: So gilt für Mensch und Tier gleichermaßen, daß sie im frühen Lebensalter einen sehr hohen REM-Schlafanteil zeigen, der im Lauf der Entwicklung rasch abnimmt. Die Ratte beispielsweise verbringt in den ersten zehn Tagen nach der Geburt 72 Prozent ihrer Schlafzeit im REM-Schlaf, im Erwachsenenalter dagegen nur 15-20 Prozent. Ähnliche Veränderungen finden wir bei der Katze. Hingegen ist beim Meerschweinchen, das in einem viel reiferen Zustand zur Welt kommt, der REM-Schlafanteil nach der Geburt bereits viel kleiner als bei Ratte oder Katze und nimmt in den folgenden Wochen auch viel weniger ab. Der hohe Anteil des REM-Schlafes im frühesten Lebensalter scheint also mit dem Entwicklungszustand des Organismus zusammenzuhängen. Einschränkend muß allerdings gesagt werden, daß Schlafstadien bei neugeborenen Tieren noch nicht so eindeutig und zuverlässig unterschieden werden können wie beim ausgewachsenen Tier.

Mehrfach wurde schon versucht, die Schlafeigenschaften verschiedener Tierarten zu vergleichen und sie mit anderen Eigenschaften und Lebensgewohnheiten in Zusammenhang zu bringen. Bei solchen

vergleichenden Untersuchungen ergab sich eine interessante Beziehung zwischen Stoffwechsel und Schlaf. Kleine Tiere, die im allgemeinen einen intensiven Stoffwechsel haben und die gewöhnlich auch nicht lange leben (so hat zum Beispiel der Igel eine Lebensdauer von nur etwa 6 Jahren), schlafen länger als die großen Tiere mit niedrigem Stoffwechsel und langer Lebensdauer (das Pferd hat eine Lebensdauer von etwa 46 Jahren). Auch die Länge des Non-REM-/REM-Schlafzyklus steht damit in Zusammenhang. So zeigen kleine Tiere mit niedrigem Hirngewicht und intensivem Stoffwechsel eine kürzere Zyklusdauer als große Tiere. Das läßt sich an folgenden Beispielen zeigen: Der Non-REM-/REM-Schlafzyklus dauert bei der Ratte im Durchschnitt zehn Minuten, bei der Katze 28 Minuten, beim Menschen 90 Minuten und beim Elefanten 120 Minuten. Vereinfachend können wir somit feststellen, daß ein kurzes, intensives Leben mit einer langen Schlafdauer und kurzem Schlafzyklus einhergeht. Wie alle solche Regeln werden auch diese durch recht zahlreiche Ausnahmen »bestätigt« oder in Frage gestellt.

Kehren wir nach diesen etwas theoretischen Feststellungen nun wieder zu konkreten Beispielen zurück, um das Problem des Schlafes bei Tieren von einer anderen Seite her anzugehen. Huftiere wie Kühe, Pferde, Schafe und Schweine verbringen viel Zeit im Zustand des Dösens, der gewöhnlich nicht dem eigentlichen Schläfe zugeordnet wird. Beispielsweise schläft eine Kuh etwa vier Stunden pro Tag, döst aber weitere acht Stunden. Sie nimmt dabei eine liegende Stellung ein, hat aber Kopf und Hals erhoben. Im Dösen zeigt das EEG-Kurvenbild sowohl schnelle Wellen, wie sie gewöhnlich im Wachen auftreten, als auch langsamere Wellen, die für den Non-REM-Schlaf typisch sind. Auch das Wiederkäuen geht im Dösen vor sich und kann sogar noch im eigentlichen Schläfe andauern. Offensichtlich ist der Übergang vom Wachzustand in den Schlaf bei vielen Tieren ausgesprochen fließend. Die Kuh zeigt aber auch sehr deutlich, wie stark Umwelteinflüsse die Schlafstadien beeinflussen können. Wie der französische Schlafforscher Yves Ruckebusch beobachtet hat, verbringt die im Stall gehaltene Kuh 40 Minuten pro Tag im REM-Schlaf, das auf der Weide lebende Tier jedoch nur 20 Minuten. Kehrt die Kuh nach einem Aufenthalt von fünf Wochen auf der Weide in den Stall zurück, so verlängert sich die REM-Schlafzeit vorübergehend auf bis zu 110 Minuten pro Tag, um dann allmählich wieder den Normalwert von 40 Minuten zu erreichen. Die Zeit auf der Weide scheint also mit einem REM-Schlafdefizit einherzugehen, das dann in der Folge wieder ausgeglichen wird.

Wenden wir uns zum Schluß einem jener wenigen, hochspezialisierten Säuger zu, die im Wasser leben. Der 200 kg schwere Tümmeler - er gehört zur Familie der Delphine - lebt im Schwarzen Meer. EEG-Registrierungen bei diesen Tieren zeigten ein überraschendes Phänomen: Während einer Schlafepisode, die normalerweise 30-60 Minuten dauert, wies nur die eine Hirnhälfte ein typisches Schlaf-EEG auf, während die andere ein Wach-EEG zeigte (Abb. 7.3). Sodann vertauschten die beiden Hälften ihre Rollen: Nun zeigte die bisher wache Hälfte ein Schlaf-EEG, während die andere »wach« war. Gleichzeitiger Schlaf beider Hirnhemisphären war praktisch nie zu beobachten. Der Tümmeler schläft also immer nur mit einer Hirnhälfte. Die Bedeutung dieser merkwürdigen Arbeitsteilung ist noch rätselhaft. Die Beobachtungen zeigen aber eindeutig, daß der Schlaf bei diesem Tier nicht zwangsläufig das gesamte Gehirn erfaßt, sondern nur in Teilen des Gehirns vor sich gehen kann.

[Abb. 7.1: Schlafstellung von Tieren. \(Mit freundlicher Genehmigung von L. Hassenberg.\) \(38k JPG file\)](#)

[Abb. 7.2: Schlafstadien bei Säugetieren. Bei allen Säugetieren sind die Schlafstadien aus den Hirn- und Muskelstromkurven erkennbar. Das EEG der Ratte weist im Wachzustand und im REM-Schlaf niedrige](#)

[und rasche Wellen, im Non-REM-Schlaf hohe und langsame Wellen auf. Die in der Nackenmuskulatur gemessene Muskelspannung \(EMG\) ist im Schlaf stark herabgesetzt. Im REM- Schlaf treten zudem rasche Augenbewegungen auf. \(14k JPG file\)](#)

[Abb. 7.3: Der Schlaf des Delphins. Der Delphin schläft abwechselnd mit der rechten und linken Hirnhälfte. \(17k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Die Frage nach dem Ursprung des Schlafs

Abb. 7.4 zeigt einen sogenannten Stammbaum, der die Entwicklungsgeschichte der Lebewesen darstellt. Man nimmt heute an, daß in »grauer Vorzeit« zunächst einzellige Lebewesen entstanden sind, die sich im Laufe der Evolution zu Vielzellern entwickelt haben. Wie verhält es sich nun mit der entsprechenden Entwicklungsgeschichte des Schlafs? Um dieser Frage nachzugehen, muß man sich zunächst nicht der »Krone« des Stammbaums, sondern jenen Tieren zuwenden, die schon früher als die Säugetiere vom Hauptstamm abgezweigt sind.

Betrachten wir zuerst die Klasse der Vögel. Bei ihnen finden wir nicht nur ein eindeutiges Schlafverhalten, sondern auch die für Säugetiere typischen EEG-Veränderungen. Die Taube beispielsweise schläft im Durchschnitt nicht ganz zehn Stunden pro Tag und verbringt davon etwa 40 Minuten im REM-Schlaf. Die einzelnen REM-Schlafepisoden dauern allerdings nur wenige Sekunden. Neben dem typischen EEG-Muster zeigt die Taube im REM-Schlaf auch rasche Augenbewegungen. Die ausgeprägte Erschlaffung der Muskeln, die für den REM-Schlaf der Säuger so typisch ist, fehlt offenbar bei den meisten Vögeln. Nur bei der Gans wurde ein praktisch vollständiger Verlust der Nackenmuskelspannung im REM-Schlaf beschrieben. Wie der englische Zoologe Dennis Lendrem berichtete, öffnet die Taube auch im Schlaf immer wieder kurz die Augen, wahrscheinlich, um auf diese Weise etwaige Gefahren in der Umgebung frühzeitig zu erkennen. Wenn Tauben in Gruppen schlafen, öffnen sie ihre Augen weniger häufig. Dieser Befund könnte damit erklärt werden, daß in der Gruppensituation die Gruppe als Ganzes die Überwachungsaufgabe übernimmt, da ja ein aufgeschreckter Vogel auch die übrigen alarmiert. Der einzelne braucht deshalb in der Gruppe weniger wachsam zu sein als wenn er isoliert schläft.

Ein besonderes Rätsel geben die Zugvögel auf. Sie müssen auf ihrem Zugweg zuweilen mehrere Tage lang offenes Meer überfliegen und können während dieser Zeit den Flug nicht unterbrechen. Ob sie völlig ohne Schlaf auskommen oder die Fähigkeit entwickelt haben, im Fliegen oder Gleiten zu schlafen, ist eine noch ungelöste Frage. Ihre Beantwortung könnte wertvolle Hinweise geben, ob der Schlaf für höher entwickelte Lebewesen unbedingt notwendig ist.

Wenden wir uns nun der Klasse der Reptilien zu, deren Ahnen als die entwicklungsgeschichtlichen Vorfahren der Vögel betrachtet werden. Der amerikanische Schlafforscher Edward Tauber beschreibt das Schlafverhalten des Chamäleons folgendermaßen: » In den Stunden vor Sonnenuntergang läßt sich das Tier typischerweise auf einem Ast nieder, rollt seinen Schwanz wie eine Uhrenfeder ein, bleibt

bewegungslos, obwohl sich die Augen unabhängig voneinander weiterhin bewegen. In diesem Vor-Schlafstadium greift das Tier keine Insekten an und nimmt sogar von jenen nicht Notiz, die auf seinem Körper landen... Kurz nach Sonnenuntergang schließen sich die ringförmigen Augenlider, die Augäpfel ziehen sich in die Augenhöhle zurück und das Tier scheint zu schlafen. Ohne Störungen bleibt das Tier im allgemeinen die ganze Nacht über in dieser Stellung.« [39]

Wir sehen aus diesem Beispiel, daß auch Reptilien ein eindeutiges Schlafverhalten aufweisen können. Die wenigen Untersuchungen, bei denen auch Hirnströme registriert wurden, zeigten allerdings ein Kurvenbild, das sich von jenem der Säuger und Vögel unterscheidet. Die herkömmliche Einteilung der Schlafstadien ist daher bei Reptilien nicht ohne weiteres möglich. Das gilt auch für die Klasse der Amphibien, zu denen Frösche und Lurche gehören. Da Amphibien zudem auch im Wachen während längerer Zeit bewegungslos verharren, ist es schwierig, den Schlaf aufgrund des Verhaltens zu erkennen. Zudem läßt sich bei jenen Landtieren, die ihre Körpertemperatur nicht selbständig aufrecht erhalten können (Wechselwarmblüter: Reptilien, Amphibien), der Schlaf nicht immer von der Kältestarre abgrenzen, die bei tiefen Temperaturen auftritt.

Bei Fischen läßt sich dagegen der Schlaf gut feststellen. Ähnlich wie Säugetiere suchen auch gewisse Fischarten einen bestimmten Ruheort auf und nehmen dort charakteristische Ruhestellungen ein. Im Ruhezustand reagieren sie auf milde Außenreize nicht mehr, werden aber durch stärkere Reize aktiviert. Ein interessantes Beispiel ist der Papageiefisch, der vor der Ruhephase eine Schleimhülle absondert, in die er sich dann einhüllt und versteckt.

Insgesamt können wir also feststellen, daß ein Schlafverhalten bei allen Wirbeltieren zu beobachten ist. Wie steht es nun aber mit den wirbellosen Tieren, die entwicklungsgeschichtlich vor den Wirbeltieren entstanden sind? Betrachten wir wiederum ein Beispiel: Der Seehase (*Aplysia*) ist eine Riesenschnecke, die im Meere lebt und zu den Weichtieren gehört (Abb. 7.5). Sein Verhalten wurde vom amerikanischen Forscher Felix Strumwasser untersucht. Das in einem Tank gehaltene Tier schwimmt tagsüber umher und verbringt viel Zeit mit Nahrungssuche. Bei Sonnenuntergang begibt es sich in eine Ecke des Tanks, zieht sich zusammen und bleibt ruhig. In der Nacht sind nur gelegentliche Kopf- und Fühlerbewegungen zu beobachten. Morgens nach Sonnenaufgang »erwacht« das Tier und beginnt eine neue Aktivitätsperiode.

Die Motte ist ein weiteres Beispiel eines wirbellosen Tieres. Das kleine Insekt fliegt nicht ständig umher, sondern zeigt periodisch kurze Ruhephasen. Je länger diese Phasen andauern, desto stärkere Außenreize sind nötig, um das Tier zu aktivieren. Auch die Körperstellung scheint mit der »Schlauftiefe« in Zusammenhang zu stehen. Im tiefsten Ruhezustand sind die Fühler auf dem Rücken zurückgefaltet und von den Flügeln bedeckt. In diesem Zustand kann man mit einem feinen Pinsel die Flügel sogar anheben, ohne daß die Motte darauf reagiert. Diese beiden Beispiele zeigen, daß auch bei wirbellosen Tieren offenbar schlafähnliche Ruheperioden vorkommen.

Richtet man nun das Augenmerk auf die Abfolge von Ruhe und Aktivität, wie sie über längere Zeit hinweg aufgezeichnet werden kann, dann ist bei den meisten Tieren eine deutliche Tagesperiodik zu erkennen. Wie Abb. 7.6 zeigt, ist der Rhythmus von Ruhe (weiße Zwischenräume) und Aktivität (schwarze Balken) beim Menschen, bei der Ratte und der Fliege recht ähnlich, obwohl die aktive Phase zu unterschiedlichen Tageszeiten auftritt. Auf der [Abbildung 7.7](#) wird ein Beispiel aus dem Pflanzenreich

gezeigt: Die Blattstellung der Bohne zeigt ebenfalls eine deutliche Tagesperiodik. In der Hellperiode sind die Blätter ausgebreitet, in der Dunkelperiode hängen sie herab. Wie wir noch sehen werden, sind Tagesrhythmen nicht bloß durch zyklische Veränderungen der Umwelt, wie Licht und Dunkel, bedingt, sondern entstehen durch einen körpereigenen Zeitgeber, eine »innere Uhr«. Hier wollen wir auf diesen Aspekt nicht weiter eingehen, sondern lediglich auf einen möglichen Zusammenhang zwischen Tagesrhythmen und Schlaf hinweisen. Tagesperiodische Vorgänge sind, wie wir an einigen Beispielen gezeigt haben, in der gesamten Tierwelt verbreitet und können bis zu den einfachsten Lebewesen, den Einzellern, zurückverfolgt werden. Wir können vermuten, daß dieser 24-Stunden-Rhythmus von Ruhe und Aktivität im entwicklungsgeschichtlichen Sinne ein Vorläufer des Schlaf-Wach-Zyklus sein könnte. Die täglich zu bestimmten Tageszeiten auftretende Ruheperiodik würde also der Schlafperiode höherer Wirbeltiere entsprechen. Wir werden in späteren Kapiteln den Schlaf als Teil eines biologischen Rhythmus betrachten und dabei feststellen, daß dieser Aspekt besonders für die Schlafregulation wichtig ist.

[Abb. 7.4: Entwicklungsgeschichte der Lebewesen als Stammbaum dargestellt. \(50k JPG file\)](#)

[Abb. 7.5: Seehase. Auch der zu den Weichtieren gehörende Seehase zeigt ein Schlafverhalten. \(7k JPG file\)](#)

[Abb. 7.6: Ruhe-Aktivitäts-Rhythmen von Ratte, Mensch und Fliege. Die Ruhe-Aktivitäts-Rhythmen sind ähnlich. Aktivitätsperioden sind durch waagrechte Striche, Ruheperioden durch weiße Zwischenräume dargestellt. Die Ratte ist nachts aktiv, Mensch und Fliege sind tagsüber aktiv. \(Aufzeichnung der Fliege nach einer Arbeit von Aschoff und Saint Paul, 1978.\) \(21k JPG file\)](#)

[Abb. 7.7: Tagesrhythmus von Pflanzen \(Bohne\). Auch Pflanzen weisen Tagesrhythmen auf. Blattbewegungen einer Bohne während 3 Tagen. Hohe Werte der Kurve: herabhängende Blätter; tiefe Werte: ausgebreitete Blätter. Schwarze Balken über der Kurve geben die Dunkelperiode an. \(Nach Bünning, 1973, Fig. 4, 5.\) \(22k JPG file\)](#)

[| Vorwärts](#) | [| Zurück](#) | [| Kapitelanfang](#) |

Schlaf als regulierter Vorgang

Wie wir gesehen haben, lassen sich die Schlafstadien immer weniger eindeutig bestimmen, je weiter wir dem Entwicklungsstammbaum nach unten folgen. Dies ist zum Teil darauf zurückzuführen, daß sich die Gehirnstrukturen »niederer« Tiere von jenen der Säugetiere immer mehr unterscheiden, so daß damit auch die aus dem Gehirn ableitbaren elektrischen Signale immer weniger vergleichbar sind. Obwohl wir ein schlafähnliches Verhalten auch bei einfachen Tieren beobachten können, bleiben doch Zweifel, ob dieser Zustand als eigentlicher Schlaf zu verstehen ist. Um diese Frage weiter zu klären, dürfen wir uns nicht nur auf die Beschreibung des Schlafes beschränken, sondern müssen auch seine dynamischen Eigenschaften in Betracht ziehen. Der Schlafentzug dient dabei als wichtige Arbeitsmethode.

Wir wollen auch diesen Aspekt am Schlaf der Ratte betrachten: Wie aus Abb. 7.8 ersichtlich, ist unter den Ausgangsbedingungen (»Vor Schlafentzug«) der Schlaf der Ratte durch eine Abfolge von Non-REM und REM-Schlaf gekennzeichnet. Indem wir die Methode der EEG-Spektralanalyse heranziehen, können wir den Anteil langsamer Wellen (Delta-Schlaf) am Non-REM-Schlaf untersuchen. Die hohen Gipfel in der Deltaaufzeichnung zeigen den Tiefschlaf des Tieres, der dem Stadium 3 und 4 des Menschen entspricht. Die Täler entsprechen Wach- und REM-Schlaf-Perioden, in welchen langsame Wellen fehlen. Die REM-Schlafepisoden sind durch Rechtecke unter der Deltaaufzeichnung gekennzeichnet. Hindert man das Tier während 24 Stunden am Schlaf, so ist die Folge eine Zunahme von Delta-Schlaf und REM-Schlaf. Die höheren Gipfel in der Deltaaufzeichnung kommen durch das Auftreten besonders großer, langsamer Wellen im EEG zustande. REM-Schlafepisoden werden nach Schlafentzug häufiger und länger. Der verlängerte Wachzustand hat also eine Intensivierung des Non-REM-Schlafes und eine Vermehrung des REM-Schlafes zur Folge.

Nicht nur die Ratte, sondern auch andere Tiere reagieren in ähnlicher Weise auf Schlafentzug. Wie wir noch sehen werden, sind die Verhältnisse beim Menschen nicht grundsätzlich verschieden. Der Schlaf ist also ein Vorgang, der von der Dauer der vorangehenden Wachzeit abhängig ist. Es scheint, als ob der »verlorene« Schlaf bei der ersten besten Gelegenheit nachgeholt werden müßte. Da also Dauer und Intensität des Schlafes offenbar einer Regulation unterliegen, müssen wir uns die Frage stellen, ob nicht gerade dieser Aspekt zur Erforschung des Schlafs einfacher Lebewesen dienen könnte.

Meine Mitarbeiterin, Irene Tobler, ist diesem Problem nachgegangen. Als Versuchstier für ihre Experimente wählte sie ein Insekt, die Küchenschabe, die wegen ihres ausgeprägten Ruhe-/Aktivitäts-Rhythmus ein geeignetes Forschungsobjekt ist. Die Frage war also, ob ein schlafähnlicher Prozeß bei diesem Tier feststellbar ist. In den ersten Versuchen wurde das normale Ruhe-/Aktivitätsverhalten während mehrerer Tage registriert. Die Schabe ist tagsüber ruhig und wird erst bei Nachteinbruch aktiv. Im eigentlichen Experiment wurde nun das Insekt während einer Ruhezeit drei Stunden lang durch äußere Reize gestört. Die Folge dieses »Ruheentzugs« war, daß die Bewegungsaktivität nachts in den der Störung unmittelbar folgenden Stunden reduziert war. Die Reaktion entspricht also derjenigen eines Säugetiers, das nach Schlafentzug den verlorenen Schlaf nachholt. Daß das Versuchsergebnis nicht lediglich auf eine Erschöpfung des Insektes zurückzuführen war, zeigten weitere Experimente, in denen die Schabe nur ganz gering gestört wurde. Auch nach einer solchen Störung war eine Verlängerung der Ruheperiode zu beobachten.

Das beschriebene Experiment ist ein erster Versuch, den entwicklungsgeschichtlichen Ursprung des Schlafes vom Gesichtspunkt der Schlafregulation aus näher zu klären. Die genannten Befunde lassen vermuten, daß der Schlaf oder ein dem Schlaf entsprechender Zustand in der Evolution viel früher aufgetreten ist, als bisher angenommen wurde.

[Abb. 7.8: Schlafentzug bei einer Ratte. Schlafentzug bei der Ratte begünstigt den Non-REM-Schlaf mit langsamen EEG-Wellen \(= Deltaschlaf\) und erhöht Häufigkeit und Dauer der REM-Schlafepisoden. Die Abbildung zeigt Spektralkurven der langsamen EEG-Wellen \(1-4 Hz = Deltawellen\) vor und nach Schlafentzug \(Dauer: 24 Stunden\). Darunter sind jeweils die REM- Schlafepisoden als Rechtecke dargestellt, die in den »Tälern« der Spektralkurven liegen. \(33k JPG file\)](#)

Der Winterschlaf

Für viele Tiere ist der Winter eine bedrohliche Jahreszeit. Zugvögel müssen große Entfernungen zurücklegen, um sich im Herbst in wärmere Regionen zu begeben, wo sie überwintern können. Dagegen können Säugetiere der winterlichen Kälte nicht entrinnen. Einige von ihnen begegnen dieser Gefahr durch eine innere Umstellung: Sie drosseln Atmung und Kreislauf auf ein Minimum und begeben sich in einen schlafähnlichen Ruhezustand. Die Körpertemperatur kann dabei bis fast auf den Gefrierpunkt absinken und der Stoffwechsel bis auf 10-15 Prozent des Normalwertes gedrosselt werden. Igel, Fledermäuse, Wiesel, Murmeltiere, Hamster und Schlafmäuse pflegen einen solchen echten Winterschlaf. Während dieser winterlichen Ruhezeit zehren die Tiere von ihren Fettreserven, die sie nach und nach aufbrauchen. Andere Tiere wie Eichhörnchen, Präriehunde und Braunbären machen keinen eigentlichen Winterschlaf, sondern begeben sich nur in eine »Winterruhe«, während der Körpertemperatur, Atmung und Herztätigkeit nicht stärker reduziert werden als im normalen Schlaf. Die meisten Tiere ziehen sich dabei in ihren Bau zurück, wo sie von ihren Körperreserven, aber auch von Nahrungsvorräten (z. B. Nüssen) zehren.

Die Beziehungen zwischen natürlichem Schlaf und Winterschlaf wurden erst kürzlich eingehend untersucht. Dabei zeigte es sich, daß der Übergang in den Winterschlaf aus dem Non-REM-Schlaf heraus erfolgt. Herrscht zum Beispiel nur ein leichter Winterschlaf vor, wobei die Körpertemperatur nicht stark absinkt, kann man bei der Schlafmaus einen kontinuierlichen Non-REM-Schlaf registrieren, während der REM-Schlaf überhaupt nicht zu beobachten ist. Dagegen sind im eigentlichen tiefen Winterschlaf die Hirnstromkurven flach und mit jenen des natürlichen Schlafs nicht vergleichbar. Von besonderem Interesse ist übrigens der Tagesschlaf der Fledermaus (sog. Lethargie), bei dem die Körpertemperatur ebenfalls deutlich absinkt. Leider wurde in diesem Zustand das EEG noch nicht eingehend untersucht.

Nach unseren heutigen Kenntnissen sind also der normale Tages- oder Nachtschlaf einerseits und der Winterschlaf andererseits verschiedene Vorgänge. Man kann sich dennoch fragen, ob der Non-REM-Schlaf nicht doch eine gewisse Verwandtschaft mit dem Winterschlaf zeigt. Der nach Schlafbeginn auftretende Tiefschlaf (Stadium 3 und 4 des Non-REM-Schlafes beim Menschen) ist ebenfalls durch ein deutliches Absinken der Körpertemperatur sowie durch die Verlangsamung von Atmung und Herztätigkeit gekennzeichnet. Der Zustand von Ruhe und Bewußtseinseinschränkung, in dem wir die kältere, dunkle Nachtzeit verbringen, hat vielleicht doch mehr Gemeinsamkeiten mit jenem »Schlaf«, in welchem gewisse Tiere die kalte, dunkle Jahreszeit überstehen. Auch hier steht die Forschung noch vor wichtigen ungelösten Fragen.

[| Inhalt](#) | [| Nächstes Kapitel](#) | [| Kapitelanfang](#) | [| Vorwärts](#) | [| Zurück](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély - Kapitel 8

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Schlaf und Gehirn

Was war zuerst da - das Huhn oder das Ei?

Auf den Wechsel von Schlaf und Wachsein bezogen,
welcher der beiden Zustände unterbricht den andern?

Ist der Schlafbeginn ein aktiver Vorgang
oder ist er lediglich das Aufhören des Wachzustandes?

Nathaniel Kleitman, Chicago 1963

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Schlaf - ein aktiver oder passiver Vorgang?

Nach dem Ersten Weltkrieg verbreitete sich in Europa die gefürchtete Viruserkrankung Encephalitis lethargica, die oft mit dem Tode endete. Die Patienten bekamen zu Beginn der Krankheit Fieber und waren erregt. Nach einigen Wochen wechselte das Krankheitsbild: Lethargie, Müdigkeit und vor allem übermäßiger Schlaf rückten in den Vordergrund. Es stellte sich die Frage, welche Gehirnstruktur für das krankhafte Schlafbedürfnis verantwortlich sein könnte. Die Untersuchung des Hirngewebes bei verstorbenen Patienten ergab, daß Veränderungen der Zellen im Zwischenhirn mit der Krankheit einhergingen. War das die Ursache für den übermäßigen Schlaf? Eine eingehende Erforschung der für den Schlaf verantwortlichen Strukturen im Gehirn wurde dann allerdings erst in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts durch gezielte Tierversuche möglich.

Damals war die folgende grundsätzliche Frage Gegenstand einer heftigen wissenschaftlichen Kontroverse: Ist der Schlaf ein passiver Vorgang, der lediglich durch das Verschwinden des Wachzustandes zustande kommt, wie dies bereits der römische Schriftsteller Lucretius behauptet hatte, oder ist er ein aktiver Vorgang, der durch die Erregung bestimmter Hirngebiete zustande kommt? Der belgische Neurophysiologe Frederic Bremer war ein prominenter Verfechter der erstgenannten These. Er

versuchte mit seinen Experimenten in den dreißiger Jahren zu belegen, daß der Wachzustand nur aufrechterhalten werden kann, solange Sinnesreize aus der Umwelt das Gehirn aktivieren. Nach Durchtrennung der Nervenbahnen, welche die Sinnesorgane mit dem Gehirn verbinden, beobachtete er einen dauernden Schlafzustand. Dieser Befund unterstützte die Annahme, daß Schlaf ein passiver Vorgang sei, der lediglich auf der Ausschaltung aktivierender Einflüsse beruhe.

Walter Hess, Professor für Physiologie an der Universität Zürich und später Nobelpreisträger für Medizin, war der wichtigste Vertreter der gegenteiligen These. Als einer der ersten hatte er eine Methode entwickelt, die es ermöglichte, über feine Metallelektroden, die permanent in bestimmten Gehirnregionen von Versuchstieren implantiert worden waren, die Wirkung elektrischer Reize auf das Verhalten zu erforschen. Dieses Verfahren wird in neuerer Zeit auch in der Medizin verwendet, vor allem, wenn es darum geht, bei Patienten einen epileptischen Herd im Gehirn zu lokalisieren und auszuschalten. Da das Gehirn nicht schmerzempfindlich ist, sind der operative Eingriff und die elektrische Reizung völlig schmerzfrei.

Hess beobachtete nun, daß nach Reizung bestimmter Hirnregionen das Versuchstier seinen Ruheplatz suchte, dann seine typische Schlafstellung einnahm und einschlief. Obwohl es jederzeit weckbar war, mußten Weckreize doch eine gewisse Intensität erreichen, um - wie dies auch im spontanen Schlaf der Fall ist - das Tier zum Aufwachen zu bringen. Nach dem elektrischen Reiz hielt der Schlaf oft noch stundenlang an. Wenn die Elektrodenspitzen in bestimmten Gebieten des Zwischenhirns lagen, konnte der Schlaf besonders gut ausgelöst werden.

Die Befunde von Hess stellten die Theorie des passiven Schlafs in Frage, denn der Schlaf war offensichtlich durch Erregung von Hirnstrukturen hervorgerufen worden, und beruhte daher nicht lediglich auf dem Entzug aktivierender Sinnesreize. Für Hess war charakteristisch, daß er den Schlaf nicht als einen Vorgang betrachtete, der sich von anderen Körperfunktionen isoliert untersuchen läßt. So schrieb er im Jahre 1931 »Unser eigener Versuch, die Frage nach dem Wesen und dem Mechanismus des Schlafes klarzustellen, geht von der Auffassung aus, daß dieses Problem *nicht für sich allein*, sondern nur aufgrund einer Analyse der *ganzen Funktionsstruktur des Organismus* zu lösen ist.«^[40] Er unterschied grundsätzlich zwei verschiedene Funktionszustände: den ergotropen Zustand, der vor allem tagsüber vorherrscht und das Lebewesen zu aktiven Verhaltensweisen (z. B. Angriff, Flucht) befähigt, und den trophotropen Zustand, der der Energieeinsparung, der Erholung und dem Schutz vor Überbeanspruchung der Organe dient. Den Schlaf betrachtete er als »...eine differenzierte Funktion, die sich im Rahmen der trophotropen (parasymphatischen) Funktionsrichtung vollzieht«. ^[41]

Die Kontroverse, ob der Schlaf als aktiver oder passiver Vorgang zu betrachten sei, wurde Ende der vierziger Jahre neu belebt. Giuseppe Moruzzi, Professor an der Universität Pisa, entdeckte zusammen mit dem amerikanischen Physiologen Horace Magoun, daß die elektrische Reizung im Hirnstamm ein schlafendes Tier augenblicklich weckt. Hier müssen wir kurz auf die Anatomie zu sprechen kommen. Es gibt im Hirnstamm ein weitverzweigtes System von Nervenzellen, deren Nervenfasern sowohl ins Vorderhirn als auch ins Rückenmark ziehen. Es ist als *Formatio reticularis* (dt. = Netzstruktur) bekannt. Aufgrund der Ergebnisse von Moruzzi erschien diese vor allem als eine aktivierende Struktur, deren Erregung zu einem aufmerksamen Wachzustand führt. Der Schlaf schien demnach durch das Ausbleiben dieser Aktivierung zustande zu kommen und damit ein passiver Vorgang zu sein. Weitere Untersuchungen ergaben jedoch bald, daß die Verhältnisse komplizierter sind. So bewirkte die

elektrische Reizung im hinteren (caudalen) Teil der Formatio reticularis nicht ein Aufwachen, sondern löste im Gegenteil Schlaf aus. Die Existenz schlaffördernder und schlafhemmender Gebiete im Hirnstamm wurde in einem eleganten Experiment belegt: Eine Gruppe italienischer Neurophysiologen implantierte Kanülen in jene Blutgefäße, die den hinteren oder vorderen Hirnstamm versorgen. Die Injektion eines Narkosemittels in die vorderen Gefäße bewirkte »Schlaf«, da die aktivierenden Gebiete des Hirnstamms gehemmt wurden. Die Injektion des gleichen Mittels in die hinteren Gefäße bewirkte hingegen interessanterweise ein Aufwachen des schlafenden Tieres, da die schlafbegünstigenden Strukturen gehemmt wurden. Mit dem gleichen Narkosemittel konnte somit, je nach dem Ort seiner Einwirkung, Schlaf oder Wachheit induziert werden!

Gemäß unseren heutigen Kenntnissen sind Schlafen und Wachen zwei unterschiedliche, aber »gleichberechtigte« Zustände, bei denen der eine nicht lediglich durch das Fehlen des anderen erklärt werden kann. Obwohl es Hirnstrukturen gibt, deren Reizung mehr den einen oder anderen Zustand begünstigt, gibt es kein eigentliches Schlaf- oder Wachzentrum. Wenn wir schließlich noch die Aktivität einzelner Nervenzellen im Gehirn betrachten, so finden wir, daß die meisten sowohl im Schlaf wie im Wachen aktiv sind und daß sich vor allem das Muster ihrer Entladungsaktivität ändert. Etwas überspitzt könnte man also sagen: Das Gehirn schläft während des Schlafes nicht.

[Abb. 8.1: Die wichtigsten Hirnregionen. Längsschnitt durch das Gehirn des Menschen. \(22k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Die Monoamintheorie von Professor Jouvet

Bis in die sechziger Jahre war das Gehirn als Forschungsobjekt fast ausschließlich die Domäne der Physiologen und Anatomen. Sie untersuchten die Verbindungen zwischen einzelnen Nervenzellgruppen und versuchten aufgrund anatomischer »Landkarten« Rückschlüsse auf Hirnfunktionen zu gewinnen. Die elektrische Reizung bestimmter Hirngebiete und die Ausschaltung umschriebener Bezirke gehörten zu den wichtigsten Methoden in der Physiologie, um die Beziehung zwischen Struktur und Funktion zu erforschen. Bald kam die Möglichkeit hinzu, beim nicht- narkotisierten Versuchstier mit permanent implantierten Elektroden nicht nur die globale elektrische Aktivität von Hirnstrukturen, sondern sogar die Entladungsaktivität einzelner Nervenzellen abzuleiten. Damals war schon wohlbekannt, daß der elektrische Impuls nicht direkt von einer Nervenzelle auf die nächste fortgeleitet, sondern an einer Schaltstelle (Synapse) unterbrochen wird.

Dort wird ein chemischer Überträgerstoff (Neurotransmitter) freigesetzt, der den winzigen Synapsenspalt zwischen den Nervenzellen durchquert und eine elektrische Veränderung an der Membran der nächsten Nervenzelle erzeugt. Dieser Vorgang kann wiederum zu einem Nervenimpuls führen. Die Rolle der Transmittoren wurde vorerst an den besonders gut zugänglichen peripheren Nerven außerhalb des Gehirns untersucht, während der komplexe Aufbau des Gehirns keine vergleichbaren Untersuchungen zuließ. Allerdings gab es schon damals, Anfang der sechziger Jahre, Hinweise, daß die Informationsübertragung zwischen Nervenzellen auch im Gehirn durch Transmittoren vermittelt wird.

Ein Durchbruch gelang 1964, als schwedische Forscher eine Methode ausarbeiteten, mit der

Neurotransmittern auf Hirngewebsschnitten sichtbar gemacht werden konnten. Damit erhielten die »Landkarten« des Gehirns eine zusätzliche »chemische Dimension«. Man konnte beispielsweise die Nervenzellen, die Noradrenalin als Transmitter benutzen, in bestimmten Kerngebieten des Hirnstamms lokalisieren und ihre Fortsätze (Axone) in verschiedenen Strukturen des Vorderhirns verfolgen. Diese neue Möglichkeit bedeutete aber auch, daß die Pharmakologen und Biochemiker für die neurobiologisch tätigen Anatomen und Physiologen zu ernsthaften Konkurrenten oder - in den meisten Fällen zum Glück - zu wertvollen und ernstzunehmenden Partnern in der Hirnforschung wurden. Die Pharmakologen waren mit Substanzen vertraut, mit denen die Wirkung bestimmter Neurotransmitter gehemmt oder aber auch verstärkt werden konnte. Da auch viele Psychopharmaka die Transmitter an der Synapse beeinflussen, versuchte man, ihre therapeutische Wirkung auf dieser Grundlage zu verstehen. Schließlich wurden auch Methoden ausgearbeitet, die erlaubten, Substanzen an bestimmte Gruppen von Nervenzellen gezielt heranzubringen und diese, statt wie bisher nur durch elektrische Reize, direkt auf chemischem Wege zu beeinflussen. Die Hirnforschung nahm durch diese Entwicklungen weltweit einen ungeahnten Aufschwung. Bald wurden mehrere wichtige Transmitter im Gehirn identifiziert und ihre Bahnen bekannt. Diejenigen, die eine einzige stickstoffhaltige Aminogruppe in ihrer chemischen Struktur aufweisen, werden als Monoamine bezeichnet. Es sind dies vor allem Noradrenalin, Dopamin und Serotonin.

Michel Jouvet, Professor für experimentelle Medizin an der Universität Lyon und Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften, erkannte früh die Bedeutung dieser Entwicklungen für die Schlafforschung. Nachdem er 1959 als einer der ersten den REM-Schlaf an Versuchstieren erforscht hatte, untersuchte er mit elektrophysiologischen und anatomischen Methoden die Schlafmechanismen. In der zweiten Hälfte der sechziger Jahre machte er sich mit seiner Arbeitsgruppe daran, die Rolle der Neurotransmitter bei der Schlafsteuerung aufzuklären. Durch eine eindrucksvolle Kombination anatomischer, physiologischer, pharmakologischer und biochemischer Methoden gelangte er zu einer Fülle neuer Erkenntnisse, welche die Grundlage seiner Theorie der Schlafregulation, der Monoamintheorie, bildeten.

Um dem Leser einen Einblick in diese Arbeiten zu geben, soll ein ausgewählter Aspekt genauer beschrieben werden. Die Zellkörper der den Neurotransmitter Serotonin enthaltenden Nervenzellen befinden sich in umschriebenen Kerngebieten des Hirnstamms, den sogenannten Raphe-Kernen. Die Fortsätze der Nervenzellen laufen sowohl aufsteigend in Gebiete des Vorderhirns als auch absteigend ins Rückenmark, wo sie durch Freisetzung des Neurotransmitters Serotonin mit anderen Zellen in Kontakt treten. Schaltet man die Raphe-Kerne bei Versuchstieren aus, so kommt es zu einer drastischen Reduktion der Schlafzeit oder sogar zu völliger Schlaflosigkeit. Aufgrund dieser Befunde lag die Vermutung nahe, daß die Aktivität der serotonin-haltigen Nervenzellen für den Schlaf von zentraler Bedeutung ist. Wenn diese Annahme zutrifft, so sollte es auch möglich sein, durch eine gezielte chemische Beeinflussung des Serotonin-Stoffwechsels den Schlaf zu hemmen. Wie [Abbildung 8.2](#) zeigt, sind zum Aufbau von Serotonin zwei Schritte nötig: Tryptophan, eine Aminosäure, die wir mit der Nahrung aufnehmen, wird mit Hilfe des Enzyms Tryptophan-Hydroxylase zum 5-Hydroxytryptophan umgebaut, welches die unmittelbare Vorstufe des Serotonins ist. Es ist nun möglich, dieses für den Aufbau von Serotonin unerläßliche Enzym durch die Substanz Parachlorophenylalanin (oder abgekürzt PCPA) zu hemmen. Die Verabreichung von PCPA an Versuchstiere verhindert also weitgehend den Aufbau von Serotonin, was zur Folge hat, daß serotoninhaltige Nervenzellen ihre Funktion nicht mehr ausüben können. Sowohl Jouvet und Mitarbeiter als auch der damals in den USA tätige Schweizer

Physiologe Werner Koella konnten zeigen, daß die Injektion von PCPA bei Versuchstieren eine langdauernde Schlaflosigkeit verursachte.

Gibt man diesen Tieren 5-Hydroxytryptophan, kann das Serotonin vorübergehend wieder gebildet werden, da man nun die blockierte Aufbaustufe umgangen hat. Die genannten Forscher beobachteten denn auch, daß die Verabreichung der unmittelbaren Vorstufe von Serotonin beim schlaflosen Tier den Schlaf vorübergehend wieder ermöglicht.

Die Versuche bestätigten, daß Serotonin bei der Schlafregulation eine wichtige Rolle spielt. Sie wiesen aber auch auf die interessante Möglichkeit hin, daß durch die Verabreichung von Tryptophan vermehrt Serotonin gebildet und damit der Schlaf begünstigt werden könnte. Tryptophan wurde schon verschiedentlich auf seine schlaf-induzierende Wirkung hin untersucht. Nicht nur am Versuchstier sondern auch bei Menschen ist man dieser Frage nachgegangen, doch sind die Ergebnisse, wie bereits erwähnt (Kapitel 5), im großen und ganzen enttäuschend. Zwar berichteten einige Autoren, daß Tryptophan den Schlaf fördere, doch die Wirkung war auch in diesen Untersuchungen schwach und konnte von anderen Forschern nicht bestätigt werden. Diese negativen Ergebnisse sprechen nicht gegen einen Zusammenhang von Serotonin und Schlaf, sondern belegen vielmehr die Schwierigkeiten, den Serotonin-Stoffwechsel des Gehirns durch die Verabreichung der Vorstufe Tryptophan voraussehbar und gezielt zu beeinflussen. Man weiß heute, daß das in die Blutbahn gelangende Tryptophan gar nicht ohne weiteres ins Gehirn übertritt, da sein Transport aus dem Blut ins Hirngewebe von anderen Substanzen im Blut abhängt.

Bis jetzt haben wir uns auf die Rolle von Serotonin konzentriert. Die Monoamintheorie der Schlafsteuerung berücksichtigt indessen auch die Wirkung der Transmittoren Noradrenalin, Dopamin und Acetylcholin. Ohne hier auf weitere Einzelheiten einzugehen, wollen wir festhalten, daß - gemäß diesen Vorstellungen - die Regulation des Schlafes durch das Gleichgewicht und die gegenseitige Beeinflussung verschiedener Neurotransmitter-Systeme erfolgt. Wir werden am Schluß dieses Kapitels nochmals auf diese Frage zurückkommen.

[Abb. 8.2: Blockierung des Enzyms Tryptophanhydroxylase durch PCPA. Der Neurotransmitter Serotonin wird aus der in der Nahrung vorkommenden Aminosäure Tryptophan gebildet. Zur Umwandlung von Tryptophan in die Serotonin-Vorstufe 5-Hydroxytryptophan ist das Enzym Tryptophanhydroxylase nötig. Wird dieses Enzym durch den Hemmstoff Parachlorophenylalanin \(PCPA\) blockiert, kann Serotonin nicht mehr gebildet werden. \(22k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Gibt es ein REM-Schlaf-Zentrum?

Anfang der sechziger Jahre beobachtete Jouvet, daß die Ausschaltung bestimmter Nervenzellgruppen im Pons (Brückenhirn) - siehe [Abbildung 8.1](#) - zum vollständigen Verschwinden des REM-Schlafs führt. Aus diesen und anderen Befunden schloß er, daß die für den REM-Schlaf verantwortlichen Hirnstrukturen in diesen Gebieten des Hirnstammes lokalisiert sein müßten. Halten wir einen Moment in

unseren Ausführungen inne, um uns nochmals die typischen Zeichen des REM-Schlafes bei der Katze zu vergegenwärtigen. Das EEG weist niedrige und rasche Wellen auf, ähnlich wie man sie im Wachen sieht. Die Augen zeigen die bekannten raschen Bewegungen, die Muskelspannung ist, abgesehen von sporadischen Zuckungen, praktisch ganz verschwunden. Nun stellte sich hier die Frage, ob alle diese typischen REM-Schlaf-Veränderungen denselben Ursprung haben oder ob sie durch die Aktivität verschiedener Nervenzell-Systeme bedingt sind.

Wie die folgenden, aufsehererregenden Befunde zeigten, scheint die letztgenannte Möglichkeit zuzutreffen. Wurden nämlich beim Versuchstier bestimmte Nervenzellen im Pons ausgeschaltet, kam es zwar immer noch zum REM-Schlaf, doch die Muskelspannung blieb dabei bestehen. Während des REM-Schlafes zeigten solche Tiere ein bizarres Verhalten: Sie hoben den Kopf, schienen nicht existierende Objekte zu verfolgen und sogar anzugreifen, wichen zurück und zeigten auch Zeichen von Wut oder Angst. Es schien ganz so, als ob die schlafenden Tiere durch den Wegfall der Muskelhemmung ihren REM-Schlaf »auslebten«. Vielleicht sind diese dramatischen Befunde ein Hinweis darauf, daß auch bei Tieren im REM-Schlaf traumähnliche Prozesse vorkommen.

Kehren wir nun zu den Neurotransmitoren zurück. Gemäß der Monoamintheorie der Schlafsteuerung sind serotoninhaltige Nervenzellen für das Auslösen einer REM-Schlafepisode, noradrenalin- und acetylcholin-haltige Zellen jedoch für den eigentlichen REM-Schlaf-Ablauf verantwortlich. Die an der amerikanischen Harvard Universität tätigen Schlafforscher und Psychiater Allan Hobson und Robert McCarley haben diese Frage weiter verfolgt und dabei vor allem die Rolle des Neurotransmitters Acetylcholin untersucht. Sie injizierten durch implantierte Kanülen im Pons kleinste Mengen von Carbachol, das ähnlich, aber länger wirkt als der Transmitter Acetylcholin. Die Injektion hatte eine spektakuläre Wirkung: Die Versuchstiere verfielen nämlich während Stunden in einen dem REM-Schlaf sehr ähnlichen Zustand. Aufgrund dieser und anderer Befunde kamen Hobson und McCarley zu dem Schluß, daß sich acetylcholin-haltige Zellen einerseits und noradrenalin- und serotonin-haltige Zellen andererseits gegenseitig beeinflussen und daß durch diese hier nicht näher beschriebene Interaktion der Non-REM-/REM-Schlaf-Zyklus (s. Kapitel 2) zustande kommt.

Bisher haben wir vor allem tierexperimentelle Befunde besprochen. Sind diese Resultate auf den Menschen übertragbar? Zumindest bei dem Transmitter Acetylcholin scheint dies tatsächlich der Fall zu sein. Christian Gillin und Natray Sitaram, zwei am amerikanischen National Institute of Mental Health tätige Schlafforscher und Psychiater, untersuchten an Versuchspersonen den Einfluß von acetylcholin-ähnlichen Substanzen auf den REM-Schlaf. Der Schlaf wurde, wie üblich, im Schlaflabor registriert. Zusätzlich wurde aber den Versuchsteilnehmern vor dem Schlafengehen eine Infusionskanüle in die Armvene eingeführt, durch die während des Schlafes von einem Nebenzimmer aus Injektionen vorgenommen werden konnten. Wurde nun kurz nach dem Einschlafen das ähnlich wie Acetylcholin wirkende Arecholin verabreicht, kam es zu einem besonders frühen Auftreten von REM-Schlaf. Wurde jedoch in anderen Versuchsnächten das Medikament Scopolamin injiziert, das die Acetylcholinwirkung im Gehirn blockiert, so kam es zu einer beträchtlichen Verzögerung des REM-Schlafes. Diese Befunde zeigen, daß, ganz ähnlich wie beim Versuchstier, auch beim Menschen der Transmitter Acetylcholin bei der REM-Schlafsteuerung eine wichtige Rolle spielt. In diesem Zusammenhang sei nur nebenbei bemerkt, daß Gillin und Sitaram bei depressiven Patienten ein besonders frühes Auftreten von Schlaf nach Arecholin-Injektion beobachteten. Diese Beobachtung führte zu der Hypothese, daß bei der Depression eine Überempfindlichkeit der Nervenzellen gegenüber dem Transmitter Acetylcholin vorliegen könnte, eine Veränderung, die nicht nur für den Schlaf, sondern auch für das Krankheitsbild an

sich von Bedeutung wäre.

[Abb. 8.3: Eine Katze »lebt ihren REM-Schlaf aus«. Nach Ausschaltung bestimmter Nervenzellen im Hirnstamm fällt die Hemmung der Muskelaktivität im REM-Schlaf weg. Die schlafende Katze hebt den Kopf, steht auf, bewegt sich und scheint nicht existierende Objekte anzugreifen. \(Nach einer Filmsequenz von Morrison, 1983.\) \(29k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Widersprüche und neue Entwicklungen

Die Monoamintheorie der Schlafregulation hatte eine außerordentlich stimulierende Wirkung auf die Schlafforschung der letzten zehn Jahre. Mit ihr kann man auch heute noch eine Vielzahl verschiedenartiger Befunde in einen logischen Zusammenhang bringen. Andererseits haben neuere Untersuchungen Widersprüche zu den ursprünglich formulierten Postulaten aufgedeckt. So haben beispielsweise eigene Untersuchungen an Ratten gezeigt, daß die Behandlung mit dem Serotonin-Synthese-Hemmstoff PCPA nur eine vorübergehende Schlaflosigkeit verursacht, obwohl die Serotonin-Konzentration im Gehirn während längerer Zeit auf tiefe Werte absinkt. Diese Beobachtung weist auf Anpassungsmechanismen im Gehirn hin, die ermöglichen, daß der Schlaf trotz Beeinträchtigung des Serotonin-Systems auftritt. Auch konnten wir gemeinsam mit Irene Tobler zeigen, daß mit PCPA behandelte Tiere sehr wenig schlafen, jedoch wie normale Tiere ihren Tiefschlafanteil erhöhen, nachdem sie während vierundzwanzig Stunden gänzlich am Schlafen gehindert worden waren. Diese Befunde zeigen, daß eine wichtige Komponente der Schlafsteuerung noch intakt ist, obwohl die Serotoninkonzentration im Gehirn stark vermindert wurde. Wie können die Resultate erklärt werden? Wahrscheinlich sind diese und andere Widersprüche mit der Monoamintheorie darauf zurückzuführen, daß die an der Schlafsteuerung beteiligten Transmitter auch an der Regulation anderer Hirnfunktionen mitwirken. Das läßt sich daran erkennen, daß ein mit PCPA behandeltes Tier neben Schlaflosigkeit auch eine erhöhte Empfindlichkeit auf Schmerzreize und andere äußere Einflüsse sowie vermehrte Aggressivität und ein intensiviertes Sexualverhalten aufweist. Es wäre somit vorstellbar, daß die Schlafstörung nicht durch die Beeinträchtigung der Schlafsteuerung zustandekommt, sondern infolge der Veränderung anderer Gehirnfunktionen. Grundsätzlich stellt sich die Frage, inwieweit der Schlaf überhaupt als ein isoliertes Phänomen untersucht werden kann und ob das Problem des Schlafes »... nicht für sich allein, sondern nur aufgrund einer Analyse der ganzen Funktionsstruktur des Organismus zu lösen ist.« [42]

Die Grundpostulate der Monoamintheorie werden heute auch noch von anderer Seite in Frage gestellt. So waren neben den »klassischen« Transmittern (Noradrenalin, Serotonin, Acetylcholin usw.) im Jahre 1981 bereits fünfundzwanzig im Gehirn vorkommende Peptide (Bausteine von Eiweißmolekülen) bekannt, die zum Teil ebenfalls eine transmittor-ähnliche Funktion ausüben. Seither wurden noch etliche andere Peptide im Gehirn nachgewiesen. Neuerdings wurden sogar Nervenzell-Systeme identifiziert, in welchen ein »klassischer« Transmitter zusammen mit einem Peptid vorkommt. Dieser Befund hat ein seit langem als gesichert angesehenes Gesetz in der Hirnforschung in Frage gestellt: Man nahm bisher an, daß in einer Synapse nicht mehr als ein Transmitter vorkommt. Damit werden aber auch die vor

allem auf den Monoaminen basierenden, relativ einfachen chemischen »Landkarten« des Gehirns zunehmend vielschichtiger und komplexer und die funktionellen Zusammenhänge immer rätselhafter. Wie wir im folgenden Kapitel sehen werden, gibt es vermehrt Hinweise, daß gewisse Peptide bei der Schlafregulation maßgeblich beteiligt sind.

In der Hirnforschung ist immer wieder zu beobachten, daß nicht nur neue Ideen sondern die Anwendung neuer Meßmethoden zu wichtigen Entdeckungen führen. Wie in vielen anderen Disziplinen der Neurobiologie war auch in der experimentellen Schlafforschung die Registrierung elektrischer Signale eines der wichtigsten Verfahren, um die Zusammenhänge zwischen Gehirnfunktion und Verhalten zu untersuchen. Chemische Veränderungen im Gehirn ließen sich viel schwerer verfolgen, da zur chemischen Analyse in der Regel Hirngewebe entnommen werden muß und somit lediglich eine »Momentaufnahme« des Zustandsbildes möglich ist. Raymond Cespuglio, ein Schlafforscher an der Universität Lyon, hat eine neue, elektro-chemische Meßmethode in die Schlafforschung eingeführt. Spezielle, feine Elektroden werden permanent in bestimmte Hirnregionen plaziert, um auf diese Weise beim schlafenden oder wachen Tier die lokale Konzentration von Neurotransmitoren zu registrieren. Mit der Anwendung dieser Technik sind wir auf dem Wege zu einem »chemischen EEG«, das erlaubt, im Gehirn ablaufende chemische Prozesse kontinuierlich zu registrieren und mit dem Schlaf-/Wach-Zyklus in Zusammenhang zu bringen. Es wird sich bald zeigen, ob mit diesem Verfahren grundlegende neue Erkenntnisse über die chemische Schlafsteuerung im Gehirn gewonnen werden können. Das immer komplexere Bild der chemischen Gehirnorganisation hat zu einer gewissen Rückbesinnung auf die physiologischen Grundlagen geführt. Der Schlaf wird heute wieder vermehrt als ein Prozeß betrachtet, dessen Gesetzmäßigkeiten es zu erforschen gilt, auch wenn die zugrunde liegenden Mechanismen im einzelnen noch unbekannt sind. Der Schlafentzug hat sich dabei als ein außerordentlich nützliches Verfahren erwiesen, um die Steuerung des Schlafs zu untersuchen. Dieser Ansatz hat zu Modellvorstellungen der Schlafregulation geführt, die wir im letzten Kapitel besprechen werden. Neben dieser physiologischen Forschungsrichtung ist aber auch eine »Renaissance« alter chemischer Theorien zu verzeichnen, die bis zum Beginn unseres Jahrhunderts zurückgehen. Im Mittelpunkt steht dabei die Frage nach körpereigenen Schlafstoffen, ein Problemkreis, dem das folgende Kapitel gewidmet ist.

| [Inhalt](#) | [Nächstes Kapitel](#) | [Kapitelanfang](#) | [Vorwärts](#) | [Zurück](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély - Kapitel 9

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Die Suche nach körpereigenen Schlafstoffen

Unsere Forschungsarbeiten haben gezeigt,
daß durch die Ansammlung von Hypnotoxin
ein immer stärkeres Schlafbedürfnis entsteht.

Henry Piéron, 1913

»Wissenschaftler fanden Substanz,
die den natürlichen Schlaf bewirkt!« -

»Der Stoff, aus dem Träume sind,
kann möglicherweise schon in wenigen Jahren
in Form von Dragees gekauft werden!« -

»Stille Revolution auf dem Schlafmittelmarkt!« -

»Schlaf aus der Retorte!«

Immer wieder tauchen in der Presse solche und ähnliche Schlagzeilen auf, die von angeblichen sensationellen Entdeckungen körpereigener Schlafsubstanzen berichten. Für die meisten Leser ist es nicht einfach, sich ein Bild von der tatsächlichen Bedeutung solcher Berichte zu machen. Gibt es wirklich Substanzen, die der Körper selbst produziert, um den Schlaf herbeizuführen ?

Bis vor wenigen Jahren wurde diese Möglichkeit von den meisten Fachleuten nicht ernsthaft in Betracht gezogen. Die Arbeiten jener wenigen Wissenschaftler, die diese Hypothese experimentell untersuchten, wurden kaum beachtet. Sie befanden sich zu weit abseits der Hauptrichtungen neurobiologischer Forschung. Dementsprechend war es auch ein nicht alltäglicher Forschertyp, der sich mit der Suche nach körpereigenen Schlafstoffen befaßte. Es waren Männer, die vor der Außenseiterrolle nicht zurückscheuten und bereit waren, ihre Idee über Jahre und Jahrzehnte beharrlich und hartnäckig zu verfolgen. Sie konnten sich dabei nicht, wie viele ihrer Kollegen, von der Welle der eben aktuellen Modeforschung mittragen lassen, und ihre Arbeiten fanden wenig Unterstützung und Aufmerksamkeit. Viele fragten sich, ob diese Forscher verschrobene Sonderlinge oder doch geniale Pioniere seien.

Mitte der siebziger Jahre trat eine Wende ein. Ein junger schottischer Wissenschaftler entdeckte völlig unerwartet eine neue Klasse körpereigener, schmerzstillender Substanzen im Gehirn, die ähnlich wirken wie die bekannten Schmerzmittel Opium und Morphin. Sie erhielten die Bezeichnung Enkephaline und Endorphine und gehören zur chemischen Gruppe der Peptide, welche Bausteine der Eiweißkörper (Proteine) sind. Noch vor einem Jahrzehnt wäre die Vermutung, daß solche körpereigenen Opiate im Gehirn vorkommen, als eine absonderliche und höchst unwahrscheinliche Spekulation abgetan worden: Denn Gehirnfunktionen wie Schlaf und Schmerz wurden damals fast ausschließlich im Hinblick auf Veränderungen der Neurotransmitoren untersucht. In der Zwischenzeit sind indessen verschiedene Peptide bekannt geworden, die im Gehirn ähnlich wirken wie Transmittoren oder Hormone und deren Beziehungen zu den schon lange bekannten »klassischen« Neurotransmitoren Gegenstand intensiver Forschungsarbeiten geworden sind. Diese neue Entwicklung erschütterte viele, scheinbar fest verankerte Theorien. Eine positive Folge davon war, daß den Wissenschaftlern das Ausmaß ihres Nichtwissens wieder klarer vor Augen stand und sie deshalb unkonventionellen Forschungsrichtungen offener gegenübertraten. Heute wird die Vorstellung, daß spezifische körpereigene Substanzen auch an der Schlafregulation beteiligt sein könnten, nicht mehr als ein abstruses Hirngespinnst abgetan, sondern auch von führenden Schlafforschern bereits sehr ernsthaft diskutiert.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Die frühen Experimente von Professor Piéron

»Wird der Wachzustand lange Zeit aufrechterhalten, so wird das Schlafbedürfnis immer vorherrschender, bis es schließlich unüberwindlich ist. Dieses Phänomen geht mit einer Vergiftung durch eine hypothetische Substanz einher, die die Eigenschaften von Toxinen hat ...« Diese Sätze sind dem Buch »Le problème physiologique du sommeil« entnommen, das der Pariser Physiologe Henri Piéron im Jahre 1913 veröffentlicht hat.^[43] Piéron stellt darin die Hypothese auf, im Körper reichere sich im Laufe der Wachzeit ein »Schlafgift« (Hypnotoxin) an, das für das zunehmende Schlafbedürfnis verantwortlich sei. Im Schlaf werde dann diese Substanz abgebaut und ausgeschieden. Um diese Hypothese zu überprüfen, machte Piéron Versuche an Hunden, die er tagsüber wachhielt und auch nachts am Schlafen hinderte, indem er sie durch die Straßen von Paris spazierenführte. Dann entnahm er aus dem Gehirn der Tiere Liquor (die Flüssigkeit, welche die Gehirnkammern erfüllt) und injizierte ihn in den Liquorraum normal ausgeruhter Tiere. In Übereinstimmung mit seiner Hypothese beobachtete er, daß die Empfängertiere nach der Injektion einschliefen.

Aus heutiger Sicht sind allerdings Piérons Befunde nicht sehr überzeugend, da die damalige Methode der Liquorentnahme und Liquorinjektion wahrscheinlich mit erheblichem Streß verbunden war und dadurch das Verhalten der Tiere beeinflusste. Trotz dieser Vorbehalte bleibt es aber Piérons eindeutiger Verdienst, als erster eine klare, neurochemische Hypothese der Schlafregulation formuliert und experimentell untersucht zu haben.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Faktor S und SPS: moderne »Hypnotoxine« ?

Obwohl Piérons Experimente in den ersten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts recht bekannt wurden, machte sich nur eine Forschergruppe die Mühe, seine Befunde zu überprüfen: Im Jahre 1939 konnten die amerikanischen Forscher J. G. Schnedorf und A. C. Ivy Piérons Befunde weitgehend bestätigen.

In der Mitte der sechziger Jahre begann dann John Pappenheimer, Professor für Physiologie an der Harvard Universität in Boston, eine Versuchsserie, um das Problem der körpereigenen Schlafstoffe weiter aufzuklären. Pappenheimer hatte sich in seiner früheren Forschungsarbeit auf die Physiologie der Liquorzirkulation spezialisiert und dabei eine Methode entwickelt, die es erlaubte, bei Ziegen durch permanent im Gehirn implantierte Kanülen Liquor zu entnehmen, ohne die Tiere durch diese Prozedur erheblich zu belasten. Die Ziege bot den Vorteil, daß wegen ihrer Körpergröße eine relativ große Menge Liquor gewonnen werden konnte. Pappenheimer und seine Mitarbeiter hinderten die Ziegen während zwei bis drei Tagen am Schlafen, entnahmen ihnen während des Schlafentzuges zu verschiedenen Zeiten Liquor und injizierten diesen in den Liquorraum von Ratten, die ebenfalls mit permanent implantierten Hirnkanülen versehen waren. Die Ratte wurde als Empfängertier gewählt, da sie wegen ihrer kleinen Körpergröße nur geringe Mengen von Liquor zum Test benötigt. Der Versuch ergab, daß Ratten, die Liquor von schlafdeprivierten Ziegen erhalten hatten, mehr schliefen als Kontrolltiere, denen Liquor von ungestörten Ziegen verabreicht worden war.

Die ersten Ergebnisse schienen also die Hypnotoxin-Hypothese zu bestätigen. Nun stellte sich aber die Frage nach der chemischen Struktur des im Liquor enthaltenen Schlafstoffs, den Pappenheimer vorerst als Faktor S (S = sleep, Schlaf) bezeichnete. Zur Beantwortung der Frage begann eine langwierige Serie von Experimenten, die fünfzehn Jahre dauern sollte. Ihr Ziel war, Faktor S zu reinigen, um schließlich seine chemische Struktur zu bestimmen. James Krueger, ein junger Biochemiker, war für den chemischen Teil der Arbeiten verantwortlich. Der Liquor der Spendertiere wurde durch chemische Methoden in mehrere Fraktionen aufgeteilt, die sich in ihren Inhaltsstoffen unterschieden. Dann wurde eine nach der andern auf ihre schlafinduzierende Wirkung hin untersucht, um festzustellen, in welcher Fraktion Faktor S enthalten war. Dieser Vorgang wurde mehrfach wiederholt und so der unbekannte Schlafstoff nach und nach in der Lösung konzentriert. Bald zeigte sich, daß die Menge des verfügbaren Liquors zur Isolierung der Wirksubstanz nicht ausreichte, da Faktor S offenbar in außerordentlich geringer Konzentration vorlag. Pappenheimer und Mitarbeiter gingen daher dazu über, als Ausgangsmaterial Gehirne von Schlachtvieh zu benutzen. Als Empfängertier wählten sie bald das Kaninchen, das sich für diese Experimente als geeigneter erwies als die Ratte, da der Schlaf von Tier zu Tier weniger variiert. Es zeigte sich, daß die mit Faktor S angereicherten Fraktionen vor allem den Non-REM-Schlaf-Anteil erhöhten und große langsame EEG-Wellen bewirkten (das Kaninchen hat nur

sehr wenig REM-Schlaf). Das EEG-Muster war dabei jenem sehr ähnlich, das nach Schlafdeprivation typischerweise auftritt. Die schlaffördernde Wirkung von Faktor S hielt einige Stunden an, wobei alle Anzeichen eines natürlichen Schlafes vorhanden waren.

Indessen zeigte sich bald, daß auch die Menge der verfügbaren Gehirne von Schlachtvieh nicht ausreichte, um den Schlafstoff zu isolieren. Pappenheimer und Mitarbeiter überwandern diese Schwierigkeit auf höchst originelle Weise: Da sie inzwischen erkannt hatten, daß die Schlafsubstanz sehr stabil ist, folgerten sie, daß Faktor S zum großen Teil im Urin ausgeschieden werden muß. Im Gegensatz zu Gehirngewebe ist aber Urin in fast beliebiger Quantität verfügbar. Sie benutzten als Ausgangsmaterial große Mengen von menschlichem Urin, der zu einem anderen medizinischen Zweck gesammelt worden war, und konnten bestätigen, daß im Harn Schlafsubstanz vorhanden ist. Von diesem Moment an schritt die Isolierung rasch voran. Im Jahre 1981 war die Zusammensetzung von Faktor S bekannt, obwohl die Bestimmung der endgültigen chemischen Struktur (Sequenzanalyse) noch fehlte. Faktor S erwies sich als ein aus fünf Aminosäuren bestehendes, relativ kleines Peptid. Ganz unerwartet war Muraminsäure einer der Bestandteile des Peptids. Sie kommt in Zellmembranen von Bakterien vor, wurde aber bis dahin in höherentwickelten Tieren nicht nachgewiesen. Eine Muraminsäure-Verbindung, das Muramyldipeptid (MDP), ist aus der Immunforschung schon seit einiger Zeit als Substanz bekannt, welche die Abwehrreaktion des Organismus gegen körperfremde Substanzen stimuliert und Fieber erzeugt. Krueger und Pappenheimer konnten zeigen, daß auch MDP bei Kaninchen Schlaf induziert. Der Erfolg dieser Arbeiten sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, daß eine ganze Reihe wichtiger Fragen noch offen ist. Vor allem ist die Struktur der Schlafsubstanz immer noch nicht endgültig geklärt, so daß sie noch nicht künstlich hergestellt werden kann. Wenn dieser Schritt getan ist, wird es wichtig sein, die schlafinduzierende Wirkung auch in anderen Laboruntersuchungen zu bestätigen. Dann muß die Frage, ob die verschiedenen Tierarten auf die Substanz ansprechen, auch noch geklärt werden. Pappenheimer und Mitarbeiter haben bisher über positive Resultate bei Ratten, Katzen, Kaninchen und Affen berichtet.

Verlassen wir nun den amerikanischen Kontinent, um uns einem ähnlichen, hochinteressanten Projekt in Asien zuzuwenden. In der Mitte der siebziger Jahre begann eine japanische Arbeitsgruppe die Hypnotoxintheorie mit modernen Methoden systematisch zu untersuchen. Das Team wurde von Professor Koji Uchizono geleitet, einem bekannten Physiologen, der heute Direktor eines großen nationalen medizinischen Forschungsinstitutes in Japan ist. Shojiro Inoué, ein Biokybernetiker und Professor an der bekannten medizinischen und zahnmedizinischen Universität von Tokyo, übernahm mit Hiroaki Nagasaki die Tierversuche. Professor Yasuo Komoda, ein Biochemiker, leitete den chemischen Teil der Arbeiten. Der experimentelle Ansatz war jenem von Pappenheimers Gruppe ähnlich: Ratten wurden einen Tag lang am Schlaf gehindert und anschließend getötet. Ihr Gehirn diente als Ausgangsmaterial zur Isolierung schlafinduzierender Substanzen. Professor Inoué und sein Mitarbeiter Kazuki Honda hatten eine außerordentlich subtile Methode zur Untersuchung der schlaffördernden Wirkung von Gehirnfractionen entwickelt. Die Empfängertiere, ebenfalls Ratten, trugen neben den üblichen, der Schlafregistrierung dienenden Gehirn- und Muskelelektroden, eine permanent implantierte Gehirnkanüle. Durch diese konnte ständig Flüssigkeit in den Liquorraum infundiert werden, die entweder aus einer unwirksamen Kontrollösung oder aus der zu prüfenden Fraktion bestand. Um den Einfluß äußerer Faktoren möglichst gut kontrollieren zu können, wurden die Tiere bei konstanter Umgebungstemperatur und unter einem festgelegten Hell-Dunkel-Zyklus gehalten. Mit dieser Methode konnte die Forschergruppe nachweisen, daß im Gehirn von schlafdeprivierten Spendertieren eine Substanz vorhanden ist, die bei Empfängertieren den Schlaf fördert. Der Schlafstoff erhielt die Bezeichnung SPS (Sleep Promoting Substance). Die Untersuchungen zeigten, daß SPS bis zu 24 Stunden

nach Ende der Infusion noch wirkt, wobei die Wirkung auch davon abhängt, in welcher Phase des Hell-/Dunkel-Rhythmus die Substanz verabreicht wurde. Die chemische Struktur von SPS ist noch nicht bekannt.

Auch an der Universität Zürich haben wir Hinweise auf schlafinduzierende Stoffe im Liquor von Ratten gefunden. Mitte der siebziger Jahre konnten wir zusammen mit den damaligen Medizinstudenten Josef Sachs und Jan Ungar zeigen, daß der Liquor von Spendertieren die motorische Aktivität der Empfängertiere verändert. Befanden sich die Spendertiere zur Zeit der Liquorentnahme in der aktiven Phase ihres Tageszyklus, so wurde die Aktivität der Empfängertiere erhöht. Dagegen führte der Liquor von inaktiven Empfängertieren zu einer Aktivitätsverminderung. In späteren, gemeinsam mit Irene Tobler durchgeführten Untersuchungen brachten wir kleine Mengen von Liquor schlafdeprivierter Ratten in den Liquorraum normaler Ratten und beobachteten eine Zunahme des Schlafs. Um die wirksamen Substanzen zu identifizieren, hätten diesen vorläufigen Untersuchungen ausgedehnte Experimente folgen müssen.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

DSIP—ein Schlafstoff?

Anfang der sechziger Jahre machte sich Marcel Monnier, Professor für Physiologie an der Universität Basel, auf die Suche nach körpereigenen Schlafsubstanzen. Diese Arbeiten sollten zwei Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Monnier war Schüler des Zürcher Professors und Nobelpreisträgers W. R. Hess. Wie bereits im vorangehenden Kapitel erwähnt, konnte Hess zeigen, daß elektrische Reizung im Mittelhirn Schlaf erzeugt. Dieses Verfahren benützte Monnier, um Kaninchen in Schlaf zu versetzen. In Anlehnung an die Piéron-Befunde nahm er an, daß die elektrische Hirnreizung eine Schlafsubstanz freisetzt, die auch in der Blutbahn nachweisbar ist. Unterstützt von zwei jungen Medizinstudenten, Theodor Koller (heute Professor für Zellbiologie an der ETH Zürich) und Luzius Hösli (heute Professor für Physiologie an der Universität Basel), arbeitete er ein Verfahren aus, um mit einer halbdurchlässigen Membran einen bestimmten Teil der Plasmaflüssigkeit, der die Schlafsubstanz enthalten könnte, aus dem Blut schlafender Tiere abzutrennen. Die Verabreichung dieses Blutanteils an normale Empfängertiere führte zu Schlaf. Ähnlich wie Pappenheimer wurde auch Monnier in der späteren Phase seines Projektes von einem Chemiker, Professor Guido Schoenenberger, unterstützt, der die Reinigung und Identifikation der Substanz durchführte. Er konnte schließlich zeigen, daß durch die Reizung im Mittelhirn ein aus neun Aminosäuren bestehendes Peptid freigesetzt wird. Die Substanz erhielt den Namen »Delta Sleep Inducing Peptide« (DSIP), da vor allem ein Schlaf mit langsamen EEG-Wellen (Delta-Wellen) beobachtet wurde. Nachdem die vollständige Aufklärung der Struktur von DSIP gelungen war, konnte das Peptid ohne größere Schwierigkeiten künstlich (synthetisch) hergestellt werden. Nach Monnier und Schoenenberger unterschieden sich die Wirkungen des natürlichen und künstlichen Produktes in keiner Weise.

Seit DSIP im Handel erhältlich ist, wurde es von verschiedenen Forschergruppen eingehend untersucht. Betrachtet man diese Untersuchungen insgesamt, so ergibt sich ein unklares Bild. Nicht alle Arbeitsgruppen konnten bestätigen, daß DSIP tatsächlich den Schlaf herbeiführt. Bei einigen sorgfältigen Untersuchungen war überhaupt keine Wirkung feststellbar. In Experimenten mit positiven Ergebnissen

wurden unterschiedliche Veränderungen der Schlafstadien festgestellt. Während beim Kaninchen die Verlängerung des Schlafes mit langsamen Wellen (Delta-Schlaf) im Vordergrund stand, wurde bei der Katze vor allem eine Erhöhung des REM-Schlafs beschrieben. Nach ersten Versuchen von intravenöser DSIP-Injektion bei Menschen wurde über eine schlafbegünstigende Wirkung berichtet, die jedoch erst viele Stunden nach Verabreichung des Peptids in Erscheinung trat.

Neben der Wirkung auf den Schlaf sind auch noch andere Befunde schwer zu interpretieren. So ist unklar, weshalb DSIP nicht nur im Gehirn, sondern auch in anderen Organen (z. B. Leber, Lunge, Darm) vorkommt. Die Verabreichung des Peptids scheint auch die Regulation der Körpertemperatur zu beeinflussen. Aufgrund dieser mannigfaltigen Wirkungen ist Schoenenberger zu dem Schluß gekommen, DSIP sei nicht ein spezifischer Schlafstoff, sondern ein »Programmierer« von tagesrhythmischen Prozessen. Doch auch für eine solche Annahme gibt es vorläufig nur wenig konkrete Anhaltspunkte. Vielleicht ist es wichtig, sich zu vergegenwärtigen, daß die elektrische Reizung des Mittelhirns der Isolation von DSIP zugrunde lag. Eine Reizung von Hirnarealen kann aber nicht nur Schlaf induzieren, sondern daneben noch eine ganze Reihe anderer physiologischer Effekte erzeugen, was die Vielfalt der beobachteten Wirkungen dieses Peptids erklären könnte. Jedenfalls ist aus den bisherigen Untersuchungen klar geworden, daß die Wirkungen von DSIP weiterhin eingehend untersucht werden müssen.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Gibt es einen REM-Schlafstoff?

Die bisher besprochenen vermutlichen Schlafstoffe Faktor S, SPS und DSIP fördern vor allem den Tiefschlafanteil des Non-REM-Schlafs. Gibt es Schlafsubstanzen, die spezifisch an der Regulation von REM-Schlaf beteiligt sind? Die umfassendsten Arbeiten in dieser Richtung stammen vom mexikanischen Schlafforscher Raoul Drucker-Colin. In seinen in den sechziger Jahren begonnenen, an Katzen durchgeführten Untersuchungen durchströmte er das zwischen zwei chronisch implantierten Kanülen liegende Gewebe des Hirnstamms mit einer kleinen Menge Flüssigkeit. Er beobachtete dabei, daß nach einer REM-Schlafperiode in der ausströmenden Flüssigkeit eine erhöhte Menge von Eiweiß enthalten war.

Behandelte er die Tiere vor dem Versuch mit Substanzen, die den Eiweiß-Aufbau im Gehirn hemmen, so beobachtete er, daß der REM-Schlaf verschwand. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß während REM-Schlafperioden im Hirnstamm gewisse, noch nicht identifizierte Eiweiß-Substanzen freigesetzt werden, die an der Regulation dieses Stadiums beteiligt sein könnten. In den letzten Jahren nahm Drucker-Colin neue, immunologische Methoden zu Hilfe, um die Frage der Eiweißfreisetzung im REM-Schlaf weiter zu klären. Er konnte zeigen, daß die Injektion von Antikörpern, die gegen die Eiweißfraktion gerichtet sind, den REM-Schlaf reduzieren. Da indessen der REM-Schlaf durch alle möglichen Einflüsse gehemmt werden kann, ist noch unklar, ob Drucker-Colins Substanzen bei der Steuerung des REM-Schlafs eine spezifische Rolle spielen.

Andere Hinweise auf den REM-Schlaf regulierende, körpereigene Substanzen stammen aus dem Laboratorium von Jouvet in Lyon. Dort wurden Tiere während einiger Zeit am REM-Schlaf gehindert,

worauf ihnen Liquor entnommen wurde. Empfängertiere waren mit dem Serotonin- Synthesehemmstoff PCPA vorbehandelt worden, wodurch ihr REM-Schlaf nahezu vollständig unterdrückt war. Der von solchen Spendertieren gewonnene Liquor konnte diese Hemmwirkung auf den REM-Schlaf rückgängig machen. Offensichtlich war im Liquor der Spendertiere, denen REM- Schlaf entzogen worden war, ein REM-Schlaf fördernder Stoff vorhanden.

Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, daß dies alles nur vorläufige Befunde sind, die noch nicht als Beweise angesehen werden können, daß tatsächlich spezifische Stoffe für die Steuerung des REM-Schlafs verantwortlich sind.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Weitere Schlafstoffkandidaten

Es gibt eine ganze Reihe körpereigener Substanzen, bei denen eine schlaffördernde Wirkung beobachtet wurde. Wir wollen hier nur einige wenige Beispiele betrachten.

Die Zirbeldrüse (Pinealis) sitzt verborgen zwischen den Großhirnhemisphären. Ihre Funktion ist noch weitgehend ungeklärt. Die Drüse setzt das Hormon Melatonin frei, dessen Konzentration in der Nacht besonders hoch ist. Auf Grund von zwei Untersuchungen an Menschen und an Versuchstieren wurde berichtet, daß die Verabreichung von Melatonin den Schlaf begünstigt. In einer gemeinsam mit Josephine Arendt, einer englischen Biochemikerin, kürzlich durchgeführten Untersuchung bewirkten kleine Dosen von Melatonin, die von Versuchspersonen während eines Monats jeweils am Nachmittag eingenommen wurden, in den frühen Abendstunden ein ausgeprägtes Schlafbedürfnis. Hier muß noch geklärt werden, ob es sich um eine direkte Wirkung auf die Schlafregulation handelt oder ob der Schlaf nur indirekt beeinflußt wird.

Beträchtliches Aufsehen hat in den letzten Jahren das Hormon Arginin Vasotocin (AVT) erregt. Eine rumänische Forschergruppe veröffentlichte 1977 einen Bericht, wonach die Injektion extrem kleiner Mengen (nur 600 Moleküle) in den Liquorraum der Katze Schlaf erzeugte. Obwohl diese Ergebnisse von anderen Gruppen nicht bestätigt wurden, unternahm man in Rumänien bereits Versuche am Menschen. Man hat die Substanz Jugendlichen, ja sogar Kleinkindern verabreicht. Wiederum wurde eine schlaffördernde Wirkung beschrieben, wobei vor allem die Erhöhung des REM-Schlafs im Vordergrund stand. Da solche Versuche in den meisten Ländern nicht durchgeführt werden, ist die Überprüfung dieser Befunde schwierig. Schließlich haben Françoise Riou, Raymond Cespuglio und Michel Jouvet in Lyon kürzlich über die schlaffördernde Wirkung von »vasoaktivem intestinalem Polypeptid« (VIP) berichtet. Es handelt sich um ein aus mehreren Aminosäuren bestehendes Peptid, das im Körper vorkommt und unter anderem auch auf Blutgefäße und Darm einwirkt. Erst kürzlich wurde VIP im Gehirn nachgewiesen. Die Lyoner Gruppe fand, daß die Injektion in den Liquorraum der Ratte den Schlafanteil (in der Lichtphase besonders den REM-Schlaf) erhöhte.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Neue Entwicklungen und Schlußfolgerungen

Wir haben die Arbeiten von Shojiro Inoué und James Krueger bereits kennengelernt. Kürzlich begannen diese beiden Forscher ganz neue Spuren zu verfolgen. Im Jahre 1983 fanden Inoué und Kollegen in Zusammenarbeit mit einer an der Universität Kyoto tätigen Gruppe, daß Prostaglandin D2 Schlaf erzeugt, wenn es in außerordentlich kleinen Mengen in den Liquorraum der Ratte injiziert wird. Prostaglandine sind körpereigene Substanzen, die vor allem beim Entzündungsvorgang, aber auch bei der Fieberentstehung eine wichtige Rolle spielen. Entzündungs- und fieberhemmende Mittel wie z. B. Aspirin üben ihre Wirkung aus, indem sie den Aufbau von Prostaglandinen hemmen. Es gibt verschiedene Prostaglandine, die nicht alle gleich gut untersucht sind. Insbesondere ist über die Funktion von Prostaglandin D2 noch wenig bekannt, obwohl gerade dieses im Gehirn der Ratte in der höchsten Konzentration vorhanden ist. Zufällig stieß die Arbeitsgruppe von Ryuji Ueno und Osamu Hayaishi in Kyoto auf die schlaffördernde Wirkung dieses Stoffes, die anschließend durch sorgfältige Untersuchungen in Tokyo bestätigt wurde. Aufregend an dem Befund ist vor allem, daß die zur Schlafinduktion erforderliche Menge mit der im Gehirngewebe vorhandenen Konzentration gut übereinstimmt. Somit sind keine hohen »pharmakologischen« Dosen für eine Wirkung nötig, was die Vermutung unterstützt, daß die natürlich vorkommenden Schwankungen der Prostaglandin D2-Konzentration im Gehirn bei der Steuerung des Schlafes eine Rolle spielen.

Es gibt aber noch einen weiteren Anhaltspunkt für einen Zusammenhang zwischen Abwehrreaktionen (sog. Immunreaktionen), die z. B. bei einer Entzündung aktiviert werden, und dem Schlaf. Interleukine gehören zu einer Gruppe von Stoffen, die aus weißen Blutkörperchen freigesetzt werden und wahrscheinlich bei der Abwehr von eingedrungenen Mikroorganismen eine Rolle spielen. Wie der Zürcher Immunologe Adriano Fontana und seine Mitarbeiter gezeigt haben, wird Interleukin auch in Gewebskulturen gewisser Hirnzellen gebildet. Offensichtlich übt die Substanz im Gehirn eine, wenn auch noch unbekannt Funktion aus. Krueger hat nun kürzlich berichtet, daß die Injektion kleinster Mengen von Interleukin in den Liquorraum von Kaninchen nach wenigen Minuten Schlaf auslöst. Bemerkenswert an diesem Befund ist auch, daß das Intervall zwischen Injektion und Schlafeintritt bedeutend kürzer ist als für Faktor S oder Prostaglandin D2. Die zum Auslösen des Schlafes erforderliche Menge, die bisher nur auf Schätzungen beruht, da die chemische Struktur von Interleukin noch nicht geklärt ist, ist kleiner als bei allen bisher geprüften Substanzen, sieht man von den unbestätigten Befunden mit Vasotocin ab. Nach diesen ersten, Aufsehen erregenden Befunden müssen nun weitere Resultate abgewartet werden, um ein noch klareres Bild von der Bedeutung dieser Entdeckungen zu gewinnen.

Wie wir bereits gesehen haben, sind die heute verfügbaren Schlafmittel keine idealen Medikamente. Vor allem die genaue Untersuchung des Schlaf-EEG hat gezeigt, daß sich der durch Schlafmittel bewirkte Schlaf vom natürlichen Schlaf unterscheidet. Für die Behandlung von Schlafstörungen wäre es daher ein riesiger Fortschritt, wenn körpereigene Schlafsubstanzen eingesetzt werden könnten. Denn es wäre ja denkbar, daß gewisse Schlafstörungen auf einem Mangel an solchen Substanzen beruhen und daß dieser durch Zufuhr von außen behoben werden könnte. Eine solche Ersatztherapie ist bei der Zuckerkrankheit schon lange bekannt: Das in ungenügendem Ausmaß von der Bauchspeicheldrüse produzierte Hormon Insulin wird durch Injektionen ersetzt. Was die Behandlung von Schlafstörungen betrifft sind das aber heute noch Zukunftsvisionen, denn die Isolierung der vermuteten Schlafsubstanzen und die Klärung ihres Wirkungsmechanismus sind noch nicht weit genug fortgeschritten, um sie als Medikamente anzuwenden.

Wir wollen uns zum Schluß nochmals die verschiedenen »Forschungsphilosophien« vergegenwärtigen, die hinter den hier beschriebenen Arbeiten stehen. Piérons Konzept eines Hypnotoxins war wegleitend für die Untersuchungen, die zur Entdeckung von Faktor S, SPS und DSIP geführt haben. Alle diese Arbeiten gingen von der Annahme aus, daß das Schlafbedürfnis ein chemisches Korrelat besitzt. Experimentell wurde der erhöhte »Schlafdruck« durch Schlafentzug oder - vielleicht etwas weniger spezifisch - durch elektrische Hirnreizung erzeugt. Bei diesem methodischen Ansatz waren keinerlei Annahmen oder Vorkenntnisse über die gesuchte Substanz notwendig. Ihre Identifikation war das Ergebnis einer sukzessiven Aufspaltung und Reinigung des Ausgangsmaterials. Dieses Forschungskonzept das man als agnostisch bezeichnen könnte, steht im Gegensatz zu jenem anderen, das von neurobiologischen Vorkenntnissen ausgeht. Die bereits besprochene Monoamintheorie (Kapitel 8) ist ein gutes Beispiel. Hier wurde aufgrund anatomischer, physiologischer und pharmakologischer Befunde einem bereits bekannten Transmitter-System (z. B. dem Serotonin-System) eine zentrale Rolle bei der Schlafregulation zugeschrieben. Wie indessen die letzten zwei Jahrzehnte gezeigt haben, muß ein solcher Erklärungsversuch in Hinblick auf die sich ständig erweiternden Erkenntnisse der Neurobiologie unaufhörlich an neue Befunde angepaßt werden und kann dadurch leicht an Überzeugungskraft einbüßen.

Ein weiterer Forschungsansatz bestand darin, bereits bekannte körpereigene Substanzen nach dem Versuch-Irrtum-Verfahren (wie z. B. bei VIP) oder auch nur aufgrund einer Zufallsbeobachtung (z.B. beim Prostaglandin D2) auf ihre schlafinduzierende Wirkung hin zu testen. Falls sich in solchen Experimenten ein positiver Befund ergibt, müssen im nachhinein durch physiologische Untersuchungen Erklärungen gesucht werden. Dieses Verfahren erinnert an die Entdeckung der Schlafmittel, die ebenfalls zum großen Teil auf der Versuch-Irrtum-Methode oder auf Zufallsbefunden basierten. Welcher Weg auch beschritten wird, um zu neuen Wirksubstanzen zu gelangen, immer ist die Bestätigung der spezifischen Wirkung ausschlaggebend, denn letzten Endes gibt es kein überzeugenderes Argument als den Erfolg.

| [Inhalt](#) | [Nächstes Kapitel](#) | [Kapitelanfang](#) | [Vorwärts](#) | [Zurück](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély - Kapitel 10

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Schlafentzug

Es ist Sache der Ärzte zu urteilen,
ob der Schlaf so notwendig ist,
daß unser Leben davon abhängt.

Wir erfahren allerdings,
daß man den König Perseus von Mazedonien
als Gefangenen in Rom sterben ließ,
indem man ihn am Schlafen hinderte.

Plinius jedoch nennt gar manche Beispiele solcher,
die lange ohne Schlaf gelebt haben.

Michel de Montaigne

Das Thema dieses Kapitels ist für die Grundlagenforschung sowie für die angewandte Forschung von Bedeutung und weist überdies interessante kulturgeschichtliche Aspekte auf. Für den Wissenschaftler gewähren Schlafentzugsexperimente wichtige Einblicke in Regulationsmechanismen und Funktionen des Schlafvorganges. Aber auch die praxisorientierte Forschung kann aus solchen Versuchen wertvolle Hinweise gewinnen.

Betrachten wir vorerst einige Auswirkungen von Schlafentzug auf das Berufsleben. Schlafentzug kann die Leistungsfähigkeit beeinträchtigen, was zum Beispiel für Teilnehmer im Straßenverkehr oder für Industriearbeiter verheerende Folgen haben kann. Bei Schichtarbeitern, die zu ungewohnten Zeiten schlafen müssen, kann es leicht zu einem chronischen Schlafmangel kommen. Die Auswirkungen von ungenügendem Schlaf ist auch für das Militär von Interesse, da Soldaten gelegentlich über längere Zeit hinweg mit wenig Schlaf auskommen müssen. Das kann nicht nur die Ausführung von Aufgaben beeinträchtigen, sondern auch die angemessene Beurteilung einer Lage erschweren, es kann die Fähigkeit, Entscheidungen zu treffen einschränken und ganz allgemein die Motivation reduzieren.

Schlafentzug wird zuweilen auch absichtlich herbeigeführt. Die im Korea-Krieg in chinesische Gefangenschaft geratenen Piloten wurden einer sogenannten Gehirnwäsche unterzogen, wobei Schlafentzug eine der Methoden war, um ihren Widerstand zu brechen. Solche Praktiken sind nicht neu. So berichtet der Zürcher Psychologe Hermann Huber-Weidmann über das sogenannte »Tormentum Vigiliae« (Marter des Wachseins), das schon bei den Römern angewandt wurde. Die im Mittelalter verbreitete »Tortura Insomnie« (Schlafentzugsmarter) sollte nicht nur Geständnisse erzwingen, sondern auch Dämonen austreiben. Im 18. Jahrhundert verurteilte der Lutheraner Christian Thomasius in seiner Schrift »Vom Recht des Schlafens und Träumens« diese Praktiken. Es mutet darum etwas paradox an, daß der als Foltermethode mißbrauchte Schlafentzug vor ungefähr zehn Jahren in der Medizin Einzug hielt: Er wird bei der Behandlung depressiver Patienten angewendet. Wir werden auf diese neue Therapieform in anderem Zusammenhang zurückkommen.

Den Schlaf zu bezwingen wurde in den verschiedensten Kulturen als eine erstrebenswerte, obwohl sehr schwierige Aufgabe betrachtet. Der Religionswissenschaftler Mircea Eliade berichtet von australischen Stämmen, bei denen junge Männer während den Initiationsriten drei Nächte lang nicht schlafen durften. Auch der mesopotamische Held Gilgamesch soll auf seiner Suche nach Unsterblichkeit die Auflage erhalten haben, während sechs Tagen und sechs Nächten ohne Schlaf auszukommen. Da der Schlaf ihn trotzdem vorzeitig übermannte, mußte er bei den Sterblichen bleiben. In seinem Buch »Die Vision« erwähnt Ernst Benz verschiedene Beispiele asketischen Wachens, das die Bereitschaft zu übersinnlichen Erfahrungen fördern soll. Als Beispiel nennt er die ganze Nächte dauernden Gottesdienste der altchristlichen Mönche, die sogenannten »Pannichiden«. Auch die ostkirchlichen Horen-Gottesdienste lassen keinen ununterbrochenen Schlaf von mehr als drei bis vier Stunden zu, da der Nachtgottesdienst nach Mitternacht endet, der Morgengottesdienst aber bereits um vier Uhr beginnt.

Der Kampf gegen den Schlaf wurde von großen Asketen hoch gepriesen, da die im Schlaf verbrachte Zeit als »verlorene Zeit« galt. Um ihr Ziel besser zu erreichen, benützten sie auch Steine anstatt Kopfkissen. So soll ein gewisser Petrus von Alcantara vierzig Jahre lang täglich nie mehr als anderthalb Stunden, sitzend, das Haupt an einen Pfahl gelehnt, geschlafen haben. Noch am Ende des 18. Jahrhunderts preist der Dichter Novalis die Schlaflosigkeit, wenn er schreibt: »Je weniger Schlaf man braucht - desto vollkommener ist man«. [44]

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Experimenteller Schlafentzug: Erste Versuche

Im Jahre 1896 berichteten G. Patrick und J. Gilbert, im psychologischen Laboratorium der Universität Iowa in den USA tätig, über die Wirkung eines neunzig Stunden lang dauernden Schlafentzuges bei drei gesunden, jungen Männern. Dieser ersten wissenschaftlichen Schlafentzugsstudie sollten noch etliche weitere folgen. Eine der Versuchspersonen war ein achtundzwanzigjähriger Assistenzprofessor der Universität. Während der neunzig-stündigen Wachzeit ging er tagsüber, soweit als möglich, seiner gewohnten Tätigkeit nach und verbrachte die Nächte anfangs mit Lesen und Spielen, in späteren Phasen des Experiments mit aktiven Betätigungen (Spaziergehen usw.). Während des gesamten Versuchs wurden in periodischen Abständen Tests durchgeführt, um die Leistungsfähigkeit zu prüfen und um

verschiedene physiologische Meßgrößen zu ermitteln. Die Autoren dieser Studie beschreiben, daß die erste Nacht relativ problemlos ablief, die zweite jedoch von einem starken Schlafbedürfnis geprägt war. Die Zeit um die Morgendämmerung war die schwierigste. In der zweiten Hälfte des Versuches konnte sich dann der Versuchsteilnehmer nicht mehr unbeschäftigt hinsetzen, da er trotz großer Willensanstrengung sogleich einschlief. Von der zweiten Nacht an traten auch Wahrnehmungsstörungen auf. So beklagte sich die Versuchsperson, daß eine Schicht klebriger und wirbelnder Partikel angeblich den Fußboden bedeckten und ihn am Gehen hinderten. In noch späteren Phasen gab sie an, daß farbige Teilchen die Luft erfüllten. Diese Sinnestäuschungen waren bereits nach der ersten, zehneinhalb Stunden dauernden Schlafperiode vollständig verschwunden. Die zwei anderen Versuchspersonen in dieser Studie überstanden die Schlafentzugsperiode zwar ohne Wahrnehmungsstörungen, hatten aber ebenfalls große Mühe, wachzubleiben. Auch sie fühlten sich nach dem ersten Erholungsschlaf völlig ausgeruht.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Der Weltrekord

In drei Versuchsserien, die alle in den sechziger Jahren durchgeführt wurden, blieben Versuchspersonen unter kontrollierten experimentellen Bedingungen sieben bis neun Tage lang wach. Im Jahre 1965 beschloß Randy Gardner, ein siebzehnjähriger kalifornischer College-Student, einen neuen Weltrekord aufzustellen. Den größten Teil des Versuchs verbrachte er in Gesellschaft zweier Freunde, die ihn, wenn auch mit etlichen Schwierigkeiten, einige Tage wach hielten. In den letzten neunzig Stunden des Experiments übernahmen der Schlafforscher William Dement und seine Mitarbeiter die Aufsicht. Obwohl sich auch in diesem Versuch Auswirkungen des Schlafmangels zeigten, waren sie doch erstaunlich gering ausgeprägt. Nach vier bis fünf Tagen ohne Schlaf wurde der junge Mann reizbar und mißtrauisch. Er begann über Wachträume zu berichten und zeigte Gedächtnisstörungen. Während eines nächtlichen Spazierganges hatte er eindeutige Wahrnehmungsstörungen. Dement beschreibt, wie es besonders nachts außerordentlich schwer war, den Jungen mit seinen schmerzenden, schweren Augenlidern am Schlafen zu hindern und seine Motivation für den Versuch aufrecht zu erhalten. Tagsüber fiel ihm das Wachbleiben jeweils leichter. Gegen Ende des Versuches begannen die amerikanische Presse und das Fernsehen das Experiment mitzuverfolgen, was natürlich Randys Motivation erhöhte. Nach elf Tagen war es soweit. Der Junge gab eine letzte Pressekonferenz, die er bravourös meisterte. Auf die Frage, wie er diese Rekordwachzeit zustande gebracht habe, gab er leichthin zur Antwort: »Es war einfach der Triumph des Geistes über die Materie.« Nach genau 264 Stunden und 12 Minuten ohne Schlaf versank er im Schlaflaboratorium des kalifornischen San Diego Naval Hospitals in einen Schlaf, der 14 Stunden und 40 Minuten dauerte. Nach dem Erwachen war er praktisch erholt.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Befinden und Leistungsfähigkeit während des Schlafentzugs

Der beschriebene Rekordversuch beweist laut Dement, daß es möglich ist, eine lange

Schlafentzugsperiode ohne größere psychische Funktionseinbußen zu überstehen. Er betont allerdings, daß die ausgezeichnete körperliche Verfassung des jugendlichen Probanden, seine starke Motivation sowie die Unterstützung durch die Versuchsleiter und Medien für den Erfolg sehr wichtig waren. Im Gegensatz zu diesem Experiment waren in zahlreichen anderen Schlafentzugsversuchen viel ausgeprägtere Störungen zu beobachten. Die Befunde wurden von Hermann Huber Weidmann im Buch »Schlaf, Schlafstörungen, Schlafentzug«^[45] zusammengefaßt.

Verfolgen wir nun einen »typischen« Versuch. Die erste Nacht stellt gewöhnlich kein Problem dar. Wenn das Experiment, wie dies oft der Fall ist, in einer Gruppe durchgeführt wird, herrscht in der ersten Phase eine aufgeräumte, gute Stimmung. Der Versuch wird als sportlicher Wettkampf betrachtet, den es zu gewinnen gilt. Die Versuchsteilnehmer zeigen in dieser Anfangsphase ein spontanes, initiatives Verhalten. Die positive Stimmung hält auch am folgenden Tage noch an. In der zweiten Nacht wird es bereits schwieriger, wach zu bleiben. Besonders morgens zwischen drei und fünf Uhr kommt es zur Krise: Das Schlafbedürfnis erscheint nun fast unüberwindlich. Bei längerdauernden Testaufgaben schlafen die Versuchspersonen unweigerlich ein. Doch bestreiten sie nach dem sofortigen Wecken durch den Versuchsleiter, geschlafen zu haben. Am folgenden Tage wird deutlich, daß die Hochstimmung verflogen ist. Die Teilnehmer am Versuch sind ernst, angespannt und führen ihre Aufgaben ohne Begeisterung durch. Zunehmend gleichgültiger und apathischer, reagieren sie unwirsch auf Störungen und kommen den Anforderungen des Versuchsleiters zwar nach, zeigen aber keinerlei eigene Initiative. Stimmungsschwankungen sind in dieser Phase oft zu beobachten, wobei eine gereizte Verstimtheit plötzlich in angeregte Geschäftigkeit umschlagen kann. In der dritten Nacht ohne Schlaf können die Versuchspersonen ohne Hilfe nicht mehr wachbleiben. Um sie am Einschlafen zu hindern, muß sie der Versuchsleiter zu immer neuen Tätigkeiten anregen. Bewegungen, Gymnastik und Spaziergänge sind oft das einzig wirksame Mittel. Auch in den fortgeschrittenen Stadien des Schlafentzugs sind die frühen Morgenstunden die schwierigsten. Ist diese kritische Zeit überstanden, geht das Schlafbedürfnis wieder zurück. Sogenannte Mikro-Schlafperioden treten von der dritten Nacht an häufig in Erscheinung. Der Versuchsteilnehmer hält dabei in seiner Tätigkeit inne und starrt während ein bis drei Sekunden (in späteren Stadien bis zu sechs Sekunden) ins Leere. Das EEG zeigt während dieser kurzen Zeit Veränderungen, die für den Schlaf typisch sind. Das Ende einer Mikro-Schlafperiode ist vom Gefühl des Wieder-zu-sich-Kommens begleitet. In diesem Stadium treten oft visuelle Wahrnehmungsstörungen auf. Es ist, als ob die Grenzen zwischen Wachen und Schlafen unscharf geworden wären, so daß Halluzinationen, wie sie im Einschlafstadium auch normalerweise auftreten können, nun in den Wachzustand übergreifen. Dabei kommt es sowohl zu Illusionen (veränderte Wahrnehmung existierender Objekte) als auch zu eigentlichen Halluzinationen (Wahrnehmung nicht existierender Objekte). Die Oberfläche von Gegenständen erscheint unstet, der Fußboden von Spinnweben bedeckt, Gesichter tauchen auf und verschwinden wieder. Die Sinnestäuschungen können auch das Gehör erfassen: Stimmen scheinen aus dem Geräusch eines laufenden Wasserhahns hervorzutreten und über die Versuchsperson zu sprechen. Eine wiederholt beschriebene, das Körpergefühl betreffende Sinnestäuschung ist das Hut-Phänomen: Die Versuchsperson spürt in Stirnhöhe einen ringförmigen Druck um den Kopf, als ob sie einen Hut trüge.

In Schlafentzugsexperimenten, die länger als vier Tage dauern, kann es neben Wahrnehmungsstörungen auch zu Wahnideen kommen. Die Versuchspersonen werden dabei zunehmend mißtrauischer und vermuten, daß hinter ihrem Rücken Dinge vorgehen, die man ihnen verschweigt. So glaubte beispielsweise eine Versuchsperson nach viertägiger Wachzeit, ihr sei eine Droge in den Kaffee gemischt

worden. In einem anderen Versuch war ein Teilnehmer überzeugt, man trachte ihm nach dem Leben. Er rief seine Frau an und bat sie, sofort die Polizei zu rufen. Schließlich kann es auch zu schweren Depersonalisationserscheinungen kommen, in denen die Versuchsperson ihrer eigenen Identität nicht mehr sicher ist und nichts mehr mit der vertrauten Welt in Beziehung bringen kann. Bei solchen schweren psychischen Störungen kann man von einer eigentlichen Schlafentzugpsychose sprechen.

Es ist interessant, daß im Gegensatz zu den ausgeprägten psychischen Veränderungen körperliche Symptome nur wenig in Erscheinung treten. Brennen und Schmerzen der Augen und Lider sowie Doppelsehen sind relativ früh zu beobachten. Gliederschmerzen, feinschlägiges Zittern und Gefühlsstörungen in Armen und Beinen werden zuweilen beschrieben. Trotz intensiver Untersuchungen konnten indessen keine eindeutigen, durch Schlafmangel verursachten Stoffwechselveränderungen nachgewiesen werden.

Aus naheliegenden Gründen galt das Hauptinteresse vieler Untersuchungen der Leistungsfähigkeit, die mit verschiedenen Tests gemessen wurde. Für die Leistungseinbuße bei längerdauernden Schlafentzugsexperimenten waren reduzierte Motivation der Versuchsperson sowie gehäuft auftretende Mikro-Schlaf-Episoden wichtige Ursachen. Der Mikro-Schlaf beeinträchtigt besonders das Lösen von Aufgaben, die längerdauernde Aufmerksamkeit erfordern. In einer vom amerikanischen Schlafforscher Harold Williams und Mitarbeitern durchgeführten Untersuchung mußten beispielsweise die Versuchspersonen, denen auf einem Bildschirm während zehn Minuten ein Buchstabe pro Sekunde präsentiert wurde, immer dann eine Taste drücken, wenn ein X vorkam. Die Häufigkeit des Buchstabens X betrug etwa fünfundzwanzig Prozent aller Buchstaben. Diese einfache Aufgabe konnte vor dem Versuch praktisch fehlerfrei gelöst werden. Nach drei Tagen Schlafentzug wurde bei einem Viertel der gezeigten X die Taste nicht mehr betätigt. Umgekehrt erfolgte aber oft ein Tastendruck bei einem anderen Buchstaben. Mikro-Schlaf-Episoden waren zweifellos für diese sich verschlechternde Leistung die Hauptursache.

Das Versuchsergebnis hat praktische Bedeutung, da der »Sekundenschlaf« bei übermüdeten Autofahrern ein bekanntes und gefürchtetes Phänomen ist. Im Hinblick auf solche ausgeprägten Funktionsstörungen bei länger dauernden Anstrengungen ist es erstaunlich, wie gut schlafdeprivierte Personen in Testsituationen abschneiden, die nur während kurzer Zeit die volle Aufmerksamkeit erfordern. Auch ist es immer wieder überraschend, daß eine einzige Schlafperiode ausreicht, um psychische Funktionsstörungen zum Verschwinden zu bringen. Nur in vereinzelten Fällen wurde über eine längere Dauer der Störungen berichtet. Sehr selten blieben psychotische Veränderungen noch nach dem Abschluß des Experiments bestehen. In diesen Fällen handelte es sich wahrscheinlich um Personen mit einer vorher schon bestehenden Veranlagung, bei denen der Streß des Schlafentzugs als auslösender Faktor wirkte.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Kann man sich das Schlafen abgewöhnen?

Wie einst die mittelalterlichen Asketen betrachten auch heute viele Leute den Schlaf als »verlorene Zeit«. Sie bedauern, daß der Tag nicht mehr als vierundzwanzig Stunden hat und sie nicht Zeit haben, all

das zu tun, was sie tun müßten oder gerne möchten. Wäre es nicht herrlich, wenn jenes »untätige« Drittel des Lebens für aktive Tätigkeiten genutzt werden könnte! Wie wir schon früher gesehen haben, gibt es Kurzschläfer, die einem solchen Ideal nahekommen. Was ist indessen mit der großen Mehrheit der Normalschläfer? Könnten auch sie ihren Schlaf reduzieren?

Die kalifornische Arbeitsgruppe von Laverne Johnson ist vor einigen Jahren dieser Frage nachgegangen. Am Versuch nahmen vier junge Paare teil, von denen drei in der Regel acht Stunden pro Nacht schliefen, während die Schlafzeit des vierten Paares nur sechseinhalb Stunden betrug. Die Versuchsteilnehmer hatten die Aufgabe, ihren Schlaf allmählich auf fünfeinhalb Stunden oder weniger zu reduzieren, indem sie alle zwei bis drei Wochen eine halbe Stunde später zu Bett gingen. Nachdem sie auf diese Weise ihre kürzeste Schlafzeit erreicht hatten, behielten sie diese einen Monat lang bei und schliefen in den folgenden zwei Monaten wieder dreißig Minuten länger. Die drei Paare mit der Normalschlafdauer von acht Stunden vermochten ihren Schlaf auf fünfeinhalb, fünf und viereinhalb Stunden zu reduzieren. Das Paar mit der Normalschlafdauer von sechseinhalb Stunden reduzierte den Schlaf auf fünf Stunden. In den letzten sechs Monaten dieses Experiments war es den Versuchsteilnehmern freigestellt, ihre Schlafdauer nach eigenem Gutdünken festzulegen. Interessanterweise behielten alle Normalschläfer eine verkürzte Schlafdauer bei, die mit fünfeinhalb bis siebendreizehtel Stunden (Mittelwert 6,4 Stunden) deutlich unter dem Ausgangswert lag. Nur das Kurzschläferpaar zog es vor, wieder zu den gewohnten sechseinhalb Stunden zurückzukehren. Diese Untersuchung zeigt, daß für Normalschläfer eine absichtliche Schlafreduktion um ein bis zwei Stunden während längerer Zeit möglich ist. Eine ähnliche, früher durchgeführte Untersuchung der gleichen Arbeitsgruppe hatte vergleichbare Resultate ergeben.

Wie fühlten sich die Versuchsteilnehmer in diesem Versuch? Die Normalschläfer hatten bei einer Reduktion der Schlafdauer unter sechseinhalb Stunden bereits Mühe, morgens aufzustehen, und klagten über Müdigkeit. Mit fortschreitender Schlafreduktion verschliefen sie morgens häufiger und hatten auch ein größeres Bedürfnis, tagsüber zu schlafen. Eine übermäßige Müdigkeit war schließlich der ausschlaggebende Faktor, daß die Versuchsteilnehmer ihre Schlafzeit nicht noch weiter reduzierten. Die mit verschiedenen Tests gemessene Leistungsfähigkeit wurde durch den verkürzten Schlaf nicht signifikant beeinträchtigt.

In einer neueren Studie der amerikanischen Schlafforscher Mary Carskadon und William Dement wurde deutlich, daß eine Verkürzung der Schlafzeit von den gewohnten sieben bis neun Stunden auf fünf Stunden die Schlafbereitschaft tagsüber erhöhte. Diese Auswirkung des zunehmenden Schlafmangels war allerdings bereits nach der ersten zehnstündigen Erholungsschlafperiode vollständig verschwunden.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Sind wir alle chronisch schlafdepriviert*?

* Schlafdeprivation = Schlafentzug

Diese Frage bildet den provokativen Titel einer von den amerikanischen Schlafforschern Wilse Webb und Harman Agnew im Jahre 1975 veröffentlichten Arbeit. Wie bereits erwähnt, würden die meisten Personen gern etwa eine Stunde länger als üblicherweise schlafen. Aufzeichnungen des Ruhe-Aktivitäts-Verhaltens bestätigen denn auch, daß viele Menschen an Wochenenden ihren Schlaf

verlängern. Ist dieser zusätzliche morgendliche Schlaf an Samstagen und Sonntagen jener fehlende Teil, der für den »Idealschlaf« nötig ist? Ist er Ausdruck eines Nachholbedarfs, der aus einem Schlafmangel während der Woche entstanden ist? Oder stellt er etwa bloß einen »Luxusschlaf« dar, der keinerlei praktische Bedeutung hat und auf den man ebenso gut verzichten könnte?

Obwohl die vorliegenden Befunde keine eindeutige Antwort erlauben, gibt eine kürzlich von Carskadon und Dement veröffentlichte Arbeit gewisse Hinweise. Diese Schlafforscher interessieren sich schon seit Jahren für Veränderungen der Schlafbereitschaft tagsüber. Als Meßmethode dient ihnen der sogenannte multiple Schlaflatenztest, der in Zwei-Stunden-Intervallen von morgens bis abends durchgeführt wird. Die Versuchspersonen legen sich dabei in einem verdunkelten Raum nieder und versuchen einzuschlafen. Sobald aufgrund der EEG- und EMG-Aufzeichnung die ersten

Schlafzeichen ersichtlich sind, werden sie geweckt. Der Test dauert maximal zwanzig Minuten und wird abgebrochen, wenn die Versuchspersonen zu diesem Zeitpunkt noch nicht eingeschlafen sind. Die bis zum Einschlafen benötigte Zeit wird als Meßgröße für die Schlafbereitschaft verwendet. Wie Abbildung 10.1 zeigt, verkürzt sich die bis zum Einschlafen benötigte Zeit (Schlaflatenz) nach einer schlaflosen Nacht drastisch. Interessant ist aber auch, daß die Schlaflatenz zunimmt (d. h. die Schlafbereitschaft zurückgeht), wenn man in der vorangehenden Nacht drei bis vier Stunden länger als gewöhnlich geschlafen hat. Diese Ergebnisse unterstützen die Annahme, daß die normale Schlafdauer unter dem Optimum liegt. Allerdings muß einschränkend festgestellt werden, daß der erwähnte Versuch an Studenten durchgeführt worden ist, die nicht unbedingt für die Gesamtbevölkerung repräsentativ sind.

In diesem Zusammenhang müssen wir noch auf einen weiteren praktischen Aspekt zu sprechen kommen: Übermäßiger Schlaf bewirkt oft Schlafschwierigkeiten am folgenden Abend, eine Feststellung, die vielen »Sonntagsschläfern« aus eigener Erfahrung wohlbekannt sein dürfte. Da es den meisten Menschen schwerfällt, abends früher als gewöhnlich einzuschlafen, andererseits aber ihre Aufstehzeit während der Wochentage durch den Arbeitsbeginn bestimmt ist, können sie ihre optimale Schlafdauer nicht beibehalten. Sie müssen deshalb mit einem gewissen permanenten Schlafdefizit leben, das es ihnen allerdings möglicherweise leichter macht, trotz Streß im Alltag abends einzuschlafen. Sowohl die zu kurze Schlafzeit während der Woche als auch die langen »Erholungs Nächte« am Wochenende könnten so eine sinnvolle Erklärung finden.

[Abb. 10.1 : Dauer bis zum Einschlafen. Wiederholte Einschlafversuche tagsüber nach langem Schlaf, Normalschlaf und schlafloser Nacht. Die Versuchsperson legt sich zwischen 9.30 und 19.30 Uhr alle 2 Stunden nieder und versucht einzuschlafen. Schläft sie ein, wird sie sofort geweckt. Die Einschlafzeit wird als Meßgröße für die Schlafbereitschaft bestimmt. Nach einem langen Schlaf in der vorangegangenen Nacht ist die Einschlafzeit verlängert, nach einer schlaflosen Nacht stark verkürzt. Nicht die Meßpunkte sondern die dargestellten Punkte sind Mittelwerte. \(Aus einer Untersuchung von Carskadon und Dement, 1981.\) \(28k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Schlafentzug und Schlafstadien

Wie bereits erwähnt, bewirkt auch tagelanges Wachbleiben keinen tagelangen Erholungsschlaf. Obwohl Randy Gardner in seinem elftägigen Rekordversuch fast neunzig Stunden Schlaf verloren hatte, war der Erholungsschlaf lediglich um sieben Stunden länger als seine übliche Schlafdauer. Es stellt sich daher die Frage, ob die Schlafintensität nach längerer Wachzeit erhöht ist. Geben die Schlafstadienverteilung oder das EEG einen Hinweis darauf, auf welche Weise der erstaunliche Erholungsvorgang in der ersten Schlafperiode zustande kommt?

Aus den Schlafentzugsexperimenten, bei denen in den Erholungsnächten der Schlaf im Schlaflabor aufgezeichnet wurde, geht hervor, daß primär der Anteil des Tiefschlafs ansteigt. Beispielsweise erhöht sich nach einer Wachzeit von zweihundert Stunden der Tiefschlafanteil in den ersten neun Stunden des Erholungsschlafs auf mehr als das Doppelte einer gewöhnlichen Nacht. Daß der Tiefschlaf ausgesprochen empfindlich auf eine Verlängerung der Wachzeit reagiert, zeigen auch Versuche, in denen bereits eine einzige Nacht ohne Schlaf zu einem Anstieg führte. Der Schluß liegt nahe, daß die Tiefschlaf-Vermehrung ein Ausdruck einer gesteigerten »Schlafintensität« sein könnte.

Ganz anders verhält es sich mit dem REM-Schlaf. Zwar ist sein Anteil nach längerem Schlafentzug ebenfalls erhöht (z. B. um 57 Prozent in den ersten neun Stunden Erholungsschlaf nach zweihundertfünf Stunden Wachzeit). Doch bewirkt ein kürzerer Schlafentzug (bis zu vier Tagen) in der Regel keine Erhöhung des REM-Schlafes in der ersten Erholungsnacht. Eine REM- Schlaf-Zunahme kann in der zweiten Erholungsnacht verspätet auftreten.

Schlafentzugsversuche weisen also auf eine unterschiedliche Regulation von Tiefschlaf und REM-Schlaf hin. Während der Tiefschlaf sofort und schon nach geringem Schlafentzug erhöht ist, kommt es erst nach längerer Wachzeit zu einer Vermehrung des REM-Schlaf-Anteils. Auch Experimente, in welchen der Schlaf nur verkürzt, aber nicht vollständig entzogen wurde, bezeugen die hohe Priorität des Tiefschlafs. Betrachten wir beispielsweise den schon besprochenen Versuch, in welchem vier Paare ihren Schlaf allmählich um anderthalb bis dreieinhalb Stunden reduzierten. Während der verkürzten Schlafzeit nahm die Dauer des Tiefschlafstadiums 4 zu, während die im REM-Schlaf verbrachte Zeit abnahm. Die Verkürzung des Schlafes ging vor allem auf Kosten von Stadium 2. Auch andere Versuche bestätigen, daß bei einer Schlafverkürzung die Tiefschlafzeit beibehalten oder sogar erhöht wird, während die REM-Schlaf-Zeit abnimmt.

Wir haben bereits in einem früheren Kapitel (Kapitel 2) gesehen, daß die Stadieneinteilung des Non-REM-Schlafes auf willkürlich festgelegten Kriterien beruht und daß die EEG-Spektralanalyse die kontinuierlichen Veränderungen im Schlaf viel getreuer wiedergibt. Da der Tiefschlaf durch seinen hohen Anteil an langsamen Wellen im Delta-Bereich (1-4 Hz) gekennzeichnet ist, haben wir die Auswirkungen eines kurzdauernden Schlafentzugs auf die langsamen EEG-Wellen untersucht. Abbildung 10.2 zeigt Resultate, die bei Versuchen an Menschen und an Ratten gewonnen wurden. Es ist deutlich, daß in beiden Fällen der Schlafentzug zu einer starken Zunahme der langsamen EEG-Wellen führt und daß die den Tiefschlaf-Phasen entsprechenden, periodisch auftretenden Gipfel höher und breiter sind als in der Kontrollperiode. Der Schlafentzug hat also bei Mensch und Tier deutlich sichtbare Auswirkungen auf die langsamwellige Aktivität des Schlaf-EEG. Wir werden im letzten Kapitel nochmals in anderem Zusammenhang auf diesen wichtigen Befund zu sprechen kommen.

[Abb. 10.2: Schlafentzug erhöht den Anteil an langsamen Wellen im EEG bei Mensch und Tier. Die Abbildung zeigt Spektralkurven der langsamen Wellen \(1-4 Hz\) im Schlaf-EEG. Mensch: Nach 40,5 Stunden Wachzeit \(vgl. Abb. 2.6\); Ratte: Nach 24 Stunden Wachzeit \(vgl. Abb. 7.8\). \(35k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Selektiver Entzug von Schlafstadien

Vor kurzem unternahmen wir im Schlaflaboratorium der Universität Zürich folgendes Experiment: Während drei Tagen wurde bei einer Versuchsperson selektiv der REM-Schlaf entzogen. Robert, ein Medizinstudent, der schon an früheren Versuchen teilgenommen hatte, stellte sich für diesen Versuch zur Verfügung. Mit den üblichen Elektroden an Kopf, Gesicht und Kinn versehen, legte er sich zur gewohnten Zeit schlafen. Anhand der EEG-Aufzeichnungen verfolgten wir seinen Schlaf. Nach der ersten Tiefschlaf-Periode kündigte sich der REM-Schlaf an: Das EEG wurde flach, zeigte typische kleine, rasche Wellen und die Muskelspannung verschwand. Sogleich gingen wir ins Nebenzimmer und weckten Robert auf. Er mußte auf einer Skala angeben, ob er tief oder oberflächlich geschlafen hatte. Nachdem er noch einige weitere Fragen beantwortet hatte, durfte er weiterschlafen. Wie Abbildung 10.3 zeigt, traten mit fortschreitender Schlafdauer immer häufiger Ansätze von REM-Schlaf auf. Betrachten wir die Aufzeichnungen der drei aufeinanderfolgenden Versuchsnächte, so sehen wir, daß die Zahl der erforderlichen REM-Schlaf-Unterbrechungen von Nacht zu Nacht zunahm. Offensichtlich bewirkte der Entzug dieses Schlafstadiums einen zunehmenden REM-Schlaf- »Druck«. Interessanterweise war dieser in der Nacht nicht andauernd vorhanden, sondern trat nur periodisch in Erscheinung. Zwischen Perioden, die häufige Weckungen erforderten, verbrachte Robert jeweils etwa eine Stunde ungestört im Non-REM-Schlaf. Gegen Ende der dritten Nacht wurden die REM-Schlaf-Ansätze so häufig, daß er wenige Sekunden nach einer Weckung sogleich wieder in den REM-Schlaf verfiel, so daß sein Schlaf in sehr kurzen Abständen unterbrochen werden mußte.

REM-Schlaf-Entzugsexperimente dieser Art wurden erstmals von William Dement im Jahre 1960 durchgeführt. Da damals, wenige Jahre nach Entdeckung des REM-Schlafes, die Meinung vorherrschte, Träume kämen ausschließlich in diesem Stadium vor, wurde REM-Schlaf-Entzug mit Traum-Entzug gleichgesetzt. Es war ein unglücklicher Zufall, daß Dement ausgerechnet in seinem ersten Versuch zunehmende Reizbarkeit und Konzentrationsschwierigkeit der Versuchspersonen glaubte feststellen zu können. Der Schluß lag nahe, daß das Träumen für das psychische Gleichgewicht unerlässlich sei. Dement selbst widerrief diese Schlußfolgerung aufgrund eigener, gründlicherer Untersuchungen, und auch die Befunde anderer Forschergruppen zeigten, daß der Entzug des REM-Schlafes keinerlei psychische Störungen verursacht. Trotzdem ist bis heute die Irrmeinung, daß REM-Schlaf-Entzug besonders verheerende Auswirkungen habe, nicht aus der Welt zu schaffen.

Verhindert man während mehrerer Tage den REM-Schlaf, kommt es in den Erholungsnächten oft zu einer Zunahme des REM-Schlaf-Anteils, als ob das Defizit dieses Schlafstadiums wettgemacht werden müßte. Dieser sogenannte »REM-Schlaf-Rebound« tritt jedoch nicht in allen Fällen deutlich in Erscheinung und kann auch - wie zum Beispiel aus unserem eigenen Experiment mit Robert hervorgeht - ganz fehlen. Es wurde vermutet, daß diese Unterschiede auf Faktoren zurückzuführen sind, die mit der

Persönlichkeit der Versuchsperson in Zusammenhang stehen.

Wir haben in diesem Kapitel gesehen, daß bei Mensch und Tier die Wirkung von totalem Schlafentzug auf die langsamen EEG-Wellen sehr ähnlich ist. Dies trifft auch für den REM-Schlaf zu. So haben Untersuchungen bei verschiedenen Tierarten gezeigt, daß sowohl totaler Schlafentzug als auch selektiver REM-Schlaf-Entzug zu einem REM-Schlaf-Rebound führen. Das weist darauf hin, daß nicht nur die Schlafstadien selbst, sondern auch ihre Regulationsmechanismen für alle Säugetiere grundsätzlich gleich sind.

Bei der Besprechung des selektiven Entzugs eines Schlafstadiums haben wir uns bisher auf den REM-Schlaf konzentriert. Können auch andere Schlafstadien entzogen werden? Eine selektive Deprivation des gesamten Non-REM-Schlafes ist nicht durchführbar, da dieses Stadium 75-80 Prozent des Gesamtschlafs ausmacht und zudem vor dem REM-Schlaf auftritt. Non-REM-Schlaf-Entzug wäre deshalb praktisch gleichbedeutend mit totalem Schlafentzug. Indessen ist es möglich, Versuchspersonen selektiv am Tiefschlaf zu hindern. In Experimenten, die erstmals in den frühen sechziger Jahren durchgeführt wurden, störte man die Versuchspersonen bei jedem Ansatz zum Stadium 4. Diese Störung weckte die Versuchsteilnehmer nicht auf, bewirkte aber den Übergang in ein weniger tiefes Non-REM-Schlaf-Stadium. Ähnlich, wie wir es für den REM-Schlaf-Entzug gesehen haben, konnte auf diese Weise das Auftreten des Tiefschlafs praktisch verhindert werden. Auch hier wurde beobachtet, daß im Laufe des Versuchs die Versuchspersonen immer wieder gestört werden mußten. Im anschließenden Erholungsschlaf kam es zu einem Stadium-4-Rebound. Die Interpretation dieser Befunde ist allerdings deshalb nicht ganz einfach, weil der Tiefschlaf lediglich aufgrund seines hohen Anteils an langsamen EEG-Wellen von den anderen Non-REM-Schlaf-Stadien abgegrenzt werden kann (siehe Kapitel 2). Eine Tiefschlaf-Deprivation kann daher ein vermehrtes Auftreten langsamer EEG-Wellen in anderen Schlafstadien bewirken, wie wir in eigenen Versuchen festgestellt haben. Wegen solcher Kompensationsmechanismen kann ein selektiver Tiefschlaf-Entzug, im Unterschied zum REM-Schlaf-Entzug, nur teilweise durchgeführt werden.

[Abb. 10.3: Weckungen zum REM-Schlaf-Entzug während drei Nächten. Der »REM-Schlafdruck« nimmt während des REM-Schlaf-Entzuges zu. Eine Versuchsperson wurde während 3 Nächten bei jedem Beginn einer REM-Schlaf-Episode geweckt und auf diese Weise am REM-Schlaf gehindert. Die Striche geben die Weckungen an. Ihre Anzahl nimmt von Nacht zu Nacht zu. \(Aus einem gemeinsam mit T. Niggli durchgeführten Versuch.\) \(39k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Schlafentzug als Therapie bei Depressionen

Die endogene Depression gehört, zusammen mit der Schizophrenie, zu den wichtigsten schweren psychischen Erkrankungen. Hoffnungslosigkeit, Verzweiflung und Schuldgefühle beherrschen häufig das Krankheitsbild. In schweren Fällen sind die Patienten nicht mehr willens oder fähig, etwas aus eigenem Antrieb zu unternehmen, alles scheint ihnen sinnlos und unüberwindlich schwierig. Freiwillig aus dem Leben zu scheiden erscheint manchen als der letzte Ausweg aus diesem qualvollen Zustand. Gestörter

Schlaf ist ein häufiges Begleitsymptom der depressiven Erkrankung. Schon zu Beginn der Krankheit haben die Patienten Schwierigkeiten beim Einschlafen, zeigen einen unterbrochenen und oberflächlichen Schlaf und erwachen vorzeitig in den frühen Morgenstunden. Es ist daher erstaunlich, daß mit dem vollständigen Entzug dieses so gestörten Schlafes in vielen Fällen deutliche Besserungen des Krankheitsbildes erzielt werden können. Seit die günstige Wirkung von Schlafentzug Ende der sechziger Jahre erstmals beschrieben worden war, haben verschiedene Arbeitsgruppen diese Behandlungsart systematisch untersucht.

Wie geht die Schlafentzug-Therapie vor sich? Der Patient wird allein oder in einer Gruppe während der Nacht vom Pflegepersonal der Psychiatrischen Klinik wachgehalten. Je nach seinem Zustand verbringt er die Nachtstunden mit Spielen, Lesen, Handarbeiten oder Spaziergehen. Falls er zu jenen glücklichen 40 Prozent gehört, die auf die Therapie ansprechen, bessert sich sein Zustand schon in den frühen Morgenstunden. Er wird mitteilbarer und aktiver, seine Stimmung weniger depressiv. Diese Verminderung der Depression ist in jenen Fällen besonders eindrucksvoll, in denen die Krankheit wochenlang ohne Besserung andauert hat. Tagsüber hält die Stimmungsaufhellung an und kann sich sogar noch etwas verstärken. Leider bewirkt gewöhnlich bereits die folgende Schlafperiode einen Rückfall, und nur in seltenen Fällen wird eine länger dauernde Besserung beobachtet. Dieser auf eine kurze Zeitdauer begrenzte Therapieerfolg schränkt natürlich die praktische Anwendung dieser Behandlung stark ein. Auch die erhebliche Belastung des Pflegepersonals fällt negativ ins Gewicht.

Gegenwärtig untersuchen verschiedene klinische Forschergruppen, ob durch eine Modifikation der Behandlungsart eine längerdauernde Wirkung erzielt werden könnte, und auch, ob es Mittel und Wege gibt, um den therapeutischen Aufwand zu reduzieren. Erste Ergebnisse weisen darauf hin, daß durch eine Kombination von Schlafentzug und antidepressiv wirkenden Medikamenten sich eine längeranhaltende Besserung erzielen läßt. Auch gibt es Berichte, wonach bereits die Verkürzung des Schlafs um einige Stunden wirksam ist. Für den Grundlagenforscher ist es ein faszinierendes, aber immer noch ungelöstes Rätsel, weshalb diese einfache Veränderung des Schlaf-Wach-Zyklus eine ausgesprochen antidepressive Wirkung zeigt. Die Lösung des Problems könnte uns dem Verständnis der biologischen Grundlagen der Depression näher bringen. Im Schlußkapitel werden wir eine Hypothese besprechen, die auf einem Modell der Schlafregulation beruht und einen ersten Ansatzpunkt für eine Erklärung liefern könnte.

| [Inhalt](#) | [Nächstes Kapitel](#) | [Kapitelanfang](#) | [Vorwärts](#) | [Zurück](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély - Kapitel 11

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Schlaf als biologischer Rhythmus

Es glaubt nehmlich mancher, es sey völlig einerley,
wenn man diese 7 Stunden schliefte,
ob des Tages oder des Nachts.

Man überläßt sich also Abends so lange wie möglich
seiner Lust zum Studiren oder zum Vergnügen,
und glaubt es völlig beyzubringen,
wenn man die Stunden in den Vormittag hinein schläft,
die man der Mitternacht nahm.

Aber ich muß jeden dem seine Gesundheit lieb ist,
bitten, sich für diesen verführerischen Irrthum zu hüten.

C. W. Hufeland, 1798

Die meisten Menschen in unseren Breiten gehen jahraus, jahrein ungefähr zur selben Zeit zu Bett und stehen zur selben Zeit auf. Nur an Wochenenden oder Feiertagen und im Urlaub kommt es zu gewissen Abweichungen der Schlafzeit. Wie regelmäßig der Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus ist, sieht man eindrucksvoll anhand von Langzeitaufzeichnungen. Die [Abbildung 11.1](#) zeigt die Aktivität eines berufstätigen Mannes, die mit einem am Handgelenk getragenen Meßgerät länger als ein Jahr aufgezeichnet wurde. Die Ruhezeit betrug ungefähr sechseinhalb bis sieben Stunden und dauerte gewöhnlich von 0.30 bis 7.30 Uhr. Die zwei deutlichen Verschiebungen des Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus sind auf Amerikareisen und die damit verbundene Zeitonenverschiebung zurückzuführen.

Bettzeit und Aufstehzeit können wir nur selten frei wählen, meistens sind sie bestimmt durch unser Leben in Familie und Gesellschaft sowie durch Arbeit oder Schule. Es gibt viele Gründe, warum wir in aller Regel in den Nachtstunden schlafen. Seit jeher zog sich der Mensch zur Nachtzeit in seine Behausung zurück, denn seine Betätigungsmöglichkeiten waren im Dunkeln eingeschränkt, die Risiken und Gefahren groß. Die Stunden nach Sonnenuntergang gehörten denn auch dem Haus und der Familie und dienten der Vorbereitung zur Nachtruhe. Mit der Einführung des künstlichen Lichtes, das nicht nur Häuser, sondern ganze Städte erhellt wurde es möglich, die Tagesaktivität weit in die Abend- und Nachtstunden hinein zu verlängern. Diese neue »Errungenschaft«, von Webb als »Edison-Effekt« bezeichnet, verlockt dazu, die abendliche Freizeit auf Kosten der Schlafzeit auszudehnen. Fernsehprogramme bringen in alle Stuben spannende Unterhaltung bis in die späten Nachtstunden und machen so das frühe Zubettgehen für viele zu einem Akt der Entsagung und des Verzichts. Die Versuchung liegt nahe, die Bettzeit den äußeren Gegebenheiten anzupassen, einmal spät, dann wieder früh schlafen zu gehen. Läßt sich aber die Schlafzeit nach Belieben verschieben? Was würde geschehen, wenn man ohne den Druck äußerer Verpflichtungen und ohne jegliches Wissen um die Tageszeit ganz nach eigenem Gutdünken zu Bett gehen und aufstehen würde, gleichsam wie in einem Schlaraffenland des schrankenlosen Schlafes? Würden unter solchen Ausnahmebedingungen Schlafen und Wachen regellos und zufällig aufeinanderfolgen, oder wäre immer noch ein gewisser Rhythmus erkennbar?

[Abb. 11.1 Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus einer Versuchsperson, die länger als ein Jahr kontinuierlich registriert wurde. Jede waagrechte Linie entspricht einem Tag \(von 15 Uhr bis anderntags 15 Uhr\). Striche entsprechen Aktivitätsperioden, weiße Zwischenräume Ruheperioden. Die Zeit des Zubettgehens und Aufstehens variiert nur wenig. Zwei USA-Reisen verursachen wegen der Zeitzoneänderung deutliche Rhythmusverschiebungen. Im Sommerurlaub ist die Schlafzeit etwas verlängert. Das spätere Aufstehen an den Wochenenden ist aus den periodischen, weißen Einschnitten am Morgen ersichtlich. Längere Ausfälle der Tagesaktivität sind auf Defekte am Registriergerät zurückzuführen. \(28k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Der Mensch in »zeitfreier« Umgebung

Auch wenn wir allein, zurückgezogen und ohne Uhr im stillen Kämmerlein lebten, könnten wir uns dem Einfluß von Tag und Nacht schwer entziehen. Das Tageslicht, die Laute der Natur, die Geräusche der Umwelt würden uns über die ungefähre Tageszeit Bescheid geben. Wollten wir jegliche Zeithinweise ausschalten, dann müßten wir uns entweder in den hohen Norden begeben, wo im Sommer dauernd Tag herrscht, oder aber tief unter die Erde gehen, wo wir weder Licht noch Geräusche wahrnehmen.

Anfang der sechziger Jahre begann man zu untersuchen, wie sich Menschen verhalten, wenn sie während Tagen und Wochen nicht wissen, wieviel Uhr es ist. In jenen Jahren schickte sich der Mensch an, das nähere Weltall und den Mond zu erkunden. Die Raumfahrt faszinierte Wissenschaft und Politik gleichermaßen, und riesige Mittel waren verfügbar, um biomedizinische Untersuchungen durchzuführen. Eine wichtige Frage war, ob sich die Astronauten an die erdferne Umgebung würden anpassen können. Das Interesse der Raumfahrtbehörde an solchen Problemen gab auch der Rhythmusforschung Auftrieb,

die bis dahin ein wenig beachtetes Stiefkind der Wissenschaft gewesen war. Michel Siffre, ein beherzter junger französischer Höhlenforscher, verlagerte in jenen Jahren mehr und mehr sein Hauptinteresse von der Geologie auf die Biologie. Er selbst, aber auch seine Mitarbeiter verbrachten Wochen und Monate in vollständiger Abgeschiedenheit tief unter Tag, um den Einfluß langdauernder Isolation auf den menschlichen Organismus zu erforschen. Neben der wissenschaftlichen Fragestellung war bei jenen Experimenten, die in kalten, feuchten und oft nicht ungefährlichen Höhlen durchgeführt wurden, immer auch ein Hauch von Abenteuerertum beteiligt.

Jürgen Aschoff, Direktor am Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie in Erling-Andechs, und sein Mitarbeiter Rütger Wever, ein Physiker, gingen diese Forschungsprobleme nüchterner und effizienter an. Sie bauten in der Nähe von München einen leerstehenden Bunker zu Versuchsräumen um, in denen gleichzeitig zwei Versuchspersonen getrennt wochenlang bequem leben konnten. Jeder Versuchsteilnehmer hatte einen Aufenthaltsraum, Küche, WC und Dusche zur Verfügung. Die Räume im Bunker waren vollständig von Tageslicht und Geräuschen abgeschirmt, aber mit einer Schleuse versehen, durch die die Versuchsperson mit der Außenwelt in Verbindung treten konnte. Selbstverständlich fehlten in den Versuchen alle Uhren, Radios oder sonstigen Geräte, die eine Zeitangabe hätten vermitteln können. Während der Experimente konnten verschiedene Meßgrößen registriert werden. Die Bewegungsaktivität wurde über Meßfühler im Fußboden aufgezeichnet, die Körpertemperatur durch eine Sonde im Enddarm. In bestimmten Versuchen wurden periodisch psychologische Tests durchgeführt oder die chemische Zusammensetzung des Urins bestimmt. In seinem kürzlich erschienenen Buch »The Circadian System of Man« faßt Wever die Ergebnisse zusammen, die er an mehr als zweihundert Versuchspersonen gewinnen konnte.

Bevor wir auf die Meßergebnisse zu sprechen kommen, wollen wir uns einer Frage zuwenden, die sich bei einer solchen Versuchsanordnung aufdrängt: Wie fühlen sich die Versuchspersonen, und was treiben sie während der einsamen Wochen? Wie Wever und seine Mitarbeiter mir berichteten, betrachten die Versuchsteilnehmer ein solches Experiment als ein durchaus positives Erlebnis, das viele sogar gern wiederholen würden. Ist es der Umstand, während einiger Wochen aller Verpflichtungen ledig und völlig Herr über seine Zeit zu sein, der die Isolation so angenehm macht, oder liegt die Ursache vielleicht bei den »biologischen Rhythmen«, die ungehindert ihren natürlichen Lauf nehmen können? Die Antwort muß vorläufig offen bleiben.

Die Versuchspersonen vertreiben sich die Zeit gewöhnlich mit Lesen, Schreiben und Musik-Hören oder - wenn es Studenten sind - mit ungestörten Prüfungsvorbereitungen. Immer wieder kam es vor, daß am Ende des Versuchs die Versuchsperson mit Überraschung vernahm, daß die Zeit schon um war. Ähnlich war in einem Höhlenversuch von Siffre und seinen Mitarbeitern, der fünf Monate gedauert hatte, der Versuchsteilnehmer überzeugt, erst drei Monate in der Abgeschiedenheit verbracht zu haben. Die Veränderung des Schlaf-Wach-Musters wird uns bald eine mögliche Ursache dieser Fehleinschätzung zeigen.

[Abbildung 11.2](#) zeigt schematisch das Schlaf-Wach-Verhalten einer Person, die in den ersten drei Tagen des Versuchs noch über Zeitinformationen verfügt, und ihrer Gewohnheit entsprechend zwischen 23.00 und 7.00 Uhr schläft. Vom vierten Tag an fehlt dann jeglicher Hinweis auf die Tageszeit. Am ersten Tag ohne Uhr geht unsere Versuchsperson vierzig Minuten später als gewöhnlich zu Bett und steht morgens erst um 8.00 Uhr auf, ohne sich der Veränderung ihrer Schlafzeit bewußt zu sein. An allen weiteren

Tagen erfolgen Schlafengehen und Erwachen jeweils eine Stunde später als am Vortag. Der »subjektive« Tag der Versuchsperson beträgt demnach nicht wie gewöhnlich 24, sondern 25 Stunden. Am dreizehnten Tag ohne Zeitinformation (Versuchstag 16) geht die Versuchsperson anstatt um 23.00 Uhr um 10.40 Uhr vormittags zu Bett und steht abends um 19.00 Uhr auf. Die Phase ihres Schlaf-Wach-Rhythmus hat sich nun um genau 12 Stunden verschoben. Würden wir diesen Versuch weiterführen, so müßten wir nach 25 Tagen feststellen, daß erst 24 subjektive Tage vergangen wären. Die in »zeitfreier« Umgebung lebende Versuchsperson wäre nach ihrer eigenen Zeitmessung 24 statt 25 Tage älter geworden, hätte also 1 Tag gewonnen!

Würden wir diesen Versuch über mehrere Wochen fortsetzen, würde sich die Wachzeit plötzlich von 17 auf nahezu 34 Stunden verlängern, die Schlafzeit von etwas mehr als 8 Stunden auf fast 17 Stunden! Mit anderen Worten: Die Versuchsperson würde von ihrem 25-Stunden-Tag auf einen 50-Stunden-Tag überwechseln, ohne diese drastische Veränderung des Schlaf-Wach-Rhythmus wahrzunehmen. Am Ende des Versuches läge dann die Zahl der von der Versuchsperson gezählten, subjektiven Tage weit unter der Zahl der tatsächlich vergangenen Tage.

Unabhängig davon, ob der subjektive Tag 25 oder 50 Stunden beträgt, verändert sich das Verhältnis von Schlaf- zu Wachzeit gewöhnlich kaum. In unserem Beispiel verbringt die Versuchsperson, wie unter normalen Bedingungen auch während der Versuchsperiode ohne Uhr ein Drittel ihrer Zeit im Schlaf. Bei einem Kurzschläfer wäre demnach auch unter »zeitfreien« Bedingungen das Verhältnis von Schlafzeit zu Wachzeit klein, obwohl sich seine absolute Schlafdauer verlängert hätte.

Untersucht man unter diesen Bedingungen die Verteilung der Schlafstadien, so beobachtet man typische Veränderungen: Während normalerweise die Dauer der REM-Schlaf-Episoden von Zyklus zu Zyklus zunimmt (Kapitel 2), ist dies im Bunker nicht mehr der Fall. Die erste REM-Schlaf-Episode tritt jetzt kurz nach dem Einschlafen auf - das heißt: die REM-Schlaf-Latenz ist kurz, und die Episodendauer ist vergleichbar mit jener der nachfolgenden Episoden. Der REM-Schlaf-Anteil am Gesamtschlaf bleibt indessen unverändert. Im Gegensatz zum REM-Schlaf sind der Zeitverlauf und die Menge des Tiefschlafes durch die Isolation kaum beeinflusst.

Auf der bereits besprochenen schematischen [Abbildung](#) ist ein Fünfundzwanzig-Stunden-Schlaf-Wach-Rhythmus dargestellt. Diese Periodik wurde für die Darstellung gewählt, da die Periode des Körpertemperatur-Rhythmus, die Wever in seinen Isolationsexperimenten festgestellt hat, im Mittel 25 Stunden beträgt. Je nach Individuum variiert dieser Wert und kann bei der einen Person nur 24,7, bei einer anderen 25,2 Stunden betragen. Wichtiger als die genaue Periodenlänge ist indessen die Beobachtung, daß jeder Mensch seinen Rhythmus über längere Zeit erstaunlich exakt beibehält. Da die in dieser Situation beobachteten biologischen Rhythmen offensichtlich vom 24-Stunden-Rhythmus der Erdumdrehung verschieden sind, scheint es unwahrscheinlich, daß sie durch einen verborgenen Einfluß der Umwelt zustandekommen. Eine im Organismus selbst vorhandene »innere Uhr« muß also für ihr Entstehen verantwortlich sein.

[Abb. 11.2: Die »innere Uhr« steuert den Schlaf-Wach-Rhythmus. Schematische Darstellung eines Isolationsversuches im Bunker. Während der ersten 3 Tage mit Uhr schläft die Versuchsperson von 23 Uhr bis 7 Uhr. Während der folgenden 12 Tage ohne Uhr verschiebt sich die Zeit des Zubettgehens jeden Tag um eine Stunde. Die »innere Uhr« des Menschen läuft mit einer Periodik von etwa 25 Stunden. \(35k](#)

[JPG file](#)[| Vorwärts](#) | [| Zurück](#) | [| Kapitelanfang](#) |

Wo sitzt die innere Uhr?

»Die Mimose reagiert auf die Sonne und den Tag: Blätter und Stiele ziehen sich zusammen und schließen sich gegen Sonnenuntergang. Dieselbe Reaktion sieht man, wenn man die Pflanze berührt oder schüttelt. Herr de Mairan hat nun beobachtet, daß für dieses Phänomen Sonne und Luft gar nicht nötig sind, und daß die Reaktion nur etwas weniger ausgeprägt ist, wenn die Pflanze im Dunkeln gehalten wird. Immer noch geht sie ganz deutlich zur Tageszeit auf, schließt sich abends wieder, um während der ganzen Nacht geschlossen zu bleiben... Die Mimose nimmt also den Einfluß der Sonne wahr, ohne ihr in irgendeiner Weise direkt ausgesetzt zu sein... [Herr de Mairan] lädt die Botaniker und Physiker ein [diese Beobachtung weiter zu verfolgen], obwohl auch sie eher anderen Problemen nachgehen mögen. Die eigentliche Physik, welche nur die experimentelle Physik sein kann, zeigt notwendigerweise nur sehr langsame Fortschritte.« [\[46\]](#)

De Mairan berichtete 1729 über diese Beobachtungen in der Königlichen Akademie der Wissenschaften in Paris. Die von ihm festgestellten, in der Dunkelheit fortdauernden tagesrhythmischen Blattbewegungen waren der erste Hinweis, daß Tagesrhythmen, unabhängig von Einflüssen der Umwelt, fortbestehen können. Doch auch De Mairans Betrachtungen über den langsamen Fortschritt der Wissenschaft sollten sich als prophetisch erweisen, denn erst zu Beginn dieses Jahrhunderts wurde seine Entdeckung systematisch weiter untersucht.

Erwin Bünning, Professor für Botanik an der Universität Tübingen, untersuchte als einer der ersten tagesrhythmische Vorgänge an Pflanzen. In der Folge konzentrierte sich das Interesse mehr auf Rhythmen bei Tieren, wobei vor allem die beiden »Väter« der Rhythmusforschung, der in Amerika tätige britische Biologe Colin Pittendrigh und der deutsche Verhaltensphysiologe Jürgen Aschoff grundlegende Experimente durchführten. Auf dem ersten großen Kongreß über Rhythmusforschung im Jahre 1960 in Cold Spring Harbor wurde deutlich, daß Tagesrhythmen in der gesamten belebten Natur weitverbreitet sind. Wie wir dies bereits bei den Untersuchungen am Menschen gesehen haben, stimmen gewöhnlich auch bei Tieren die Rhythmen zwar mit dem Tag-Nacht-Zyklus der Umwelt überein, können aber auch ohne Umwelteinflüsse weiter bestehen. Offenbar sind auch hier »innere Uhren« für die rhythmischen Vorgänge verantwortlich.

Wenn Lebewesen ohne Zeitinformation leben, weicht die Periodenlänge ihrer Tagesrhythmen gewöhnlich von vierundzwanzig Stunden ab. Der in den USA tätige Rhythmusforscher Franz Halberg hat deshalb die heute allgemein übliche Bezeichnung »Circadiane«-Rhythmen (Circa = ungefähr; dies = Tag) geprägt. Sind die Zeitinformationen aus der Umwelt nicht mehr wirksam, so kommt es zu einem sogenannten »freilaufenden« Rhythmus. Circadiane Rhythmen sind in den letzten zwei Jahrzehnten Gegenstand intensiver Forschungsarbeit geworden: Zoologen untersuchen ihre Entstehung bei Insekten, Mollusken und anderen wirbellosen Tieren, Zellbiologen ihre Grundlagen an einzelligen Lebewesen. Im Zentrum steht die Frage nach den Strukturen und biologischen Prozessen, die für die circadianen Rhythmen verantwortlich sind.

Wenden wir uns einem konkreten Beispiel zu. Wir wollen einen Versuch betrachten, bei dem die motorische Aktivität einer Ratte durch ein unter dem Käfig angebrachtes Meßgerät registriert wurde. Auf [Abbildung 11.4](#) sind Perioden mit überschwelliger Aktivität als schwarze Balken, Ruhezeiten als weiße Zwischenräume dargestellt. Um die Veränderungen deutlicher zu erkennen, wurden jeweils die Werte von zwei Tagen nebeneinander aufgezeichnet. Die oberste Linie gibt somit das Ruhe-Aktivitäts-Verhalten der Ratte für Tag 1 und 2 an, die darunter liegende für Tag 2 und 3, und so weiter. In den ersten 14 Tagen wurde das Tier unter künstlichen Hell-Dunkel-Bedingungen gehalten, wobei es von 11-23 Uhr hell war. Deutlich wird, wie sehr das Ruhe-Aktivitäts-Verhalten von den Beleuchtungsbedingungen beeinflusst wird. Die Ratte, ein nachtaktives Tier, ist in der Dunkelperiode aktiv und ruht in der Hellperiode. Vom Tag 15 an herrschte in diesem Versuch Dauerdunkel. Das heißt: Das in einer schalldichten Versuchskammer lebende Tier erhielt keinerlei Informationen mehr über die Tageszeit. Wie wir dies bereits beim Menschen gesehen haben, verschwindet unter solchen Bedingungen der Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus keineswegs. Seine Periodenlänge beträgt indessen nicht mehr 24 Stunden, sondern wurde auch im vorliegenden Versuch länger. Das bewirkte, daß - wie auf der [Abbildung](#) sichtbar - sich die Ruhe-Aktivitäts-Periode im Vergleich zur Ausgangssituation allmählich auf immer spätere Zeiten verschob.

Wir ersehen aus diesem Versuch, daß bei der Ratte, wie auch bei den meisten anderen Tieren, der Hell-Dunkel-Zyklus der Umwelt für circadiane Rhythmen eine sehr wichtige Zeitinformation darstellt. In der Rhythmusforschung bezeichnet man das Licht als einen Zeitgeber, der circadiane Rhythmen eines Lebewesens synchronisiert. Es braucht indessen für die Synchronisation keineswegs eine zwölf Stunden dauernde Lichtperiode. Zahlreiche Versuche haben gezeigt, daß eine viel kürzere Lichtdauer (gewöhnlich fünfzehn bis sechzig Minuten, im Extremfall ein einzelner Lichtblitz) ausreicht, um circadiane Rhythmen mit der von außen durch das Licht vorgegebenen Periodik in Übereinstimmung zu bringen.

Bisher haben wir vor allem die Beziehung circadianer Rhythmen zur Umwelt betrachtet. Nun wollen wir der Frage nach dem Ursprung der Rhythmen weiter nachgehen. Curt Richter, Professor an der amerikanischen Johns-Hopkins-Universität, begann schon in den zwanziger Jahren ausgedehnte Untersuchungen von Ruhe-Aktivitäts-Rhythmen der Ratte. Er beobachtete, daß der circadiane Rhythmus gegenüber verschiedenen Einwirkungen resistent ist. Beispielsweise hielt er Tiere bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen, setzte sie Hunger, Durst und Streß aus, entfernte Hormondrüsen, schaltete Hirnregionen aus und verabreichte verschiedene Pharmaka. Keine dieser Maßnahmen vermochte die Periodenlänge oder Phase des circadianen Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus zu beeinflussen. Erst nachdem größere Gebiete des Zwischenhirns ausgeschaltet worden waren, beobachtete er Veränderungen, die ihn vermuten ließen, die „innere Uhr« müsse sich in diesem Hirnteil befinden. Er sollte recht behalten.

Im Jahre 1972 veröffentlichten Fred Stephan und Irvin Zucker, zwei an der kalifornischen Berkeley Universität tätige experimentelle Psychologen, Befunde, die für das ganze Gebiet der Rhythmusforschung einen entscheidenden Durchbruch bedeuteten. Sie berichteten, daß die Ausschaltung kleiner, umschriebener Gebiete im Zwischenhirn von Ratten die circadianen Rhythmen von Ruhe-Aktivität und Wasseraufnahme vollständig zum Verschwinden brachten. Die Tiere zeigten nach diesem Eingriff ein Aktivitäts- und Trinkverhalten, das unregelmäßig über den ganzen Tag verteilt war. Sie konnten dabei ihre Flüssigkeitsaufnahme immer noch normal regulieren und zeigten auch keine

groben Veränderungen ihres Verhaltens. Als die entscheidende anatomische Struktur im Zwischenhirn erwies sich ein kleines, 1x2 mm großes Kerngebiet, das direkt über der Kreuzungsstelle der Sehnerven (Chiasma opticum) gelegen ist. [Abbildung 11.5](#) zeigt, wie sich die Ausschaltung dieser sogenannten suprachiasmatischen Kerne auf den Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus der Ratte auswirkt. Im Vergleich zum normalen Tier ist die Rhythmik vollständig verschwunden, was sich darin äußert, daß die Aktivitätsepisoden in unregelmäßiger Abfolge über den ganzen Tag verteilt sind. Zusammen mit Irene Tobler und Gerard Groos haben wir untersucht, ob das Verschwinden des circadianen Schlaf-Wach-Rhythmus auch die Steuerung von Tiefschlaf und REM-Schlaf beeinträchtigt. Es zeigte sich, daß auch arrhythmische Tiere auf Schlafentzug mit einer Zunahme von Tiefschlaf und REM-Schlaf reagieren. Wir schlossen aus diesen Befunden, daß der circadiane Schlaf-Wach-Rhythmus und die von der Wachzeit abhängige Regulation der Schlafstadien auf verschiedenen Mechanismen beruhen.

Der Entdeckung von Stephan und Zucker folgten zahlreiche weitere Untersuchungen, die bestätigten, daß die Ausschaltung der suprachiasmatischen Kerne circadiane Rhythmen zum Verschwinden bringen. Daher stellte sich die Frage, ob diese Kerne wirklich der Sitz der langgesuchten »inneren Uhr« sind oder nur eine wichtige Schaltstelle im System darstellen, welches für die Entstehung der Rhythmen verantwortlich ist. Um dieses Problem weiter zu untersuchen, unterbrachen die am bekannten Mitsubishi-Institut bei Tokyo tätigen Forscher Dr. Shin-ichi Inouye und Dr. Hiroshi Kawamura durch einen chirurgischen Eingriff sämtliche Faserverbindungen zwischen dem Zwischenhirngebiet der suprachiasmatischen Kerne und dem übrigen Gehirn der Ratte. Die elektrische Nervenzellaktivität im so isolierten Kerngebiet sowie in anderen Gehirnteilen wurde durch feinste implantierte Elektroden registriert. Wie zu erwarten war, zeigte nach Durchtrennung der Faserverbindung weder das Verhalten der Tiere noch die elektrische Aktivität der Hirnareale außerhalb des Zwischenhirns eine circadiane Rhythmik. Die isolierten suprachiasmatischen Kerne hingegen wiesen immer noch circadiane Rhythmen in ihrer Nervenzellaktivität auf. Offensichtlich kann in diesem Kerngebiet auch ohne Verbindungen zum restlichen Gehirn ein circadianer Rhythmus weiterbestehen.

Für die Möglichkeit, daß circadiane Rhythmen in den suprachiasmatischen Kernen selbst entstehen können, gibt es demnach gute Hinweise. Einige Fragen bleiben aber noch offen. So wird heute diskutiert, ob bei höherentwickelten Säugern auch Strukturen außerhalb dieser Kerne Rhythmen erzeugen oder zumindest nach Ausfall der »Hauptuhr« als »Ersatzuhren« einspringen können.

[Abb. 11.3: Titelblatt der Berichte der Königlichen Akademie der Wissenschaften aus dem Jahre 1729. Hierin beschrieb De Mairan erstmals die Tagesperiodik einer Pflanze. \(39k JPG file\)](#)

[Abb. 11.4: Die »innere Uhr« bestimmt den Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus einer Ratte, die unter Dauerdunkelbedingungen lebt. Waagrechte Striche entsprechen Aktivitätsperioden, weiße Zwischenräume Ruheperioden. Zur Verdeutlichung der Rhythmusverschiebung sind auf einer Linie 2 Tage nebeneinander dargestellt \(d. h. zuoberst Tag 1 und 2, darunter Tag 2 und 3, usw.\). In den ersten 2 Wochen lebt das Tier unter den gewohnten »12 Stunden hell -12 Stunden dunkel«- Bedingungen. Aktivitätsperioden sind weitgehend auf die Dunkelzeit \(23 bis 11 Uhr\) beschränkt. In den folgenden 3 Wochen herrscht Dauerdunkel. Der Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus bleibt erhalten, doch das Ende der Aktivitätsperiode verzögert sich jeden Tag um etwa 25 Minuten. Der von der »inneren Uhr« gesteuerte circadiane Rhythmus ist somit länger als der 24-Stunden-Rhythmus. \(23k JPG file\)](#)

[Abb. 11.5: Der Tagesrhythmus verschwindet, wenn bestimmte Nervenzellgruppen im Zwischenhirn ausgeschaltet werden. Links: Normaler Tagesrhythmus einer Ratte. Das Tier ist vor allem während der Dunkelzeit aktiv. Rechts: Nach Ausschaltung der suprachiasmatischen Nervenzellkerne im Zwischenhirn geht der Tagesrhythmus vollständig verloren. Aktivität und Ruhe sind nun regellos über den ganzen Tag verteilt. \(40k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Wenn Rhythmen eigene Wege gehen

Ende der fünfziger Jahre berichtete die britische Forscherin Mary Lobban mit ihren Mitarbeitern über ein ungewöhnliches Experiment. Zusammen mit ihren Versuchspersonen verbrachten sie einen Sommer in Spitzbergen, wo der Polartag keinen Hinweis auf die Tageszeit gibt. Die zwölf Versuchspersonen, die in getrennten Gruppen lebten, trugen Armbanduhren, die ohne ihr Wissen präpariert worden waren. Bei der einen Gruppe war das Uhrwerk beschleunigt, so daß der Stundenzeiger für eine Umdrehung nicht 12, sondern nur 10.5 Stunden benötigte. Die andere Gruppe trug zu langsam gehende Uhren, deren Stundenzeiger für eine Umdrehung 13,5 Stunden brauchte. Die Schlaf-Wach-Rhythmik der Versuchsteilnehmer paßte sich sofort an diese veränderte Zeitstruktur an. Die Probanden verlebten, ohne es zu wissen, 21-Stunden- oder 27-Stunden-Tage. Indessen ließen sich nicht alle Rhythmen des Körpers durch die manipulierten Uhren täuschen. So behielt zum Beispiel der Rhythmus der Kaliumkonzentration im Urin eine Periodik von nahezu 24 Stunden bei. Es kam somit zu einer sogenannten »internen Desynchronisation« verschiedener biologischer Rhythmen, ihre gegenseitigen Phasenbeziehungen veränderten sich, und das wohlabgestimmte zeitliche Gefüge des Organismus geriet in Unordnung.

Eine Abweichung des Schlaf-Wach-Rhythmus von anderen circadianen Rhythmen wurde auch in Isolationsexperimenten immer wieder beobachtet. Die Körpertemperatur wies dabei gewöhnlich einen stabilen Rhythmus mit einer Periodenlänge von ungefähr 25 Stunden auf, während die Periode des Schlaf-Wach-Rhythmus viel stärker variierte. Die unterschiedliche Periodenlänge führte zu einer sich ständig ändernden Phasenbeziehung zwischen den Rhythmen. Während unter »zeitfreien« Versuchsbedingungen im synchronisierten Ausgangszustand der Schlaf typischerweise mit dem Temperaturminimum zusammenfällt, bedingt die interne Desynchronisation, daß die Versuchsperson jeden Tag an einem anderen Punkt des Temperaturrehythmus zu Bett geht. Trotz dieser sich ändernden Phasenbeziehung zwischen den zwei Rhythmen übt aber der Rhythmus der Körpertemperatur offenbar einen Einfluß auf den Schlaf aus. So hat Jürgen Zulley, ein Rhythmusforscher in Erling-Andechs, beobachtet, daß eine Schlafperiode, die am Tiefpunkt des Temperaturzyklus begann, gewöhnlich von kürzerer Dauer war als eine, deren Beginn mit dem Temperaturmaximum zusammenfiel. Dementsprechend konzentrierten sich die Einschlafzeiten auf die sinkenden, die Aufwachzeiten auf die ansteigenden Temperaturen.

Gibt es im Gehirn eine, zwei oder sogar mehrere »innere Uhren« (oder in der Fachsprache: circadiane Oszillatoren), welche die Rhythmen verschiedener Vorgänge im Körper bedingen? Die amerikanische Forschergruppe von Elliot Weitzman (Montefiori Hospital, New York) und Richard Kronauer (Harvard

Universität, Boston) postulierten deren zwei: einen stabilen Oszillator mit einer Periodik von nahezu 25 Stunden, der für die Rhythmen der Körpertemperatur, des Nebennierenrindenhormons Cortisol und den REM-Schlaf verantwortlich sei, und einen zweiten, labilen Oszillator, welcher der Entstehung der Schlaf-Wach-Rhythmik zugrunde liege. Zusammen mit Serge Daan und Domien Beersma (Universität Groningen) sind wir zu dem Schluß gekommen, daß ein einziger Oszillator ausreicht, um die experimentellen Beobachtungen zu erklären. Gemäß unserer Hypothese läßt sich die interne Desynchronisation des Schlaf-Wach-Rhythmus von anderen Rhythmen durch die Annahme erklären, daß an der Schlafregulation ein sogenannter »Relaxationsprozeß« beteiligt ist, der im Wachen eine steigende, im Schlafen eine sinkende Tendenz aufweist und der mit einem zweiten, circadianen Prozeß in Beziehung steht. Das dieser Hypothese zugrundeliegende Modell werden wir im letzten Kapitel ausführlicher besprechen.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Rhythmusstörungen als Berufsrisiko

Weltumsegler früherer Jahrhunderte mußten viel Mühsal und Beschweris auf sich nehmen. Eines hatten sie aber modernen Globetrottern sicher voraus: Sie litten nicht unter dem Jet-lag-Syndrom, jener unliebsamen Folge von transatlantischen Flugreisen, die eine immer größere Zahl von Passagieren aus eigener Erfahrung kennt. Nach einem Flug in westlicher Richtung wacht man am Bestimmungsort oft noch einige Tage lang ungewohnt früh auf und fühlt dafür am Nachmittag eine bleierne Müdigkeit. Reisen in östlicher Richtung verursachen eher Einschlafstörungen. Die Hauptursache dieser Beschwerden liegt darin begründet, daß circadiane Rhythmen sich nur langsam an eine Änderung des Tag-Nacht-Zyklus anpassen. So sind denn nach einem Flug nach Amerika die Rhythmen unseres Stoffwechsels und unserer Hormone immer noch auf europäische Zeitverhältnisse eingestellt. Genauere Untersuchungen haben ergeben, daß es bis zu zwei Wochen dauern kann, bis sich Rhythmen an eine große Phasenverschiebung vollständig angepaßt haben. Viele Menschen erleben das Reisen in westlicher Richtung als wesentlich angenehmer als das Reisen nach Osten. Das könnte darauf zurückzuführen sein, daß frei laufende circadiane Rhythmen eine Periodenlänge von 25 Stunden aufweisen und daß daher die vorübergehende Verlängerung der 24-Stunden-Periodik, wie sie bei Reisen in Westrichtung erforderlich ist, leichter vonstatten geht als eine Verkürzung unter 24 Stunden.

So störend die Folgen von Rhythmusverschiebungen für den Reisenden auch sein können, so sind sie doch nur eine kurzfristige Unannehmlichkeit. Ein viel ernsthafteres Problem ergibt sich für Personen, deren Beruf eine häufige Rhythmusänderung mit sich bringt. Zu ihnen gehören das auf Langstreckenflügen im Einsatz stehende Flugpersonal und vor allem auch jene Arbeitnehmer - in den meisten Industrieländern sind es etwa zwanzig Prozent aller arbeitenden Personen -, die außerhalb der normalen Arbeitszeit beruflich tätig sind. Für die eigentlichen Schichtarbeiter können der periodische Wechsel der Arbeitszeit und die daraus resultierenden häufigen Verschiebungen des circadianen Rhythmus zu einem gravierenden Problem werden.

Es ist nicht erstaunlich, daß bei Menschen mit solchen Berufen häufig Schlafstörungen auftreten. Hauptbeschwerden sind Einschlafstörungen, häufiges Erwachen sowie eine zu kurze Schlafdauer. Lärm aus der Umgebung, der natürlich tagsüber intensiver ist als nachts, kann die Schlafqualität zusätzlich

beeinträchtigen. Die Folge ist, daß der Tagesschlaf von Leuten, die in Nachtschicht arbeiten, um zwei bis drei Stunden kürzer ist als ihr Nachtschlaf zu Zeiten der Tagesschicht. So kann bei ihnen neben Rhythmusstörungen auch ein Schlafmangel entstehen, der Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit zusätzlich beeinträchtigt. Schlafmittel erscheinen für viele als einzige Möglichkeit, um wenigstens zu einigen Stunden ungestörten Schlafs zu kommen. Eine kürzlich erfolgte Umfrage hat denn auch ergeben, daß beim Flugpersonal während der Arbeitstage der Gebrauch von Schlafmitteln im Vergleich zu den Ruhetagen massiv erhöht ist.

Viele Störungen können aufgrund der Gesetzmäßigkeit circadianer Rhythmen erklärt werden. Bei plötzlichen, länger dauernden Änderungen der Arbeitszeit passen sich die Rhythmen des Stoffwechsels und der Hormone nur langsam an die neuen Gegebenheiten an, während der Schlaf- Wach-Zyklus sich gewöhnlich sofort umstellen muß. Der Schlaf fällt somit vorübergehend auf einen Zeitabschnitt, der von der »inneren Uhr« für das Wachsein vorgesehen ist: Die Körpertemperatur, die Konzentration des bei Streß freigesetzten Nebennierenhormons Adrenalin sowie die Nierentätigkeit sind erhöht, während die Freisetzung von Melatonin (des Hormons der Zirbeldrüse) minimal ist. Der Schlaf ist in dieser ersten Phase der Rhythmusänderung häufig unterbrochen, kurz und wenig erholsam. Analoge Probleme ergeben sich während der Wachzeit, da die circadianen Rhythmen auf Ruhe »programmiert« sind. Müdigkeit, Konzentrationsschwäche und Leistungsverminderung sind häufige Folgen.

Es gibt Menschen, denen Rhythmusverschiebungen besonders stark zusetzen und die praktisch unfähig sind, zu ungewohnter Zeit anspruchsvolle Tätigkeiten zu verrichten. Andere stellen sich leichter auf solche Veränderungen ein. Es ist unklar, worauf diese individuellen Unterschiede beruhen. Bisher ist nur bekannt, daß die Schwierigkeit, sich an Rhythmusverschiebungen anzupassen, mit fortschreitendem Alter zunimmt.

Es wäre indessen verfehlt, anzunehmen, die mannigfaltigen Probleme der Schichtarbeit wären einzig in den desynchronisierten circadianen Rhythmen begründet. Häufig belastet der veränderte Arbeitsrhythmus das Verhältnis zur Familie und erschwert die sozialen Beziehungen. Der Schichtarbeiter gerät leicht in ein zeitliches »Ghetto«, in welchem er infolge seiner abweichenden Schlaf- und Eßgewohnheiten von seiner Umwelt isoliert lebt.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Rhythmusverschiebung als Therapie

Vor wenigen Jahren beschrieb der amerikanische Neurologe und Schlafforscher Elliot Weitzman zusammen mit Charles Czeisler und anderen Mitarbeitern eine eigentümliche Schlafstörung. Ein junger Mann litt schon seit langem darunter, nicht vor zwei Uhr morgens einschlafen zu können. Da er durch seine beruflichen Verpflichtungen genötigt war, morgens um 7.00 Uhr aufzustehen, kam er während der Wochentage nicht zu genügend Schlaf. An Wochenenden schlief er dafür bis mittags. Alle Behandlungsversuche, von Schlafmitteln angefangen bis zu psychologischen Therapien, waren ohne Erfolg geblieben. Weitzman und Czeisler kamen auf den Gedanken, es könnte eine Rhythmusstörung vorliegen, die es dem Patienten unmöglich machte, die Periodenlänge seines circadianen Schlaf-Wach-Rhythmus auf weniger als 24 Stunden zu verkürzen, um die Einschlafzeit

vorzuverschieben.

Wie wir bereits gesehen haben, ist die Anpassung an eine Zeitonenverschiebung in Ost-West- Richtung, die eine Verlängerung des circadianen Rhythmus erfordert, im allgemeinen leichter zu vollziehen als in umgekehrter Richtung. Aufgrund solcher Überlegungen rieten Weitzman und Czeisler dem Patienten, nicht früher, sondern später als üblich zu Bett zu gehen. Die Behandlung der Schlafstörung bestand also in einer absichtlichen Verlängerung des Schlaf-Wach-Rhythmus, um die Einschlafzeit rund um die Uhr in die gewünschte Phasenlage zu bringen.

Praktisch wurde dies so durchgeführt, daß der junge Mann jeden Tag drei Stunden später als am Vortag zu Bett ging. Nach einigen Tagen dieser Behandlung schlief er tagsüber und wachte in den Abendstunden auf. Selbstverständlich mußte er sich für diese Zeit von der Arbeit beurlauben lassen. Nach einer Woche war es soweit: Er ging um 23.00 Uhr, zu seiner idealen Einschlafzeit, zu Bett, schlief sogleich ein und hatte bis 7.00 Uhr morgens sein Schlafpensum erfüllt. Der Patient war geheilt, mußte allerdings weiterhin eine sehr regelmäßige Bettzeit einhalten, um nicht wieder in die Situation vor der Therapie zu geraten.

Seit diesem ersten Fall haben Weitzman und Mitarbeiter, aber auch andere Schlafforscher eine ganze Reihe solcher Fälle beschrieben und in der erwähnten Weise mit Erfolg behandelt. Das Krankheitsbild erhielt den Namen »Delayed Sleep Phase Syndrome« (Syndrom der verzögerten Schlafphase).

Betrachten wir nun noch eine andere medizinische Anwendung einer Rhythmusverschiebung: Im Jahre 1979 berichteten Tom Wehr, Anna Wirz-Justice und weitere Forscher des National Institute of Mental Health (USA) über die erfolgreiche Behandlung einer Patientin, die unter einer schweren, sogenannten endogenen Depression litt. Auch in diesem Fall waren verschiedene Behandlungen ohne Erfolg durchgeführt worden. Die Forschergruppe versuchte nun der Patientin zu helfen, indem sie ihre Schlafzeit um 6 Stunden vorverschob. Das heißt: Anstatt wie üblich um 23.00 Uhr ging sie schon um 17.00 Uhr zu Bett. Diese ungewöhnliche Behandlungsform beruhte auf theoretischen Überlegungen. Wehr und Mitarbeiter hatten bei depressiven Patienten beobachtet, daß verschiedene circadiane Rhythmen bezüglich des Schlaf-Wach-Rhythmus eine abnorme Phasenbeziehung aufwiesen. So fiel beispielsweise der Schlafbeginn mit dem Minimum der Körpertemperatur zusammen und nicht, wie bei Gesunden, mit der sinkenden Temperatur. Beim Depressiven trat also der Schlaf gewissermaßen »verspätet« ein.

Die Frage war, ob eine solche abnorme Phasenbeziehung mit der depressiven Erkrankung in ursächlichem Zusammenhang stehen könnte. Träfe dies zu, so müßte die Normalisierung der Phasenbeziehung zu einer Besserung führen. Tatsächlich hatte das Vorverschieben des Schlafes die erhoffte antidepressive Wirkung. Die Besserung des Krankheitsbildes hielt während fast zwei Wochen an. Am Ende dieser Zeit hatte sich der Temperaturrhythmus vollständig an den Schlaf-Wach- Rhythmus angepasst, so daß wieder die ursprüngliche Phasenbeziehung vorherrschte. Zu diesem Zeitpunkt waren die depressiven Symptome wieder deutlicher geworden. Ein abermaliges Vorverlegen der Schlafzeit brachte sie wiederum für eine begrenzte Zeit zum Verschwinden. Die Anwendung der Behandlung bei anderen Patienten war allerdings nur teilweise erfolgreich. Weitere Untersuchungen werden zeigen müssen, inwieweit diese Rhythmustherapie allgemein anwendbar ist. Weitzmans Therapie der Schlafstörung und Wehrs Behandlung der Depression ist gemeinsam, daß sie auf einer Verschiebung der Schlafzeit beruhen. Das ist ein origineller und neuer Ansatz, um Krankheiten zu behandeln, gegen die

bisher vorwiegend mit Medikamenten vorgegangen wurde. Obwohl sich die Behandlungsart vorläufig erst in der Abklärungsphase befindet und deshalb vor allem für die Grundlagenforschung von Interesse ist, zeichnen sich doch ganz neue, nicht-medikamentöse Behandlungsmöglichkeiten ab. Abschließend läßt sich deshalb feststellen, daß - wie wir schon seit einiger Zeit wissen - umweltbedingte Rhythmusstörungen unser Wohlbefinden maßgeblich beeinträchtigen können. Neu ist die Erkenntnis, daß sich hinter gewissen Störungen und Krankheiten körpereigene Rhythmusstörungen verbergen können, die möglicherweise bald durch eine entsprechende »Rhythmustherapie« behandelt werden können.

| [Inhalt](#) | [Nächstes Kapitel](#) | [Kapitelanfang](#) | [Vorwärts](#) | [Zurück](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély - Kapitel 12

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Wozu dient der Schlaf? Versuch einer Synthese

Die neu erworbenen Erkenntnisse
sind noch formlos, unvollständig,
es fehlen ihnen die wesentlichen Verbindungsfäden;
an jeder Wegbiegung geben sie irreführende Zeichen ab,
sie sind voller Sackgassen.

Überall gibt es faszinierende Ideen,
zahllose unwiderstehliche Experimente,
allerhand neue Zugänge zum Labyrinth der Probleme.

Doch jeder neue Schritt ist unvorhersehbar,
jedes neue Resultat ungewiß.

Wir leben in einer verwirrenden Zeit
und doch in einer sehr guten Zeit.

Lewis Thomas

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Schlafen wir, weil wir lange wach waren?

Wie jedermann weiß, nimmt das Schlafbedürfnis mit fortdauernder Wachzeit zu. Wer lange nicht geschlafen hat, braucht sich nur hinzusetzen, um sofort einzunicken. Nach Schlafeintritt nimmt das Schlafbedürfnis sukzessive ab. Zu Beginn ist der Schlaf tief, wird aber in den folgenden Stunden

oberflächlicher. Das kommt auch darin zum Ausdruck, daß Bewegungen im Schlaf mit fortschreitender Schlafdauer häufiger werden. Wie wir bereits gesehen haben, ist das Vorherrschen jener langsamen EEG-Wellen, die für das Tiefschlaf-Stadium (Stadium 3 und 4) charakteristisch sind, ein guter Indikator für die Schlaftiefe im Non-REM-Schlaf. Die langsamen Wellen beherrschen vor allem im ersten Non-REM-/REM-Schlaf-Zyklus das Bild und werden dann von Zyklus zu Zyklus spärlicher. Nach Schlafentzug ist ihr Anteil deutlich erhöht (Kapitel 10). Dieser EEG-Parameter scheint also die von der vorangegangenen Wachdauer bestimmte Schlafbereitschaft anzuzeigen. Legt man sich nach einer durchschlafenen Nacht vormittags nochmals nieder, so tritt dann auch weniger Tiefschlaf auf, als wenn man sich am Nachmittag zu Bett begibt. Andererseits bewirkt der Schlaf tagsüber, daß der Tiefschlafanteil in der folgenden Nacht herabgesetzt ist.

Womit hängt nun die sukzessive Erhöhung des Schlafbedürfnisses tagsüber und die damit einhergehende Tiefschlaf tendenz zusammen? Ist beispielsweise die körperliche Betätigung tagsüber eine wichtige Ursache? Diese Frage wurde schon verschiedentlich experimentell untersucht. So registrierte man beispielsweise den Schlaf von Marathonläufern, um die Auswirkung einer großen physischen Anstrengung zu bestimmen. Insgesamt betrachtet bleiben aber die Ergebnisse solcher Studien widersprüchlich. In einigen Untersuchungen wurde eine Korrelation zwischen körperlicher Betätigung und nachfolgendem Tiefschlaf gefunden, in der Mehrzahl der Fälle jedoch nicht.

Zusammen mit Mehmet Hanagasioglu sind wir dieser Frage im Tierversuch nachgegangen. Bei Ratten wurden mit permanent implantierten EEG- und EMG-Elektroden über einen Miniaturradiosender die Hirnströme und die Spannung der Nackenmuskulatur kontinuierlich registriert. Die Ratten konnten sich im Käfig frei bewegen und hatten außerdem Zugang zu einem Laufrad. In der aktiven Periode des Schlaf-Wach-Rhythmus legten sie im Laufrad bis zu 7 km pro Nacht zurück. Als wir den Tieren während zwei Tagen den Zugang zum Rad versperrten, schränkte dies ihre Aktivität stark ein. Dabei zeigte sich, daß sich der Tiefschlafanteil praktisch nicht veränderte. Im Gegensatz dazu bewirkte ein Schlafentzug von zwölf bis vierundzwanzig Stunden eine massive Zunahme des Tiefschlafanteils sowie der langsamen Wellen im EEG (Kapitel 10). Diese Befunde weisen darauf hin, daß die Erhöhung der Schlafbereitschaft vor allem durch die Dauer des Wachzustandes und nicht durch eine bestimmte Tätigkeit im Wachen bedingt ist.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Schlafen wir, weil es Zeit ist?

Bei Experimenten mit längerem Schlafentzug wurde immer wieder beobachtet, daß es den Versuchspersonen in den frühen Morgenstunden ganz besonders schwerfiel, wachzubleiben. Das Schlafbedürfnis schien ihnen zu diesem Zeitpunkt fast unüberwindlich zu sein. War diese kritische Periode einmal überstanden, dann machte es weniger Mühe wachzubleiben.

[Abbildung 12.1](#) illustriert einen Versuch der schwedischen Forscher Torbjörn Åkerstedt und Jan Fröberg, in welchem fünfzehn Versuchspersonen während drei Tagen wach bleiben mußten. Alle drei Stunden schätzten die Versuchsteilnehmer ihre Müdigkeit auf einer Meßskala ein und drückten sie bezogen auf ihren Normwert (=100%) aus. Die Kurve der Mittelwerte zeigt eindrucksvoll tagesrhythmische

Schwankungen. Die Müdigkeit war jeweils am Nachmittag minimal und zeigte ein Maximum in den frühen Morgenstunden. Auch in anderen, ähnlichen Experimenten, in welchen die Müdigkeit im Laufe des dreitägigen Schlafentzuges deutlicher anstieg, traten die tagesrhythmischen Schwankungen klar in Erscheinung.

Es ist interessant, daß der Rhythmus der Schlafbereitschaft spiegelbildlich zu jenem der Körpertemperatur verläuft. Die Schlaftendenz ist hoch, wenn die Körpertemperatur an ihrem Tiefpunkt angelangt ist, und sie ist klein, wenn die Temperatur ihr Maximum erreicht. Diese Beobachtungen machen, wie bereits in Kapitel 11 erwähnt, deutlich, daß die Schlafbereitschaft nicht bloß von der im Wachen verbrachten Zeitdauer abhängt, sondern auch stark von einem, von Schlafen und Wachen unbeeinflussten tagesrhythmischen Vorgang bestimmt wird. Auf dem Zifferblatt unserer »inneren Uhr« ist die Zeit des Schlafens offenbar vorbestimmt.

[Abb. 12.1: Tagesrhythmus der Müdigkeit bei 72 Stunden Schlafentzug. Versuchspersonen verbrachten 72 Stunden ohne Schlaf und stufen alle 3 Stunden ihre Müdigkeit auf einer Skala ein, wobei ihre normale Müdigkeit \(=100%\) als Bezugswert diente. Das Müdigkeitsgefühl war jeweils in den frühen Morgenstunden am größten, in den Nachmittagsstunden am geringsten. Die Kurve beruht auf Mittelwerten von 15 Versuchspersonen. \(Nach einer Arbeit von Åkerstedt und Fröberg, 1977.\) \(27k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Zwei Schlafprozesse - ein Modell der Schlafregulation

Sowohl die vorangehende Wachzeit als auch ein circadianer Vorgang sind also für die Schlafregulation verantwortlich. Wie diese beiden Faktoren zusammenwirken, ist auf [Abbildung 12.2](#) als Modell dargestellt. Prozeß S entspricht der vom Schlaf-Wach-Verhalten abhängigen Schlafbereitschaft beziehungsweise der Schlaftiefe. Die Kurve steigt also in der Wachzeit an (zunehmende Schlafbereitschaft) und fällt während des Schlafes ab (abnehmender Tiefschlafanteil). Prozeß C entspricht dem circadianen Rhythmus der Schlafbereitschaft, der von der vorausgegangenen Schlaf- oder Wachdauer unabhängig ist. Sie ist um 4.00 Uhr morgens, zur Zeit, da es besonders schwerfällt, wachzubleiben, am höchsten und um 16.00 Uhr nachmittags am tiefsten. Die auf der [Abbildung](#) dargestellte Kurve © zeigt allerdings nicht den Prozeß C selbst, sondern sein Spiegelbild. Die Kurve © kann als Schwellenwert des Aufwachens betrachtet werden, dessen tiefster Wert somit dem Maximum der Schlafbereitschaft entspricht. Im Modell nehmen wir an, daß Prozeß C nicht nur durch die »innere Uhr« bestimmt wird, sondern auch durch äußere Reize beeinflusst werden kann. So kann zum Beispiel ein langweiliger Vortrag die Schlaftendenz erhöhen, ein aufregender Film jedoch den Schlafeintritt verzögern. Entsprechend dem Modell ergibt sich die effektive Schlafbereitschaft aus der Summe der Prozesse S und C, was der Differenz (also dem Zwischenraum) der Kurven S und © entspricht. Verfolgen wir nun auf der [Abbildung](#) den Verlauf dieser Differenz nach dem Aufwachen um 7.00 Uhr. Die Kurven liegen am Morgen und Vormittag nahe beisammen, das Schlafbedürfnis ist somit klein. Am Nachmittag wird der Zwischenraum zunehmend größer, bis er zur Einschlafzeit (23.00 Uhr) das Maximum erreicht. Im Laufe des Schlafes verringert sich die Differenz der beiden Kurven fortlaufend,

um schließlich mit der Aufwachzeit (7.00 Uhr) ganz zu verschwinden.

Der untere Teil der [Abbildung 12.2](#) zeigt die Verhältnisse, wenn man in einer Nacht und am folgenden Tag nicht schläft. Da der Schlaf nicht, wie üblich, um 23.00 Uhr eintritt, steigt Prozeß S weiter an. Die Differenz zwischen S und © erreicht morgens um 4.00 Uhr, zur Zeit der »Krise«, ein erstes Maximum. In den folgenden Stunden nähern sich die beiden Kurven wieder, das Schlafbedürfnis wird somit kleiner. Beim Einschlafen am folgenden Abend um 23.00 Uhr hat S einen hohen Wert erreicht.

Die große Differenz der Kurven entspricht einem tiefen Schlaf während der ersten Schlafphase, in welchem langsame EEG-Wellen vorherrschen. Weil indessen S nicht gradlinig, sondern kurvenförmig (exponentiell) abfällt, ist die Schlafdauer im Vergleich zum Normalschlaf nur wenig verlängert. Das beschriebene Modell erklärt auch experimentelle Befunde, wonach Versuchspersonen trotz einer durchwachten Nacht am nächsten Vormittag nur kurz schlafen können.

Während der Tiefschlafanteil hauptsächlich von der vorangehenden Wachzeit abhängt, wird der REM-Schlaf weitgehend vom circadianen Rhythmus bestimmt. Dementsprechend wird im Modell angenommen, daß die REM-Schlaf-Bereitschaft vor allem durch den Prozeß C beschrieben wird. In der hier nicht weiter beschriebenen, ausführlicheren Darstellung des Modells wurde angenommen, daß sich REM-Schlaf und Non-REM-Schlaf gegenseitig hemmen. Durch die Voraussetzung einer bestimmten Interaktion beider Vorgänge läßt sich erklären, wie es zu einem zyklischen Auftreten dieser beiden Stadien kommt. Serge Daan und Domien Beersma von der Universität Groningen haben aufgrund ähnlicher Annahmen ein Computermodell der Schlafregulation entwickelt und gezeigt, daß auch die typischen, schon beschriebenen Veränderungen des Schlaf-Wach-Rhythmus (Kapitel 11) in »zeitfreier« Umgebung (z. B. interne Desynchronisation, Periodenlänge von 50 Stunden) simuliert werden können.

Das hier dargestellte Modell ist natürlich nur als Arbeitshypothese gedacht, die der Komplexität der Schlafregulationsmechanismen sicher nicht gerecht wird. Es ist anzunehmen, daß diese Vorstellungen ergänzt und modifiziert werden müssen. Wichtig ist indessen, daß das Modell einerseits auf schon vorhandenen Versuchsergebnissen beruht und andererseits Voraussagen erlaubt, die experimentell überprüft werden können. Gewisse Hinweise auf mögliche biologische Mechanismen, die den beiden Prozessen zugrunde liegen könnten, sind bereits vorhanden. So würde der Anstieg von Prozeß S im Wachen und sein Abfall im Schlaf den Schwankungen einer körpereigenen Schlafsubstanz gut entsprechen, wie dies von Piéron und seinen Nachfolgern postuliert wurde (Kapitel 9). Prozeß C könnte die Tätigkeit der »inneren Uhr«, die vielleicht in den suprachiasmatischen Kernen des Zwischenhirns zu suchen ist (siehe Kapitel 11), widerspiegeln, die nicht nur den Schlaf, sondern auch andere rhythmische Prozesse (z. B. Körpertemperatur, Cortisol) reguliert. Wesentlich ist dabei, daß im Gegensatz zur Hypothese anderer Autoren, das vorliegende Modell mit einem einzigen circadianen Oszillator auskommt.

[Abb. 12.2: Ein Modell der Schlafsteuerung. Es wird angenommen, daß der Schlaf durch das Zusammenwirken von Prozeß S und Prozeß C zustande kommt. Das vom Schlaf-Wach-Verhalten abhängige S steigt im Wachen an und sinkt im Schlaf ab. Prozeß C ist ein durch die innere Uhr gesteuerter, tagesperiodischer \(circadianer\) Vorgang, der unabhängig von Schlafen und Wachen abläuft. Die negative Funktion von C, durch die Kurve © dargestellt, kann als die tagesperiodisch variierende Aufwachschwelle betrachtet werden, wobei der »Schlafdruck« dem Abstand zwischen den Kurven S und](#)

© entspricht. Während des Schlafentzuges steigt S weiter an. Der anschließende Erholungsschlaf ist intensiver, aber nicht viel länger als der gewöhnliche Schlaf. Etwas vereinfachend kann Prozeß S mit einer Sanduhr verglichen werden, die beim Einschlafen und Aufwachen jeweils umgedreht wird, während die vom Schlaf-Wach-Vorgang unabhängigen Schwingungen von Prozeß C den Zeigerumdrehungen einer Uhr entsprechen. (25k JPG file)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Schlafregulation und Depression

Wir haben schon in anderem Zusammenhang gesehen, daß bei endogen depressiven Patienten der Schlaf in der Regel gestört ist und daß paradoxerweise gerade Schlafentzug das Krankheitsbild verbessern kann. Ausgehend vom beschriebenen Modell der Schlafregulation wollen wir uns nun den Mechanismen zuwenden, die den Beziehungen zwischen Schlaf und Depression zugrundeliegen könnten. Zusammen mit Anna Wirz-Justice, Neurochemikerin und Rhythmusforscherin an der Universität Basel, nehmen wir an, daß der vom Schlafen und Wachen abhängige Prozeß S bei endogen Depressiven beeinträchtigt sein kann, und daher im Verlaufe der Wachzeit nicht auf das normale Niveau ansteigt ([Abbildung 12.3](#)). Die sich daraus ergebende kleinere Differenz zwischen den Kurven S und © hätte demnach eine verringerte Schlafbereitschaft zur Folge. Aufgrund dieser Annahme lassen sich die bei der Depression typischerweise auftretende Einschlafstörung sowie das häufige Erwachen nachts erklären. Da andererseits die Kurven S und © früher als normalerweise zusammenlaufen, kommt es zu einer verkürzten Schlafdauer. Vorzeitiges Erwachen ist ebenfalls eine bei Depressiven häufig auftretende Schlafstörung.

Wie steht es nun aber mit der Schlafentzugtherapie? Um ihre therapeutische Wirkung zu erklären, machen wir die Zusatzannahme, daß das abnorm tiefe Niveau von Prozeß S sich nicht nur auf den Schlaf auswirkt, sondern auch mit den depressiven Symptomen in einem ursächlichen Zusammenhang steht. Eine solche Beziehung würde auch erklären, weshalb die Depression morgens nach dem Erwachen (am Tiefpunkt von Prozeß S) oft besonders gravierend ist und sich im Laufe des Tages bessert. Entsprechend dieser Hypothese würde Schlafentzug (siehe [Abbildung](#)) ein Ansteigen von Prozeß S auf ein höheres Niveau bewirken. Aufgrund unserer Zusatzannahme wäre die zunehmende Normalisierung von Prozeß S die Grundlage für die antidepressive Wirkung des Schlafentzugs. Sie ist indessen nicht von langer Dauer, führt doch gewöhnlich bereits die erste Schlafperiode (d. h. der Abfall von Prozeß S auf ein tiefes Niveau) zum Rückfall in die Depression.

Zusammen mit David Kupfer, Psychiater und Schlafforscher an der Universität Pittsburgh, und seiner Arbeitsgruppe haben wir kürzlich das Schlaf-EEG von Depressiven analysiert und Ergebnisse erhalten, die mit einer Beeinträchtigung von Prozeß S gut erklärbar sind. Die Hypothese wird nun auch von anderen Arbeitsgruppen überprüft. Sollte sich herausstellen, daß die für die Depression gemachte Annahme im Modell mit den Beobachtungen nicht übereinstimmt, müßten weitere Varianten in Betracht gezogen werden. Wichtig ist trotzdem, daß das Modell der Schlafregulation, das wir für den Normalschlaf entwickelt haben, auch zur Erklärung krankheitsbedingter Veränderungen herangezogen werden kann.

[Abb. 12.3: Schlaf, Schlafentzug und Depression. Ein Erklärungsversuch für den gestörten Schlaf bei der Depression und für die antidepressive Wirkung von Schlafentzug. Die Darstellung geht vom Modell der Schlafsteuerung aus \(Abb. 12.2\). Es wird angenommen, daß bei Depressiven Prozeß S weniger ansteigt als bei Gesunden. Die typischen Schlafstörungen bei der Depression können als Folge des kleineren Abstandes zwischen den Kurven S und © erklärt werden. Während des Schlafentzugs normalisiert sich der Abstand, was - gemäß der Hypothese - zur Folge hat, daß sich die Depression bessert. Die Wirkung ist allerdings nur von kurzer Dauer, da schon nach der folgenden Schlafperiode der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt ist. \(41k JPG file\)](#)

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Ein Blick in die Vergangenheit

Wenn man bei der Erforschung biologischer Vorgänge bei hochentwickelten Lebewesen nicht mehr weiterkommt, ist es oft ratsam, die Entwicklungsgeschichte genauer zu betrachten. Hilft uns dieser Weg auch, die Steuerung des Schlafs zu verstehen?

Im beschriebenen Modell setzen wir zwei getrennte Prozesse voraus: Prozeß C, die Grundlage der circadianen Schlafbereitschaft, läßt sich bis zu den einfachsten Lebewesen zurückverfolgen. Wie schon erwähnt (Kapitel 7.11), sind circadiane Rhythmen im Pflanzen- und Tierreich weit verbreitet und kommen sogar bei einzelligen Organismen vor. Circadiane Ruhe-Aktivitäts-Rhythmen, die unabhängig von Zeitgebern aus der Umwelt fortbestehen, sind beispielsweise bei Mollusken und Insekten beschrieben worden (Kapitel 7). Bei diesen Lebewesen, deren Nervensystem anders aufgebaut ist als jenes der Wirbeltiere, läßt sich der Schlaf natürlich nicht durch EEG-Kriterien definieren. Der circadiane Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus könnte, wie schon früher angedeutet, einen Vorläufer der Schlaf-Wach-Rhythmik darstellen. Das frühe Auftreten circadianer Rhythmen in der Entwicklungsgeschichte sowie ihre weitere Verbreitung sind ein Anhaltspunkt dafür, daß die Anpassung an die 24-Stunden-Rhythmik für das Überleben von Lebewesen sehr wichtig gewesen ist. Circadiane Rhythmen bieten allerdings nicht nur Vorteile, denn sie sind oft allzu starr vorprogrammiert und passen sich nur langsam an veränderte Gegebenheiten an. Es liegt daher nahe anzunehmen, daß sich ein zusätzlicher Prozeß (Prozeß S) entwickelt hat, der Ruhe und Aktivität nicht aufgrund eines fixen zeitlichen Programms, sondern abhängig von der unmittelbaren Vorgeschichte steuert. Dieser neue Prozeß der Schlafregulation hat zweifellos die Flexibilität und Anpassungsmöglichkeit der Lebewesen beträchtlich erhöht. Die Entwicklung des Schlafes eröffnete also die Möglichkeit, sich dem unerbittlichen Diktat der »inneren Uhr« zu entziehen, ohne auf ihre Vorteile völlig verzichten zu müssen.

Nehmen wir nun aufgrund dieser Überlegungen die einzelnen Schlafstadien etwas genauer unter die Lupe. Den REM-Schlaf möchte man als einen »primitiven« Schlaftyp einstufen, da er zum großen Teil durch circadiane Faktoren bestimmt wird. Mit dieser Annahme würde übereinstimmen, daß er relativ grob reguliert wird. Das kommt darin zum Ausdruck, daß Schlafentzug während einer Nacht oder zusätzlicher Schlaf tagsüber den REM-Schlaf nicht verändern. Erst ein massives REM-Schlaf-Defizit verlängert den REM-Schlaf.

Im Gegensatz dazu unterliegt der Tiefschlaf einer feinen Regulation. Er wird praktisch nicht durch circadiane Faktoren beeinflusst, reagiert aber außerordentlich präzise auf Veränderungen der vorangegangenen Wachdauer. Schlafentzug führt zur Erhöhung des Tiefschlafanteils, verlängerter Schlaf am Morgen oder zusätzlicher Schlaf tagsüber führen zu einer Tiefschlafverminderung in der folgenden Nacht. Erinnern wir uns hier, daß die langsamen EEG-Wellen im Non-REM-Schlaf für den Tiefschlafanteil bestimmend sind. Aus diesem Grunde müssen Kompensationsreaktionen des Tiefschlafs nicht mit Veränderungen der Schlafzeit einhergehen. Die langsamen Wellen können als eine Intensitätsdimension des Non-REM-Schlafs betrachtet werden, für welche es im REM-Schlaf keine Entsprechung gibt. Die Kompensation eines REM-Schlafdefizits ist daher gleichbedeutend mit einer Verlängerung der REM-Schlafdauer. Das heißt, daß das Nachholen verlorenen REM-Schlafs auf Kosten anderer Schlafstadien oder sogar der Wachzeit erfolgen muß, ein Umstand, der für ein Lebewesen nachteilig ins Gewicht fallen kann.

Die Annahme, der REM-Schlaf stelle einen »primitiven« Schlaftyp dar, wird auch durch die Tatsache gestützt, daß sich die für den REM-Schlaf verantwortlichen Nervenzellen im entwicklungsgeschichtlich alten Hirnstamm befinden. Die für den Tiefschlaf verantwortlichen Strukturen scheinen dagegen eher in »neueren« Vorderhirnstrukturen zu liegen. Schließlich tritt der REM-Schlaf auch in der Entwicklung des Individuums viel früher in Erscheinung als der Tiefschlaf. Trotzdem muß vor einer allzu wörtlichen Interpretation des entwicklungsgeschichtlichen Aspektes gewarnt werden, da sich im Schlaf einfacherer Tierarten die für die Säuger typischen Schlafstadien nicht immer eindeutig identifizieren lassen.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Das Rätsel des REM-Schlafs

Seit der Entdeckung des REM-Schlafs gibt es zahlreiche Erklärungsversuche für dieses eigenartige Schlafstadium. Anfänglich stand der früher überschätzte Zusammenhang zwischen REM-Schlaf und Traumerleben im Vordergrund. Wie bereits ausgeführt, zeigte sich bald, daß Träume nicht ausschließlich auf den REM-Schlaf beschränkt sind und daß dieses Stadium nicht mit »Traumschlaf« gleichgesetzt werden kann.

Eine andere interessante Hypothese basiert vor allem auf dem Vorherrschen dieses Schlafstadiums in den frühen Lebensjahren bei Menschen und Tieren. Es gibt Hinweise, daß Säugetiere vor der Geburt einen großen Teil ihrer Zeit in einem dem REM-Schlaf ähnlichen Zustand verbringen. Jouvett hat aufgrund dieses Befundes angenommen, der REM-Schlaf diene der Programmierung von Vorgängen im Gehirn, die zur Entwicklung und Aufrechterhaltung genetisch bedingter Funktionen, zum Beispiel von Instinkthandlungen, notwendig sind. Gemäß dieser Hypothese entsteht während des REM-Schlafs im Gehirn ein von der Außenwelt unabhängiges sensorisches Aktivitätsmuster - die Träume, sowie ein motorisches Muster, das jedoch infolge der starken Hemmung der Willkürmuskulatur nicht offen als Verhalten zum Ausdruck kommt. Wie bereits erwähnt, konnte in Experimenten gezeigt werden, daß es nach Wegfall dieser Hemmung tatsächlich zu stark emotional gefärbten Verhaltensweisen im REM-Schlaf kommt. Jouvett nimmt nun an, daß die im REM-Schlaf auftretende phasische Aktivität der Nervenzellen, die mit Elektroden in tiefen Hirnstrukturen registriert werden kann und nach außen als

sporadische rasche Augenbewegungen in Erscheinung tritt, einen Code darstellt, der in Genen gespeicherte Information aktivieren kann. Diese würde vor allem angeborenem Instinktverhalten entsprechen, das im REM-Schlaf gleichsam »eingübt« und mit erworbener Information in Verbindung gebracht wird. Leider ist es schwierig, diese interessante Hypothese durch spezifische Experimente zu überprüfen.

Andere Autoren sehen im REM-Schlaf ein Stadium, das spezifische Erholungsvorgänge im Gehirn ermöglicht. Es gibt jedoch wenig Anhaltspunkte für diese These. Der amerikanische Schlafforscher Fred Snyder vertritt die sogenannte »Wächter-Hypothese« (sentinel hypothesis). Sie besagt, daß das wachähnliche REM-Schlaf-EEG sowie das am Ende von REM-Schlafperioden oft erfolgende kurze Erwachen es Lebewesen ermöglicht, ihre Umgebung periodisch zu überwachen. Doch auch dieser Erklärungsversuch läßt sich schwer überprüfen. Einen extremen Standpunkt vertritt der englische Schlafforscher Ray Meddis mit seiner Annahme, der REM-Schlaf sei ein evolutionäres Relikt aus der Entwicklungsstufe der Reptilien und erfülle bei Säugern überhaupt keine Funktion mehr. Weitere Hypothesen wurden bereits in Kapitel 4 besprochen.

Aus so verschiedenartigen Vorschlägen wird deutlich, wie rätselhaft die Funktion des REM-Schlafes nach wie vor ist. Welchen Wert die bisherigen Annahmen haben, muß durch weitere Experimente geklärt werden. Vielleicht werden aber auch erst ganz andere Erklärungsversuche die Bedeutung dieses faszinierenden Schlafstadiums erhellen können.

| [Vorwärts](#) | [Zurück](#) | [Kapitelanfang](#) |

Schlußbetrachtungen

Wenn wir auch die Frage nach der Bedeutung des Schlafs nicht beantworten können, so gibt es doch einige Überlegungen, die gewisse erste Anhaltspunkte liefern. Der Schlafvorgang kann als Anpassung an äußere und innere Gegebenheiten betrachtet werden. Durch die »erzwungene Ruhe« hilft er, Gefahren zu vermeiden, die von der unbelebten (z. B. Dunkelheit, Kälte) und belebten Umwelt (z. B. Raubtiere) drohen. Die Tagesperiodik des Schlafs bedingt aber auch, daß ein Tier sein Versteck erst zu einer für es günstigen Tageszeit verläßt. So sind viele Nagetiere nachts aktiv und schlafen tagsüber, wenn sie von ihren Feinden besonders stark gefährdet sind, in ihren Verstecken. Raubtiere müssen sich andererseits an die Schlafgewohnheiten der Beutetiere anpassen, um sie zu erjagen. Im Unterschied zur Beute von Raubtieren ist die Nahrung von Pflanzenfressern Tag und Nacht gleichermaßen verfügbar, so daß die Beschränkung des Schlafs auf eine bestimmte Tageszeit wenig Vorteile bringen würde. Die kurzen Schlafperioden gewisser Herdentiere, wie etwa der Kühe und Schafe, sind denn auch über den ganzen Tag verteilt. Wie der amerikanische Schlafforscher Wilse Webb ausführt, ist dieses Verhalten auch deshalb sinnvoll, weil sich die Tiere meist auf offener Weide bewegen, wo sich wenig Verstecke bieten. Allerdings zwingt auch die Beschaffenheit der pflanzlichen Nahrung die Tiere zum fast ununterbrochenen Fressen. Der Umstand, daß sich die Tiere in Herden bewegen, erhöht wohl ihre Sicherheit während des Schlafs, da einige Tiere jederzeit wach sind und das Herannahen von Feinden rasch bemerken können. Dennoch ist es eindrucksvoll, zu beobachten, daß selbst äußerst bedrohte, wildlebende Herdentiere, wie zum Beispiel die Gazellen, schlafen. Offenbar können Tiere zwar ihren Schlaf auf ein Minimum reduzieren, aber dennoch nicht ganz ohne ihn auskommen. Dies gilt auch für

den Delphin, der sich ständig im Wasser bewegt. Wie wir bereits gesehen haben, hat er den Schlaf auf eine äußerst originelle Art seinen Bedürfnissen angepaßt, indem er jeweils nur mit einer Hirnhälfte schläft.

Der Schlaf kann aber auch als ein Anpassungsvorgang an die inneren Gegebenheiten des Organismus betrachtet werden. Im Schlaf ist der Energieverbrauch durch die Herabsetzung des Stoffwechsels und der Wärmeabgabe reduziert. Die Inaktivität schlafender Lebewesen kann also als eine Sparmaßnahme mit Rücksicht auf die begrenzten Energiereserven verstanden werden, die sich bei dauernder Aktivität schnell erschöpfen würden.

Nicht nur bei Tieren, sondern auch beim Menschen beobachten wir die Anpassung des Schlafs an äußere und innere Gegebenheiten. Die in den südlichen Ländern verbreitete Siesta ist ein gutes Beispiel für die Möglichkeit, das Schlaf-Wach-Verhalten mit den klimatischen Bedingungen optimal in Übereinstimmung zu bringen. Der Schlaf dient aber zweifellos auch zur Verhütung von Erschöpfung, die als Folge allzulanger Wachaktivität auftreten könnte. Ähnlich wie wir gewohnheitsmäßig zu bestimmten Zeiten essen, um Hunger zu vermeiden, hat wohl auch der gewohnheitsmäßige Schlaf eine entsprechend präventive Funktion.

Würden wir aber den »Mann von der Straße« nach dem Sinn des Schlafs fragen, so wäre seine Antwort weder »Anpassung« noch »Vorsorge«, sondern »Erholung«. Diese Antwort gründet natürlich auf der täglichen Erfahrung, daß wir uns abends müde zu Bett begeben und am folgenden Morgen frisch und erholt aufwachen. Aber so selbstverständlich dieser Vorgang aus subjektiver Sicht erscheint, so wenig läßt er sich wissenschaftlich belegen oder erklären. Im Jahre 1932 schrieb W. R. Hess: »Die speziellen Mechanismen, die im Schlaf Erholung bringen, sind in den Geweben verborgen und noch nicht vollständig erklärbar. Obwohl sich ihre Existenz bloß aus ihren Wirkungen ableiten läßt, bilden sie das Kernproblem des Schlafes. Das Ruhen der Sinnesorgane, Muskeln und psychischer Funktionen sind nur sekundäre Faktoren, welche die Erholung in den Geweben ermöglichen.«^[47] Heute, ein halbes Jahrhundert später, sind wir der Lösung dieses Kernproblems noch kaum nähergekommen. Wir haben zwar einige Hinweise dafür, daß im Schlaf Aufbauprozesse vor sich gehen können. Die hohe Konzentration des Wachstumshormons zu Schlafbeginn sowie die niedrige Konzentration des an Abbauvorgängen beteiligten Hormons Cortisol sprechen für diese Annahme. Die entscheidenden Erholungsmechanismen sind indessen nach wie vor verborgen. So unterscheidet sich denn auch die Schlafforschung von den meisten anderen Forschungsdisziplinen darin, daß nicht nur der zu erforschende Vorgang selbst, sondern auch dessen Funktion völlig im Dunkeln liegen. Licht in diese Dunkelheit zu bringen ist eines der Hauptziele der Schlafforschung.

Noch ein weiterer Gesichtspunkt ist bemerkenswert. Im Unterschied zu anderen medizinischen Forschungsdisziplinen, wie etwa der Kreislauf- und Krebsforschung, ist die Erforschung des Schlafs nicht auf das Verhüten und Behandeln lebensbedrohender Krankheiten ausgerichtet, sondern auf das Verständnis eines natürlichen, ja fast trivialen Vorgangs. Störungen des Schlafs bedeuten zwar meist keine akute Gefährdung von Gesundheit und Leben, können aber trotzdem das Wohlbefinden und die Lebensqualität beträchtlich vermindern. Von den Erkenntnissen der Schlafforschung sind daher keine sensationellen neuen Heilmethoden zu erwarten, aber vielleicht Rat und Hilfe für jene Millionen von Menschen, die Nacht für Nacht vergeblich auf den erholsamen Schlaf warten. In diesem Sinne kann man die Schlafforschung als eine »sanfte« medizinische Forschungsdisziplin bezeichnen.

Abschließend möchte ich betonen, daß es in der Schlafforschung nicht nur um Entdecken, Verstehen und Kontrollieren geht. Bei seinen Versuchen steht der Schlafforscher mit einem grundlegenden und umfassenden Lebensvorgang in Kontakt, eine Erfahrung, die immer wieder beeindruckend ist. Nacht für Nacht dem Schlaf zu begegnen, der so selbstverständlich erscheint und von dessen wirklichem Verständnis wir noch so weit entfernt sind, mahnt zur Bescheidenheit. Auch wenn wir versuchen, das Geheimnis des Schlafs mit naturwissenschaftlichen Methoden zu ergründen, sollten wir uns vor jenem maßlosen Anspruch der Forschung hüten, auf den der Philosoph Martin Heidegger hingewiesen hat: »Insgleichen kann die Unverborgenheit, dergemäß sich die Natur als ein berechenbarer Wirkungszusammenhang von Kräften darstellt, zwar richtige Feststellungen verstatten, aber gerade durch diese Erfolge Gefahr bleiben, daß sich in allem Richtigen das Wahre entzieht.« [48]

| [Inhalt](#) | [Anhang](#) | [Kapitelanfang](#) | [Vorwärts](#) | [Zurück](#) |

Merkblatt

Universität Zürich:
Laboratorium für experimentelle und klinische Schlafuntersuchungen

Schlafstörungen

Viele Menschen haben *gelegentlich* Schlafstörungen. Diese äußern sich in

- Schwierigkeiten einzuschlafen
- unruhigem Schlaf mit häufigem Aufwachen nachts
- vorzeitigem Erwachen morgens.

Schlafmittel: eine Notlösung

Zu viele Menschen greifen allzu rasch zu Schlafmitteln, wenn sie schlecht schlafen. Schlafmittel werden bei *schweren* Schlafstörungen vom Arzt verordnet. Sie sind *wirksame Medikamente* und sollen deshalb nicht leichtfertig eingenommen werden.

Wie viele Medikamente haben auch Schlafmittel *unerwünschte Wirkungen*.

Schlafmittel

- bewirken *keinen natürlichen Schlaf*. Sie verändern den natürlichen Ablauf der Schlafstadien
- wirken oft noch nach dem Aufwachen weiter, was sich in Müdigkeit, Kater und Leistungsverminderung äußern kann
- können bei längerem Gebrauch zu Gewöhnung, Abhängigkeit und *Sucht* führen.

Ursache und Bedeutung von Schlafstörungen

Leichte und *gelegentliche* Schlafstörungen kommen bei vielen Menschen vor und sollten kein Anlaß zur Sorge sein. Häufige Ursachen sind

- starke Gemütsbewegungen (Ärger, Enttäuschung, Freude) oder Gedanken und Probleme, die einen stark beschäftigen
- eine neue, ungewohnte Umgebung (Reisen, Ferien)
- leichte Erkrankungen (Grippe, Erkältung, Schmerzen)

Plötzlich auftretende, *schwere* Schlafstörungen oder *länger dauernde* leichte Schlafstörungen können verschiedene körperliche oder seelische Ursachen haben. Sie sollten in jedem Fall von einem *Arzt* abgeklärt werden.

Guter Schlaf durch gute Schlafgewohnheiten

Befolgen Sie die folgenden Regeln:

- gehen Sie jeden Tag ungefähr zur selben Zeit schlafen. Eine *regelmäßige Bettzeit* ist für den guten Schlaf wichtig
- schlafen Sie so lange, daß Sie sich morgens ausgeruht und erholt fühlen. Finden Sie selbst heraus, wieviel Schlaf *Sie persönlich* brauchen. Es gibt Menschen, die mit wenig Schlaf auskommen, und andere, die viel Schlaf benötigen
- schlafen Sie in einem ruhigen, dunkeln, gut gelüfteten Raum auf *nicht zu weicher Unterlage*
- sollten Sie einmal nachts nicht schlafen können, so *stehen Sie auf* und beschäftigen Sie sich (z. B. Lesen, Handarbeit) bis Sie müde sind. Vermeiden Sie *tagsüber zu schlafen*, wenn Ihr Nachtschlaf gestört ist.

Vermeiden Sie *am Abend*

- übermäßigen Genuß von Kaffee, Alkohol und Raucherwaren
- schwere Mahlzeiten
- anstrengende geistige oder körperliche Tätigkeiten

Denken Sie daran:

eine schlaflose Nacht ist noch kein Anlaß zur Sorge!

| [Inhalt](#) | [Titel](#) | [Kapitel-Motti](#) | [Seitenanfang](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Nachweise der Kapitel-Motti

- 1 Sigmund Freud, *Vorlesungen zur Einführung in die Psychoanalyse*, Gesammelte Werke, Band II, S. 85.
- 2 A. L. Loomis, E. N. Harvey, G. Hobart, *Potential rhythmus of the cerebral cortex during sleep*, *Science* 81 (1935), S. 597-598.
- 3 Heinrich Nudow, *Versuch einer Theorie des Schlafs*, Königsberg 1791, S. 268.
- 4 Aus: Jorge Luis Borges, *Buch der Träume*, Hanser, München 1981, S. 52.
- 5 William Shakespeare, *Othello*, 3. Aufz., 3. Akt, Werke in 2 Bänden, Verlag »Das Bogland Buch«, Salzburg 1952, S. 383.
- 6 Conrad Ferdinand Meyer, *Nachtgeräusche*, in: *Sämtliche Gedichte*, Reclam, Stuttgart.
- 7 Aristoteles, *Schlaf und Traum*, Hauptwerke, Alfred Kröner Verlag, Stuttgart 1977, S. 195.
- 8 Nathaniel Kleitman, *Sleep and Wakefulness*, The University of Chicago Press, Chicago 1963, S. 363.
- 9 Henri Piéron, *Le problème physiologique du sommeil*, Masson, Paris 1913, S. 441.
- 10 Michel de Montaigne, *Essais*, Buch 1, Kap. 44. Übersetzt aus: Edition Gallimard, Paris 1962, S. 264.
- 11 C. W. Hufeland, *Die Kunst das menschliche Leben zu verlängern*, 2. Auflage, Jena 1798.
- 12 Lewis Thomas, *The Lives of a Cell. Notes of a Biology Watcher*, Bantam Books, Toronto, New York, London 1974, S. 139.

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Nachweise der Zitate

- 1 Marcel Proust, *Auf der Suche nach der verlorenen Zeit*, In: Swanns Welt 1, Suhrkamp, Frankfurt am Main 1964, S. 12.
- 2 F. J. Kuhlen, *Zur Geschichte der Schmerz-, Schlaf- und Betäubungsmittel in Mittelalter und früher Neuzeit*, Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart 1983.
- 3 Chuang-Tzu, zitiert und übersetzt nach H. Tracol, *Why Sleepest Thou, O Lord?*, *Parabola* 7, 1982, S. 7.
- 4 *Upanischaden*, zitiert und übersetzt nach H. Tracol, a.a.O., S. 7.
- 5 Platon, *Apologie*, 31a, *Sämtliche Werke*, Bd. 1, Rowohlt, Reinbek 1957, S. 21.
- 6 Die folgenden Ausführungen basieren auf der ausgezeichneten Übersicht von F. J. Kuhlen, a.a.O.
- 7 F. J. Kuhlen, a.a.O., S. 25/26.
- 8 F. J. Kuhlen, a.a.O., S. 63.
- 9 Die folgenden Ausführungen beruhen vor allem auf zwei kürzlich erschienenen Arbeiten von Peter R. Gleichmann, Professor am Sozialwissenschaftlichen Seminar der Universität Hannover.
- 10 Peter R. Gleichmann, *Schlafen und Schlafträume*, *Journal für Geschichte* 2 (1980), S. 14-19.
- 11 Iwan A. Gontscharow, *Oblomow*, dtv, München 1980, S. 9.
- 12 T. Stöckmann, Georg Alfred Tienes, *Schlafe vor Mitternacht*, Paracelsus Verlag, Stuttgart 1974, S. 19.
- 13 Übersetzt aus: R. L. Woods und H. B. Greenhouse, *The New World of Dreams*, Macmillan, New York 1974, S. 42.
- 14 Zitiert aus: Martin Kiessig (Hrsg.), *Dichter erzählen ihre Träume*, Urachhaus, Stuttgart 1976, S. 330.
- 15 Friedrich Nietzsche, *Fröhliche Wissenschaft*, *Werke*, Ullstein, Berlin 1972, Bd. II, S. 427.
- 16 Sigmund Freud, *Die Traumdeutung*, *Gesammelte Werke*, Imago, London 1940-1952, Bd. 2/3, S. 28.
- 17 Übersetzt aus Dement, *Some must Watch while some must Sleep*, Freeman, San Francisco 1974, S. 47.
- 18 Robert Musil, *Tagebücher, Aphorismen, Essays und Reden*, Rowohlt, Reinbek 1955, S. 433.

- 19 Platon, *Der Staat*, 9. Buch, zitiert aus: Ludwig Binswanger, *Wandlungen in der Auffassung und Deutung des Traumes*, Springer, Berlin 1928, S. 17.
- 20 Aristoteles, *Parva Naturalia*, zitiert aus: Ludwig Binswanger, a.a.O., S. 4.
- 21 Zitiert in Sigmund Freud, *Die Traumdeutung*, a.a.O., S. 58.
- 22 Übersetzt aus L. F. A. Maury, *Nouvelles observations sur les analogies des phénomènes du rêve et de l'aliénation mentale*, Pt. II, Ann. méd.-psychol. 5 (1853) 404.
- 23 Sigmund Freud, *Die Traumdeutung*, a.a.O., S. 26/27.
- 24 Immanuel Kant, *Kritik der Urteilkraft*, Reclam, Stuttgart.
- 25 W. Robert, *Der Traum als Naturnotwendigkeit erklärt*, zitiert in Sigmund Freud, *Die Traumdeutung*, a.a.O., S. 83.
- 26 Zitiert aus: Martin Kiessig (Hrsg.), *Dichter erzählen ihre Träume*, Urachhaus, Stuttgart 1976, S. 325.
- 27 Sigmund Freud, *Die Traumdeutung*, a.a.O., S. 36, Anm. 1.
- 28 Nach einem Papyros im Museum von Kairo. Aus R. L. Woods und H. B. Greenhouse, *The New World of Dreams*, Macmillan, New York 1974, S. 23.
- 29 Zitiert in Sigmund Freud, *Die Traumdeutung*, a.a.O. S. 63.
- 30 Friedrich Nietzsche, *Morgenröte*, Werke, Ullstein, Berlin 1972, Bd. II, S. 98.
- 31 Sigmund Freud, *Die Traumdeutung*, a.a.O., S. 50.
- 32 Übersetzt aus: D. Foulkes, *A Grammar of Dreams*, Basic Books, New York 1978, S. 96/97.
- 33 Zitiert aus: Martin Kiessig, a.a.O., S. 330.
- 34 Sigmund Freud, *Über Psychoanalyse*, Ges. Werke, a.a.O., Bd. 8, S. 32.
- 35 Carlos Castaneda, *Journey to Ixtlan*, Simon and Schuster, New York 1972, S. 129.
- 36 Zitiert aus: M. Kiessig, a.a.O., S. 319.
- 37 Übersetzt aus E. T. Hurd, *Sleep, Insomnia and Hypnotics*, Davis, Detroit 1891, S. 89-112.
- 38 Johann Wolfgang von Goethe, *Egmont*, 5. Aufzug, Gefängnis, aus: Goethes Werke, Beck, München, Bd. IV, S. 452.
- 39 Übersetzt aus E. S. Tauber, *Phylogeny of sleep*, in: E. D. Weitzmann (Hrsg.), *Advances in Sleep Research*, vol. 1, Spectrum Publications, Flushing, New York 1974, S. 152.
- 40 W. R. Hess, *Der Schlaf*, Schweizerische Medizinische Wochenschrift 61 (1931), S. 849
- 41 W. R. Hess, *Der Schlaf*, Klinische Wochenschrift 12 (1933), S. 129-134.
- 42 W. R. Hess, *Der Schlaf*, Schweiz. Med. Wochenschrift 61 (1931), S. 849.
- 43 Henri Piéron, *Le problème physiologique du sommeil*, Paris 1913, S. 444.
- 44 Friedrich Novalis, *Teplitzer Fragmente*, in: *Das philosophisch-theoretische Werk*, Hanser, München 1978, Bd. 2, S. 411.
- 45 Hermann Huber-Weidmann, *Schlaf, Schlafstörungen, Schlafentzug*, Kiepenheuer und Witsch, Köln 1976.
- 46 Übersetzt aus: De Mairan, *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*, Paris 1729, S. 35.
- 47 Übersetzt aus: W. R. Hess, *The autonomic nervous system*, The Lancet, Dec. 3rd, 1932, S. 1199
- 48 Martin Heidegger, *Die Frage nach der Technik, Vorträge und Aufsätze*, Neske, Pfullingen 1967, S. 26.

| [Inhalt](#) | [Titel](#) | [Seitenanfang](#) | [Weiterführende Literatur](#) | [Kapitel-Motti](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Weiterführende Literaturhinweise

Die folgende Zusammenstellung ist an jene Leser gerichtet, die sich in ein bestimmtes Gebiet der Schlafforschung vertiefen möchten. Englischkenntnisse sind leider meistens unumgänglich, da der größte Teil der Fachliteratur auf englisch veröffentlicht wurde. Das Literaturverzeichnis enthält Angaben über Originalartikel, Übersichtsartikel oder Bücher zu den in den einzelnen Kapiteln behandelten Themen.

1 - Der Schlaf im Wandel der Zeit

Ursprung des Wortes »Schlaf«: Duden, Etymologie, Herkunftswörterbuch der deutschen Sprache, Bibliographisches Institut AG Mannheim 1963.

Zitate zur östlichen Philosophie: Tracol, H., Why Sleepest Thou, O Lord?, Parabola 7 (1982), S. 69.

Geschichtliche Betrachtungen zum Schlaf: Kuhlen, F.J., Zur Geschichte der Schmerz-, Schlaf- und Betäubungsmittel in Mittelalter und früher Neuzeit, Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart 1983.

Wittern, R., Sleep theories in antiquity and in the renaissance. In: Horne, J. A. (Ed.), Sleep '88, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1989, S. 11-22.

Zur Soziologie des Schlafs: Gleichmann, P. R., Schlafen und Schlafräume, Journal für Geschichte 2 (1980), S. 14-19. Gleichmann, P. R., Einige soziale Wandlungen des Schlafens, Zeitschrift für Soziologie 9 (1980), S. 236-250.

2 - Wissenschaftler untersuchen den Schlaf: die Schlafstadien

Erste Untersuchungen des Schlaf-EEG beim Menschen: Loomis, A. L., Harvey, E. N., Hobart, G. A., Cerebral states during sleep, as studied by human brain potentials, Journal of Experimental Psychology 21 (1937), S. 127-144.

Das Standardwerk der klassischen Schlafforschung: Kleitman, N., Sleep and Wakefulness. Revised and Enlarged Edition, The University of Chicago Press, Chicago 1963.

Erste Beschreibungen des REM-Schlafs beim Menschen: Aserinsky, E., Kleitman, N., Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena, during sleep, Science 118 (1953), S.

273-274. Dement, W. C., Kleitman, N., Cyclic variations in EEG during sleep and their relation to eye movements, body motility, and dreaming, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 9 (1957), S. 673-690.

Die am weitesten verbreiteten Kriterien der Schlafstadieneinteilung: Rechtschaffen, A., Kales, A. (Hrsg.), A manual of standardized terminology, techniques, and scoring system for sleep stages of human subjects, National Institutes of Health Publication 204, US Government Printing Office, Washington DC 1968.

Der Non-REM-/REM-Zyklus: Schulz, H., Dirlich, G., Balteskonis, S., Zulley, J., The REM-NREM sleep cycle: renewal process or periodically driven process?, *Sleep* 2 (1980), S. 319-328.

Spektralanalyse des EEG während der ganzen Nacht: Borbély, A. A., Baumann, F., Brandeis, D., Strauch, I., Lehmann, D., Sleep-deprivation: effect on sleep stages and EEG power density in man, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 51 (1981), S. 483-493.

Hormone und Schlaf: Åkerstedt, T., Hormones and sleep, in: Borbély, A.A., Valatx, J. L. (Hrsg.), *Sleep Mechanisms. Experimental Brain Research, Supplement Vol. 8*, Springer Verlag, Heidelberg 1984, S.193-203. Brandenberger, G., Obál, F., Jr., Symposium: Hormones and sleep. In: Horne, J. A. (Ed.), *Sleep '90*, Pontenagel Press, Bochum, 1990, S.369-385.

Das Phallogramm im Schlaf: Karacan, I., Salis, P.J., Thornby, J. I., Williams, R. L., The ontogeny of nocturnal penile tumescence, *Waking and Sleeping* 1 (1976), S. 27-44.

3 - Schlaf - ein Thema mit Variationen

Schlaf und Schlaf-EEG beim Kind: Basler, K., Largo, R.H., Molinari, L., Die Entwicklung des Schlafverhaltens in den ersten fünf Lebensjahren, *Helvetica paediatrica Acta* 35 (1980), S. 211-223. Benoit, O., Le rythme veillesommeil chez l'enfant. I. Physiologie, *Arch. françaises de Pédiatrie* 38 (1981) S. 619-626. Kryger, M. H., Roth, T., Dement, W. C. (Eds.), *Principles and practice of sleep medicine*, section 6: Pediatric sleep disorders. Saunders, Philadelphia, 1989.

Die Verteilung der Schlafstadien in verschiedenen Lebensaltern: Roffwarg, H. P., Muzio, J. N., Dement, W. C., Ontogenetic development of the human sleep-dream cycle, *Science* 152 (1966), S. 604-619.

Siesta in Griechenland: Soldatos, C. R., Madianos, M. G., Vlachonikolis, I. G., Early afternoon napping: a fading Greek habit, in: Koella, W. P. (Hrsg.), *Sleep 1982*, Karger, Basel 1983, S. 202- 205.

Schlaf im Alter: Strauch I., Wollschläger, M. E., Sleep behavior in the aged, in: Jovanovic, U.J. (Hrsg.), *The Nature of Sleep*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1973, S.129-131. Miles, L. E., Dement, W. C. (Hrsg.), *Sleep and aging*, *Sleep* 3 (1980), S.119-220. Spiegel, R., *Sleep and Sleeplessness in Advanced Age*, MTP Press Limited, Falcon House 1981. Prinz, P.N., Vitiello, M.V., Raskind, M.A., Thorpy, M.J., *Geriatrics: sleep disorders and aging*. *New England Journal of Medicine* 323 (1990), S. 520-526.

Die These des Naturschlafs: Stöckmann, T., Tienes, G. A., *Schlaf vor Mitternacht*, Paracelsus Verlag, Stuttgart 1974.

Morgen- und Abendmenschen: Horne, J. A., Östberg, O., A self-assessment questionnaire to determine

morningness-eveningness in human circadian rhythms, *International Journal of Chronobiology* 4 (1976), S. 97-110. Webb, W. B., Bonnet, M. H., The sleep of »morning« and »evening« types, *Biological Psychology* 7 (1978), S. 29-35.

Extremer Kurzschlaf: Jones, H. S., Oswald, I., Two cases of healthy insomnia, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 24 (1968), S. 378-380. Meddis, R., Pearson, A. J. D., Langford, G., An extreme case of healthy insomnia, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 35 (1973), S. 213-214. Oswald, I., Adam, K., The man who had not slept for 10 years, *British Medical Journal* 281 (1980), S. 1684-1685.

Verteilung der Schlafdauer in der Bevölkerung; Schlaf und Sterblichkeitsrate: Kripke, D. F., Simons, R. N. Garfinkel, L., Hammond, E. C., Short and long sleep and sleeping pills. Is increased mortality associated ?, *Archives of General Psychiatry* 36 (1979), S. 103-116. Wingard, D. L., Berkman, L.F., Mortality risk associated with sleeping patterns among adults, *Sleep* 6 (1983), S. 102-107

Umfrage über Schlafdauer: Lancy, A., Lambert, C., Lancy-Hoestland, A., Leconte, P., Durée et qualité du sommeil. Enquête réalisée 1981-1982 sur un échantillon de 831 personnes. Unveröffentlichter Bericht des Centre de Recherches de Psychologie, Université de Lille III. Borbély, A. A., Schlafgewohnheiten, Schlafqualität und Schlafmittelkonsum der Schweizer Bevölkerung. Ergebnisse einer Repräsentativumfrage. *Schweizerische Aerztezeitung* 65 (1984), S. 1606-1613.

Vererbung und Schlafdauer: Partinen, M., Kaprio, J., Koskenvuo, M. K., Putkonen, P., Langinvainio, H., Genetic and environmental determination of human sleep, *Sleep* 6 (1983), S. 179-185. Linkowski, P., Kerkhofs, M., Hauspie, R., Susanne, C., Mendlewicz, J., EEG sleep patterns in man: a twin study. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology* 73 (1989), S. 279-284.

Schlafstadien von Kurz- und Langschläfern: Benoit, O., Foret, J., Bouard, G., The time course of slow wave sleep and REM sleep in habitual long and short sleepers: effect of prior wakefulness, *Human Neurobiology* 2 (1983), S. 91-96.

4 - Träumen

Übersichtsbücher: Woods, R. L., Greenhouse, H. B., *The New World of Dreams*, Macmillan, New York 1974. Dement, W. C., *Some must Watch while some must Sleep*, Freeman, San Francisco 1974. Cartwright, R. D., *Night Life. Explorations in Dreaming*, Prentice-Hall, Englewood 1977. Arkin, A. M., Antrobus, J. S., Ellman, S. J., *The Mind in Sleep: Psychology and Psychophysiology*, Wiley, New York 1978. Wolman, B. B. (Hrsg.), *Handbook of Dreams. Research Theories and Applications*, Van Nostrand Reinhold, New York 1979.

Übersicht über ältere wissenschaftliche Literatur der Traumdeutung: Freud, S., *Die Traumdeutung*, Gesammelte Werke, Band 2 und 3, Imago Publ. Co, London 1940-1952. Binswanger, L., *Wandlungen in der Auffassung und Deutung des Traumes*, Julius Springer Verlag, Berlin 1928.

Analyse des Traum inhalts: Hall, C., Van de Castle, R. L., *The Content Analysis of Dreams*, Appleton Century Crofts, 1966. Strauch, I., Meier, B., *Das emotionale Erleben im REM-Traum*. *Schweizerische Zeitschrift für Psychologie* 48 (1989), S. 233-240.

Träume bei Kindern und Jugendlichen: Foulkes, D., *Childrens' Dreams. Longitudinal studies*. Wiley,

New York, 1982.

Untersuchung zur Traumdauer: Dement, W., Wolpert, E., The relation of eye movements, body motility, and external stimuli to dream content, *Journal of Experimental Psychology* 55 (1958), S. 543-553.

Eine Strukturanalyse des Traums: Foulkes, D., A Grammar of Dreams, Basic Books, New York 1978.
Foulkes, D., *Dreaming: a cognitive-psychological analysis.* Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey, 1985.

Naturwissenschaftliche Theorien zur Traumentstehung: Hobson, J. A., McCarley, R. W., The brain as a dream state generator: An activation-synthesis hypothesis of the dream process, *American Journal of Psychiatry* 134 (1977), S. 1335-1348. Jouvet, M., Le sommeil paradoxal est-il responsable d'une programmation génétique du cerveau? *Comptes rendus des seances de la Société de Biologie* 172 (1978), S. 9-30. Koukkou, M., Lehmann, D., Psychophysiologie des Träumens und der Neurosenherapie: Das Zustands-Wechsel-Modell, eine Synopsis, *Fortschritte der Neurologie, Psychiatrie und ihrer Grenzgebiete* 48 (1980), S. 324-350. Crick, F., Mitchison, G., The function of dream sleep, *Nature* 304 (1983), S. 111-114.

Erste Untersuchung des selektiven REM-Schlaf-Entzugs: Dement, W. C., The effect of dream deprivation, *Science* 131 (1960), S. 1705-1707.

Über luzide Träume: Tart, C. T., From spontaneous event to lucidity: a review of attempts to consciously control nocturnal dreaming, in: Wolman, B. B. (Hrsg.), *Handbook of Dreams*, Van Nostrand Reinhold, New York 1979, S. 226-228. Gackenbach, J., LaBerge, S. (Eds.) *Conscious mind, sleeping brain. Perspectives on lucid dreaming.* Plenum Press, New York, 1988.

5 - Schlafmittel

Ein gutes Übersichtsbuch: Mendelson, W. B., *The Use and Misuse of Sleeping Pills*, Plenum, New York 1980.

Zu den pharmakologischen Eigenschaften von Benzodiazepin-Schlafmitteln: Breimer, D.D., Jochemsen, R., Pharmacokinetics of hypnotic drugs, in: Wheatley, D. (Hrsg.), *Psychopharmacology of Sleep*, Raven Press, New York 1981, S. 135-152. Klotz, U., Wirkungen und Nebenwirkungen der Benzodiazepine. *Anästhesie, Intensivtherapie, Notfallmedizin* 23 (1988), S. 122-126.

Wirkungsvergleich und Nachwirkung von Schlafmitteln: Mattmann, P., Loepfe, M., Scheitlin, T., Schmidlin, D., Gerne, M., Strauch, I., Lehmann, D., Borbély, A. A., Day-time residual effects and motor activity after three benzodiazepine hypnotics, *Arzneimittel-Forschung* 32 (1982), S. 461-465. Borbély, A. A., Loepfe, M., Mattmann, P., Tobler, I., Midazolam and triazolam: hypnotic action and residual effects after a single bedtime dose, *Arzneimittel-Forschung* 33 (1983), S. 1500-1502. Borbély, A. A., Ambulatory motor activity monitoring to study the timecourse of hypnotic action. *British Journal of clinical Pharmacology* 18 (1984), S.83S 86S. Buck, A., Tobler, I., Borbély, A. A., Wrist activity monitoring in aircrew members: a method for analyzing sleep quality following transmeridian and North-South flights. *Journal of Biological Rhythms* 4 (1989), S. 93105.

Meßverfahren zur Registrierung der Bewegungsaktivität bei Menschen: Borbély, A. A., Neuhaus, H. U., Mattmann, P., Waser, P. G., Langzeitregistrierung der Bewegungsaktivität: Anwendungen in Forschung

und Klinik, Schweizerische Medizinische Wochenschrift 111 (1981), S. 730- 735.

Erste Untersuchungen zur Wirkung von Schlafmitteln auf Schlafstadien: Oswald, I., Priest, R. G., Five weeks to escape the sleeping-pill habit, British Medical Journal 2 (1965), S. 1093-1099.

Wirkung von Schlafmitteln auf das Schlaf-EEG: Borbély, A. A., Mattmann, P., Loepfe, M., Fellmann, I., Gerne, M., Strauch, I., Lehmann, D., A single dose of benzodiazepine hypnotics alters the sleep EEG in the subsequent drug-free night, European Journal of Pharmacology 89 (1983), S. 157-161. Borbély, A.A., Mattmann, P., Loepfe, M., Strauch, I., Lehmann, D., Effect of benzodiazepine hypnotics on all-night sleep EEG spectra. Human Neurobiology 4 (1985), S.189-194. Borbély, A. A., Achermann, P., Ultradian dynamics of sleep after a single dose of benzodiazepine hypnotics. European Journal of Pharmacology (1991).

Zum Wirkungsmechanismus von Benzodiazepinen: Haefely, W., Pharmacology of the allosteric modulation of GABAA receptors by benzodiazepine receptor ligands. In: Barnard, E. A., Costa, E. (Eds.) Allosteric modulation of amino acid receptors: therapeutic implications. Raven Press, New York, 1989, S. 47-69.

Wirkung von Baldrian: Leathwood, P.D., Chauffard, F., Heck, E., Munoz-Box, R., Aqueous extract of valerian root (*Valeriana officinalis* L.) improves sleep quality in man, Pharmacology, Biochemistry and Behaviour 17 (1982), S. 65-71. Balderer, G. and Borbély, A. A., Effect of valerian on human sleep. Psychopharmacology 87 (1985), S. 406-409.

6 - Schlaf- und Wachstörungen

Umfrage über Schlafstörungen: Borbély, A.A., Schlafgewohnheiten, Schlafqualität und Schlafmittelkonsum der Schweizer Bevölkerung. Ergebnisse einer Repräsentativumfrage. Schweizerische Aerztezeitung 65 (1984), S. 1606-1613. Strauch, I., Meier, B., Steiger, B., Einschlafstörungen in der Adoleszenz- Ergebnisse einer Längsschnittbefragung. Schweizerische Zeitschrift für Psychologie 46 (1987), S. 115-121. Strauch, I., Meier, B., Sleep need in adolescents: a longitudinal approach. Sleep 11 (1988), S. 378-386.

Einteilung der Schlaf- und Wachstörungen: ICSD - International classification of sleep disorders: diagnostic and classification steering committee, Thorpy, M.J., Chairman, American Sleep Disorders Association, Rochester, Minnesota, 1990.

Nicht-medikamentöse Behandlung von Schlafstörungen: Mendelson, W.B., The Use and Misuse of Sleeping Pills, Chapter 11: Nonpharmacologic treatment of insomnia, Plenum, New York 1980, S. 163-175.

Übersicht über Schlafstörungen: Gaillard, J. M., Physiologie du sommeil et physiopathologie de l'insomnie, Schweizerische Medizinische Wochenschrift 109 (1979), S. 97-103. Hauri, P., Primary insomnia. In: Kryger, M. H., Roth, T., Dement, W. C. (Eds.), Principles and practice of sleep medicine, Saunders, Philadelphia, 1989, S. 442-447. Buysse, D.J., Reynolds, C.P. III, Insomnia. In: Thorpy, M. J. (Ed.) Handbook of sleep disorders. Dekker, New York, 1990, S. 375-433.

Schlafwandeln: Jacobson, A. et al., Somnambulism: All-night electroencephalographic studies, Science 148 (1965), S. 975-977.

Schnarchen und Schlafapnoe: Russi, E., Bezel, R., Schlafapnoesyndrome. Schweizerische medizinische Wochenschrift 117 (1987), S. 551 -559.

7 - Vom Schlaf der Tiere

Schlafstellungen: Hassenberg, L., Ruhe und Schlaf bei Säugetieren, Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt 1965.

Schlafgewohnheiten: Hediger, H., Natural sleep behaviour in vertebrates, in: Monnier, M., Meulders, M. (Hrsg.), Functions of the Nervous System, Elsevier 1983, S. 105-130.

Schlafstadien und Schlaf-EEG der Ratte; Normwerte und Wirkung von Schlafentzug: Borbély, A. A., Neuhaus, H. U., Sleep-deprivation: effects on sleep and EEG in the rat, Journal of Comparative Physiology 133 (1979), S. 71-87.

Übersicht über den Schlaf bei verschiedenen Tieren: Zepelin, H., Rechtschaffen, A., Mammalian sleep, longevity and energy metabolism, Brain Behavior and Evolution 10 (1974), S.425-470. Campbell, S. S. and Tobler, I., Animal sleep: a review of sleep duration across phylogeny. Neuroscience and Biobehavioral Reviews 8 (1984), S. 269-300. Zepelin, H., Mammalian sleep. In: Kryger, M. H., Roth, T., Dement, W. C. (Eds.), Principles and practice of sleep medicine. Saunders, Philadelphia, 1989, S. 30-49.

Entwicklungsgeschichte; Schlaf bei verschiedenen Tieren: Tauber, E. S., Phylogeny of sleep, in: Weitzman, E. D. (Hrsg.), Advances in sleep research, Vol.1, Spectrum Publications, Flushing, New York 1974, S. 133-172. Tobler, I., Horne, J. (Hrsg.), Phylogenetic approaches to the functions of sleep, in: Koella, W. P. (Hrsg.), Sleep 1982, Karger, Basel 1983, S. 126-146. Tobler, I., Evolution of the sleep process: a phylogenetic approach, in Borbély, A. A., Valatx, J. L. (Hrsg.), Sleep Mechanisms, Experimental Brain Research Supplement Vol. 8, Springer Verlag, Heidelberg 1984, S.207-226. Tobler, I. The evolution and comparative physiology of sleep in animals. In: Lydic, R. and Biebuyck, J. (Eds.) Clinical physiology of sleep. American Physiological Society, Bethesda, 1988, S. 21-30. Tobler, I., Napping and polyphasic sleep in mammals. In: Dinges, D.F., Broughton, R.J. (Eds.) Sleep and alertness: Chronobiological, behavioral and medical aspects of napping. Raven Press, 1989, S. 9-30.

Schlaf des Delphins: Mukhametov, L. M., Sleep in marine mammals, in: Borbély, A. A., Valatx, J. L. (Hrsg.), Sleep Mechanisms, Experimental Brain Research Supplement Vol. 8, Springer Verlag, Heidelberg 1984, S. 227-238. Mukhametov, L. M., Lyamin, O. I., Chetyrbok, I. S., Vassilyev, A. A., Dias, R., Sleep and wakefulness in an amazonian manatee. In: Horne, J. A. (Ed.), Sleep '90, Pontenagel Press, Bochum, 1990, S. 119-122.

Schlaf bei Insekten: Tobler, I., Effect of forced locomotion on the rest-activity cycle of the cockroach, Behavioral Brain Research 8 (1983), S. 351-360. Kaiser, W., Steiner-Kaiser, J., Neuronal correlates of sleep, wakefulness and arousal in a diurnal insect. Nature 301 (1983), S. 707-709. Kaiser, W., Busy bees need rest too. Journal of Comparative Physiology A 163 (1988), S. 565-584.

Tagesrhythmen bei Pflanzen: Bünning, E., The Physiological Clock, Springer Verlag, New York 1973.

Schlafregulation bei Tieren: Borbély, A. A., Sleep regulation: circadian rhythm and homeostasis, in: Ganten, D., Pfaff, D. (Hrsg.), Sleep. Clinical and Experimental Aspects. Current Topics in Neuroendocrinology, Vol. 1, Springer Verlag, Berlin 1982, S. 83-103. Tobler, I., Deprivation of sleep and

rest in vertebrates and invertebrates. In: Inaue, S., Borbély, A.A. (Eds.) Endogenous sleep substances and sleep regulation. VNU Science Press BV, Utrecht (Taniguchi Symposia, Series No. 8), 1985, S. 57-66.
 Tobler, I., Valatx, J. L., Symposium: Sleep in rodents: basic mechanisms. In: Horne, J. A. (Ed.), Sleep '90, Pontenagel Press, Bochum, 1990, S. 345-367

Winterschlaf: Walker, J. M., Berger, R.J., Sleep as an adaptation for energy conservation functionally related to hibernation and shallow torpor, Progress in Brain Research 53 (1980), S. 255-278.

Wünnenberg, W., Physiologie des Winterschlafes. Verlag Paul Parey, Hamburg, 1990. Trachsel, L., Edgar, D. M., Haberland, C., Heller, H. C., Arousal from hibernation in order to sleep? In: Horne, J. A. (Ed.), Sleep '90, Pontenagel Press, Bochum, 1990, S. 363-366.

8 - Schlaf und Gehirn

Geschichtliche Übersicht über die Neurophysiologie des Schlafs: Moruzzi, G., The sleep-waking cycle, Ergebnisse der Physiologie 64 (1972), S. 1-165.

Monoamintheorie: Jouvet, M., The role of monoamines and acetylcholine containing neurons in the regulation of the sleep-waking cycle, Ergebnisse der Physiologie 64 (1972), S. 166-307. Jouvet, M., Neuropharmacology of the sleep-waking cycle, in: Iversen, S. D., Iversen, L. L., Snyder, S. H. (Hrsg.), Handbook of Psychopharmacology, Vol. 8, Plenum, New York 1977, S. 233-293.

Widersprüchliche Befunde zur Monoamintheorie: Borbély, A. A., Pharmacological approaches to sleep regulation, in: Mayes, A. (Hrsg.), Sleep Mechanisms and Functions in Humans and Animals - an Evolutionary Perspective, Van Nostrand Reinhold, Wokingham 1983, S. 232-261.

REM-Schlaf-Mechanismen im Hirnstamm: Morrison, A. R., A window on the sleeping brain, Scientific American, April 1983, S. 86-94. Hobson, J. A., Lydic, R., Baghdoyan, H.A., Evolving concepts of sleep cycle generation: From brain centers to neuronal populations. Behavioral and Brain Sciences 9 (1986), S. 371-448. Steriade, M., McCarley, R. W., Brainstem control of wakefulness and sleep. Plenum Press, New York, 1990. Gillin, J. C., Sitaram, N., Mendelson, W. B., Acetylcholine, sleep and depression, Human Neurobiology 1 (1982), S. 211-219.

Neue Methoden: Cespuglio, R., Faradji, H., Guidon, G., Jouvet, M., Voltametric detection of brain 5-hydroxyindolamines: a new technology applied to sleep research, in: Borbély, A. A., Valatx, J. L. (Hrsg.), Sleep Mechanisms, Experimental Brain Research Suppl. Vol. 8, Springer, Heidelberg 1984, S. 95- 105. Cespuglio, R., Sarda, N., Gharib, H., Chastrette, N., Houdouin, F., Rampin, C., Jouvet, M., Voltametric detection of 5-hydroxyindole compounds released throughout the sleep-waking cycle in the rat. Experimental Brain Research 80 (1989), S. 121-128.

9 - Die Suche nach körpereigenen Schlafstoffen

Die »klassischen« Experimente und Theorien von Piéron: Piéron, H., Le problème physiologique du sommeil, Masson, Paris 1913.

Neue Übersichten: Borbély, A.A., Tobler, I., Endogenous sleep-promoting substances and sleep regulation. Physiological Reviews 69 (1989), S. 605-670. Inoué, S., Biology of sleep substances. CRC

Press, Boca Raton, 1989. Inoué, S., Krueger, J. M., Endogenous sleep factors. SPB Academic Publishing BV, The Hague, 1990.

Neue Originalarbeiten: Hayaishi, O., Sleep-wake regulation by prostaglandins D2 and E2. *Journal of Biological Chemistry* 263 (1988), S.14593-14596. Obál, F.Jr., Opp, M., Cady, A. B., Johannsen, L., Postlethwaite, A. E., Poppleton, H. M., Seyer, J. M., Krueger, J. M., Interleukin 1-alpha and an interleukin 1-beta fragment are somnogenic. *American Journal of Physiology* 259 (1990), S. R439-R446.

10 - Schlafentzug

Übersichten: Huber-Weidmann, H., Schlaf, Schlafstörungen, Schlafentzug, Kiepenheuer & Witsch, Köln 1976. Horne, J. A., A review of the biological effects of total sleep deprivation in man, *Biological Psychology* 7 (1978), S. 55-102.

Erste Untersuchungen: Patrick, G. T. W., Gilbert, J. A., On the effects of loss of sleep, *The Psychological Review* 3 (1896), S. 469-483.

Der Weltrekord: Gulevich, G., Dement, W., Johnson, L., Psychiatric and EEG observations on a case of prolonged (264h) wakefulness, *Archives of General Psychiatry* 15 (1966), S. 29-35.

Leistungstests während des Schlafentzugs: Williams, H. L. et al., Impaired performance with acute sleep loss, *Psychol. Monogr.* 73 (1959), S. 1-26.

Allmähliche Verkürzung der Schlafzeit: Mullaney, D. J., Johnson, L. C., Naitoh, P., Friedmann, J. K., Globus, G. G., Sleep during and after gradual sleep reduction, *Psychophysiology* 14 (1977), S. 237- 244.

Chronische Schlafreduktion: Webb, W. B., Agnew, H. W. Jr., Are we chronically sleep deprived?, *Bulletin of the Psychonomic Society* 6 (1975), S. 47-48.

Schlafbereitschaft tagsüber: Carskadon, M. (Hrsg.), Current perspectives on daytime sleepiness, *Sleep* 5 /Supplement 2 (1982), S. 55-202. Dinges, D.F., Broughton, R.J., Sleep and alertness. Raven Press, New York, 1989.

Die Wirkung von Schlafentzug auf den Schlaf von Tieren: Borbély, A. A., Neuhaus, H. U., Sleep-deprivation: effects on sleep and EEG in the rat, *Journal of Comparative Physiology* 133 (1979), S. 71-87. Borbély, A. A., Tobler, I. and Hanagasioglu, M. Effect of sleep deprivation on sleep and EEG power spectra in the rat. *Behavioral Brain Research* 14 (1984), S. 171-182.

Schlafentzug und Depression: Van den Hoofdakker, R. H., Beersma, D. G. M., Sleep deprivation, mood, and sleep physiology, in: Borbély, A.A., Valatx, J. L. (Hrsg.), *Sleep Mechanisms*, Experimental Brain Research Supplement Vol. 8, Springer Verlag, Heidelberg 1984, S. 297- 309. Borbély, A. A. The S-deficiency hypothesis of depression and the two-process model of sleep regulation. *Pharmacopsychiatry* 20 (1987), S. 23-29. Gillin, J.C., Borbély, A. A., Sleep: a neurobiological window on affective disorders. *Trends in Neurosciences* 8 (1985), S. 537-542.

11 - Schlaf als biologischer Rhythmus

- Methode der Langzeitregistrierung von Aktivitätsrhythmen beim Menschen:* Borbély, A. A., Neuhaus, H. U., Mattmann, P., Waser, P. G., Langzeitregistrierung der Bewegungsaktivität: Anwendungen in Forschung und Klinik, Schweizerische Medizinische Wochenschrift 111 (1981), S. 730-735.
- Der Schlaf des Menschen unter »zeitfreien« Bedingungen:* Siffre, M., Expériences hors du temps, Fayard, Paris 1972. Wever, R. A., The Circadian System of Man, Springer Verlag, Berlin 1979. Zulley, J., Der Einfluß von Zeitgebern auf den Schlaf des Menschen, Fischer, Frankfurt 1979. Czeisler, C. A., Weitzman, E. D., Moore-Ede, M. C., Zimmerman, J. C., Knauer, R. S., Human sleep: its duration and organization depend on its circadian phase, Science 210 (1980), S. 1264-1267. Weitzman, E. D., Chronobiology of man. Sleep, temperature and neuroendocrine rhythms, Human Neurobiology 1 (1982), S. 173-183.
- Wo sitzt die »innere Uhr«? Die klassische Originalarbeit und zwei neue Bücher mit Übersichtsartikeln:* Stephan, F., Zucker, I., Circadian rhythms in drinking behavior and locomotor activity of rats are eliminated by hypothalamic lesions, Proceedings of the National Academy of Science, USA 69 (1972), S. 1583-1586. Aschoff, J., Daan, S., Groos, G. A., Vertebrate Circadian Systems. Structure and Physiology, Springer Verlag, Berlin 1982. Moore-Ede, M. C., Sulzman, F. M., Fuller, C. A., The Clocks that Time us. Physiology of the Circadian Timing System, Harvard University Press 1982.
- Schlafregulation nach Ausschaltung der »inneren Uhr«:* Tobler, I., Borbély, A. A., Groos, G., The effect of sleep deprivation on sleep in rats with suprachiasmatic lesions, Neuroscience Letters 42 (1983), S. 49-54.
- Schlaf und circadiane Rhythmen:* Groos, G., The physiological organization of the circadian sleep-wake cycle, in: Borbély, A. A., Valatx, J. L. (Hrsg.), Sleep Mechanisms, Experimental Brain Research Supplement Vol. 8, Springer Verlag, Heidelberg 1984, S. 241-257.
- Das Experiment mit falsch gehenden Uhren:* Lewis, P. R., Lobban, M. C., Dissociation of diurnal rhythms in human subjects living in abnormal time routines, Quarterly Journal of Experimental Physiology 42 (1957), S. 371-386.
- Gibt es einen oder mehrere circadiane Oszillatoren?:* Kronauer, R. E., Czeisler, C. A., Pilato, S. F., Moore-Ede, M. C., Weitzman, E. D., Mathematical model of the human circadian system with two interacting oscillators, American Journal of Physiology 242 (1982), S. 3- 17. Daan, S., Beersma, D. G. M., Borbély, A. A., The timing of human sleep: recovery process gated by a circadian pacemaker, American Journal of Physiology 246 (1984), S. R161-R178. Strogatz, S. H., The mathematical structure of the human sleep-wake cycle. Lecture Notes of Biomathematics. Springer Verlag, Berlin, 1986.
- Schichtarbeit, Schlaf und circadianer Rhythmus:* Åkerstedt, T., Gillberg, M., Displacement of the sleep period and sleep deprivation, Human Neurobiology 1 (1982), S. 163-171. Czeisler, C.A., Moore-Ede, M.C., Coleman, R. M., Rotating shift work schedules that disrupt sleep are improved by applying circadian principles, Science 217 (1982), S. 101-113. Åkerstedt, T., Sleepiness as a consequence of shift work. Sleep 11 (1988), S. 17-34. Czeisler, C. A., Johnson, M. P., Duffy, J. F., Brown, E. N., Ronda, J. M., Kronauer, R. E., Exposure to bright light and darkness to treat physiologic maladaptation to night work. New England Journal of Medicine 322 (1990), S. 1253- 1259.
- Rhythmusverschiebung als Therapie:* Wehr, T. A., Wirz-Justice, A., Goodwin, F. K., Duncan, W., Gillin, J. C., Phase advance of the circadian sleep-wake cycle as an antidepressant, Science 206 (1979), S.

710-713. Czeisler, C. A., Richardson, G. S., Coleman, R. M., Zimmerman, J. C., Moore-Ede, M. C., Dement, W. C., Weitzman, E. D., Chronotherapy: resetting the circadian clocks of patients with delayed sleep phase insomnia, *Sleep* 4 (1981), S. 1-21.

12 - Wozu dient der Schlaf? Versuch einer Synthese

Schlaf und Bewegungsaktivität beim Tier: Hanagasioglu, M., Borbély, A. A., Effect of voluntary locomotor activity on sleep in the rat, *Behavioural Brain Research* 4 (1982), S. 359-368.

Rhythmische Veränderungen der Müdigkeit während des Schlafentzugs: Åkerstedt, T., Fröberg, J. E., Psychophysiological circadian rhythms in women during 72 h of sleep deprivation, *Waking and Sleeping* 1 (1977), S. 387-394.

Ein Modell der Schlafregulation: Borbély, A. A., A two process model of sleep regulation, *Human Neurobiology* 1 (1982), S. 195-204. Daan, S., Beersma D. G. M., Borbély, A. A. The timing of human sleep: recovery process gated by a circadian pacemaker. *American Journal of Physiology* 246 (1984) S. R 161 -R 178. Achermann, P., Borbély, A. A. Simulation of human sleep: ultradian dynamics of EEG slow-wave activity. *Journal of Biological Rhythms* 5 (1990), S. 141 -157.

Schlafregulation und Depression: Borbély, A. A., Wirz-Justice, A., Sleep, sleep deprivation and depression. A hypothesis derived from a model of sleep regulation, *Human Neurobiology* 1 (1982), S. 205-210. Borbély, A. A. The S-deficiency hypothesis of depression and the two-process model of sleep regulation. *Pharmacopsychiatry* 20 (1987), S. 23-29.

Das Rätsel des REM-Schlafs: Jouvet, M., Le sommeil paradoxal est-il responsable d'une programmation génétique du cerveau? *Comptes rendus des séances de la Société de Biologie* 172 (1978), S. 9-30. Snyder, F., Toward an evolutionary theory of dreaming, *American Journal of Psychiatry* 123 (1966), S.121-142. Meddis, R., *The Sleep Instinct*, Routledge and Kegan Paul, London 1977.

Schlaftheorien: Webb, W. B., Theories in modern sleep research, in: Mayes, A. (Hrsg.), *Sleep Mechanisms and Functions in Humans and Animals - an Evolutionary Perspective*, Van Nostrand Reinhold, Wokingham 1983, S. 1-17. Horne, J. A., *Why we sleep. The functions of sleep in humans and other mammals*, Oxford University Press, Oxford, 1988.

| [Inhalt](#) | [Titel](#) | [Seitenanfang](#) | [Bildnachweis](#) | [Literaturnachweis](#) |

Das Geheimnis des Schlafs von A. Borbély

Buchausgabe © 1984 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart (vergriffen)

Ausgabe für das Internet, 1998, A. Borbély, Universität Zürich.

Bildnachweis

Michelangelo Buonarroti, *Die Nacht*, Grabmal des Giuliano de Medici (Ausschnitt), aus: Fritz Reust (Hrsg.), *Micromegas*, Les Fabriques d'Assortiments Réunies Le Locle Suisse 1966, S. 3. 67.

Gustav Doré, *Die Erschaffung der Eva*, in: *Die heilige Schrift ...*, illustriert von Gustav Doré, übersetzt von J. Franz von Allioli, Druck und Verlag von Eduard Hallberger, Stuttgart.

Giorgione, *Venus*, 1697, aus: *Giorgione, Complete Edition*, hrsg. von Terisio Pignatti, Phaidon, London 1971, Nr. 103.

Ferdinand Hodler, *Die Nacht*, 1890, aus: Sharon L. Hirsh, *Ferdinand Hodler*, Prestel, München 1981.

Philipp Otto Runge, *Schlafendes Kind*, um 1806, aus: *Deutsche Romantik, Handzeichnungen*, hrsg. von Marianne Bernhard, Rogner & Bernhard, München 1973, Bd. 2, S.1574.

Paul Klee, *Gemischte Siesta*, 1934, aus: G. Di San Lazzaro, *Klee*, F. A. Praeger Publisher, New York, Washington 1957, S. 150.

Honoré Daumier, *9 Heures du soir. La Journée du Célibataire*, Planche 12, aus: Loys Delteil, *Le Peintre-Graveur Illustré (XIXe et XXe siècles) Honoré Daumier*, Paris, Chez l'Auteur 1925, Band II, Nr. 618.

M. C. Escher, *Traum*, aus: M. C. Escher, *Grafiek en Tekeningen*, bij de Koninklijke uitgeverij Erven J. J., Tijl N. V., Zwolle 1959, S. 4.

Pablo Picasso, *Der Traum*, aus: Picasso. In Zusammenarbeit mit Edward Quinn, Propyläen-Ullstein, Frankfurt-Berlin-Wien 1975, S.176.

Rêve de Jacob, miniature tirée de la Bible du Toggenburg (15. Jhdt.) aus: *Micromegas*, a.a.O., S. 3. 104.

Honoré Daumier, *O Lune! ... Inspire-moi ce soir quelque petite pensée ...*, *Les Bas-Bleus*, Planche 8, aus: Loys Delteil, a.a.O., 1926, Band 4, Nr. 1228.

Honoré Daumier, *Brigand de propriétaire*, *Locataires et propriétaires*, Planche 12, aus: Loys Delteil, a.a.O., 1926, Band 5, Nr. 1605.

Honoré Daumier, *Der Schlafwandler*, aus: Herbert Gottschalk, *Reich der Träume*, C. Bertelsmann, München 1963, S.253.

| [Inhalt](#) | [Titel](#) | [Seitenanfang](#) | [Weiterführende Literatur](#) |



Abb. 1.1: »Die Nacht« (Ausschnitt), Michelangelo Buonarroti, Grabmal des Giuliano de Medici.

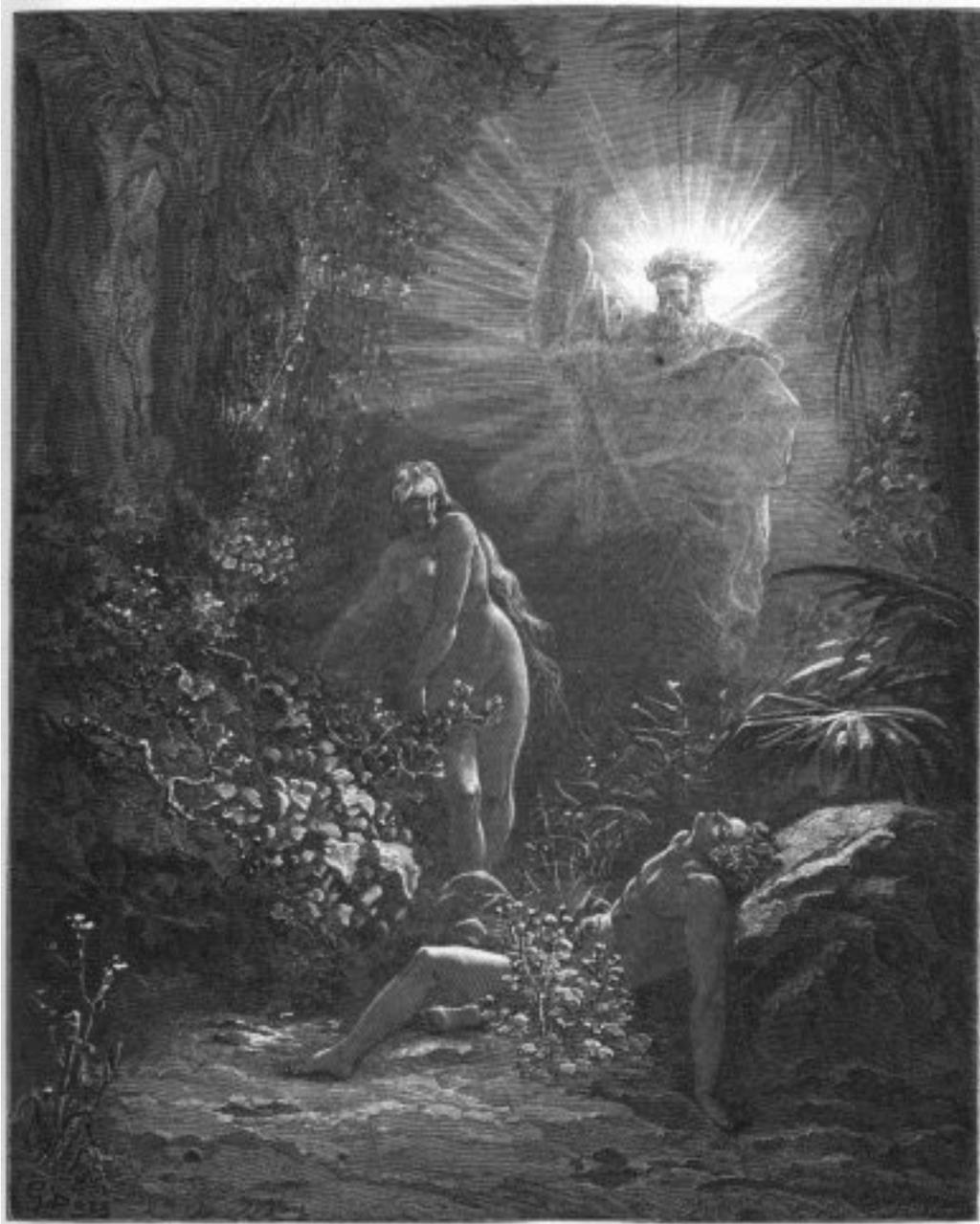


Abb. 1.2: »Da ließ Gott der Herr einen tiefen Schlaf fallen auf den Menschen, und er schlief ein. (1. Mose, 2,21-22; »Die Erschaffung der Eva«, in: Die heilige Schrift ..., illustriert von Gustav Doré, übersetzt von J. Franz von Allioli).



Abb. 1.3: »Venus« (Giorgione, 1697).

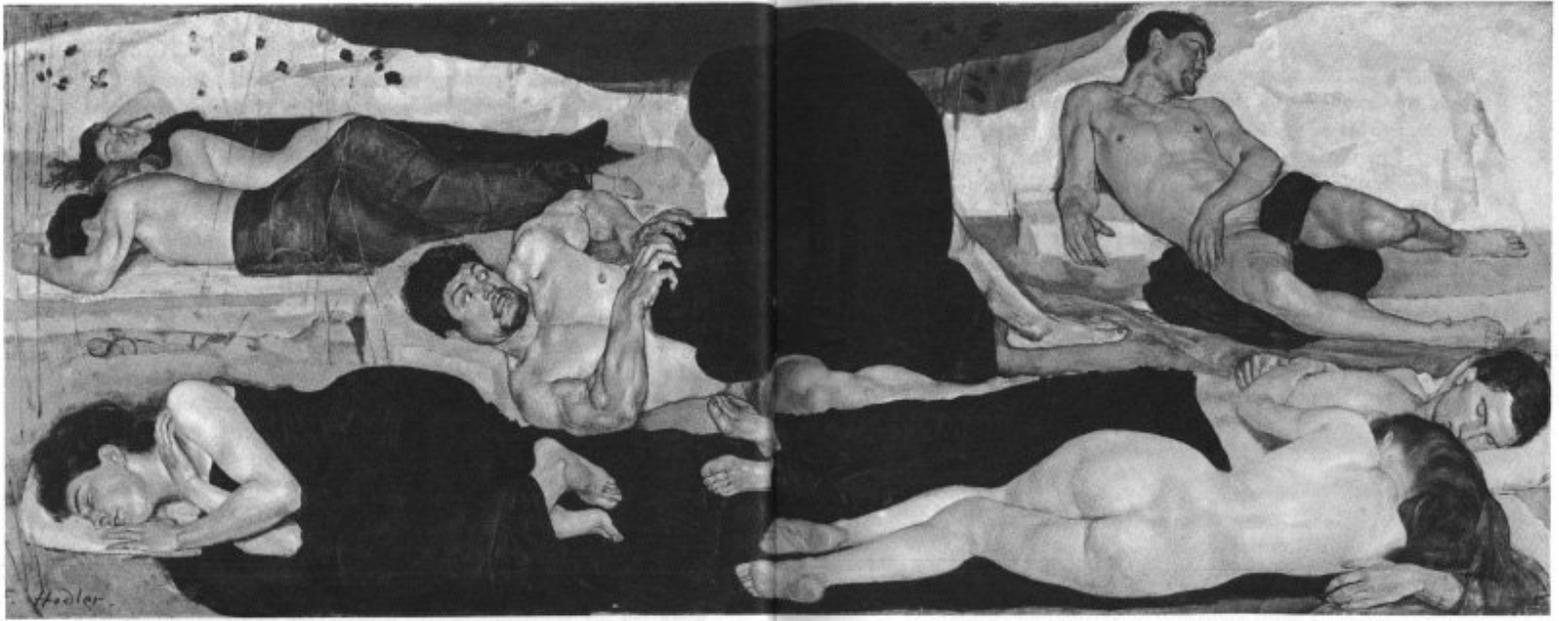


Abb. 1.4: »Die Nacht« (Hodler, 1890).

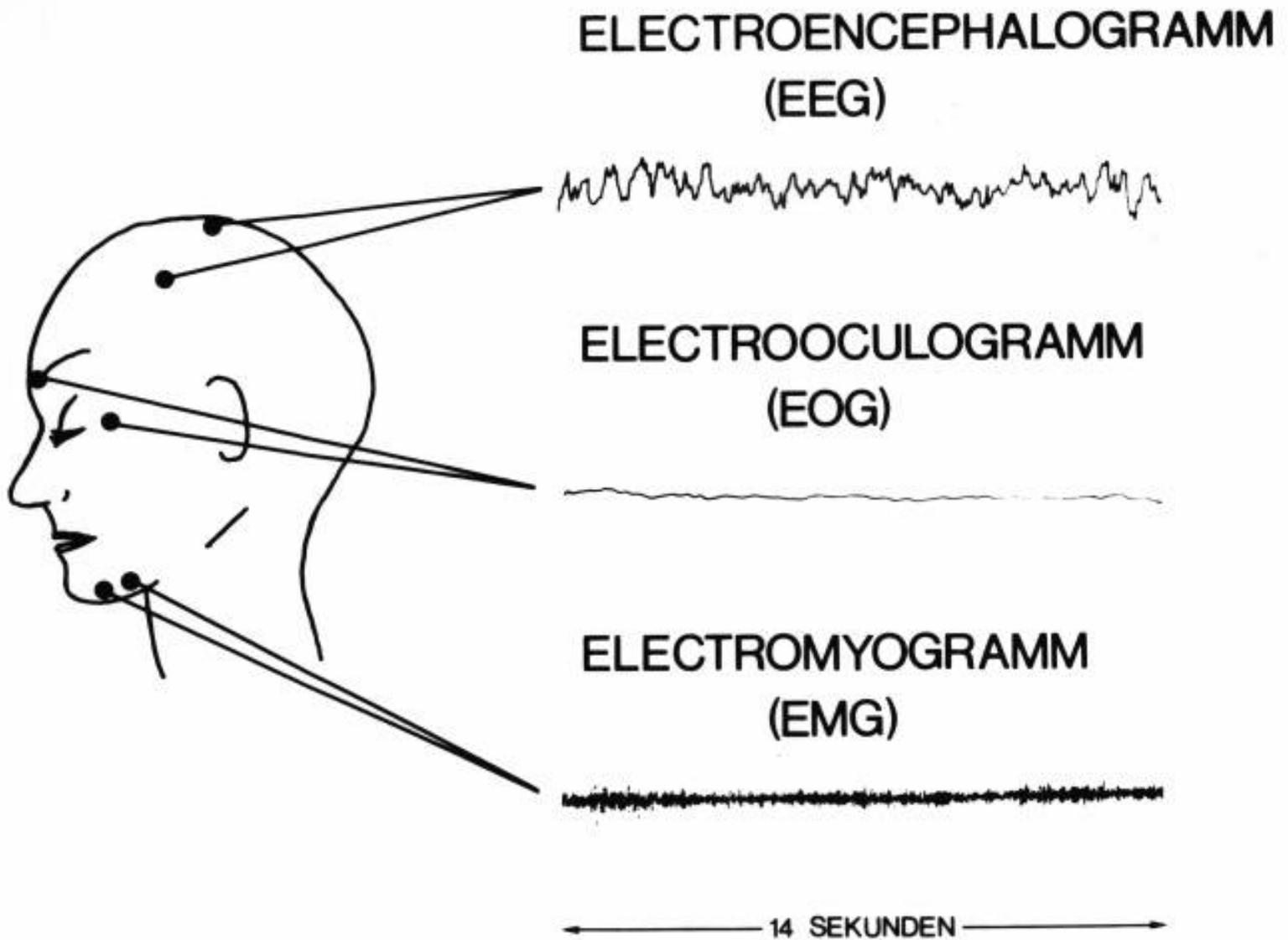
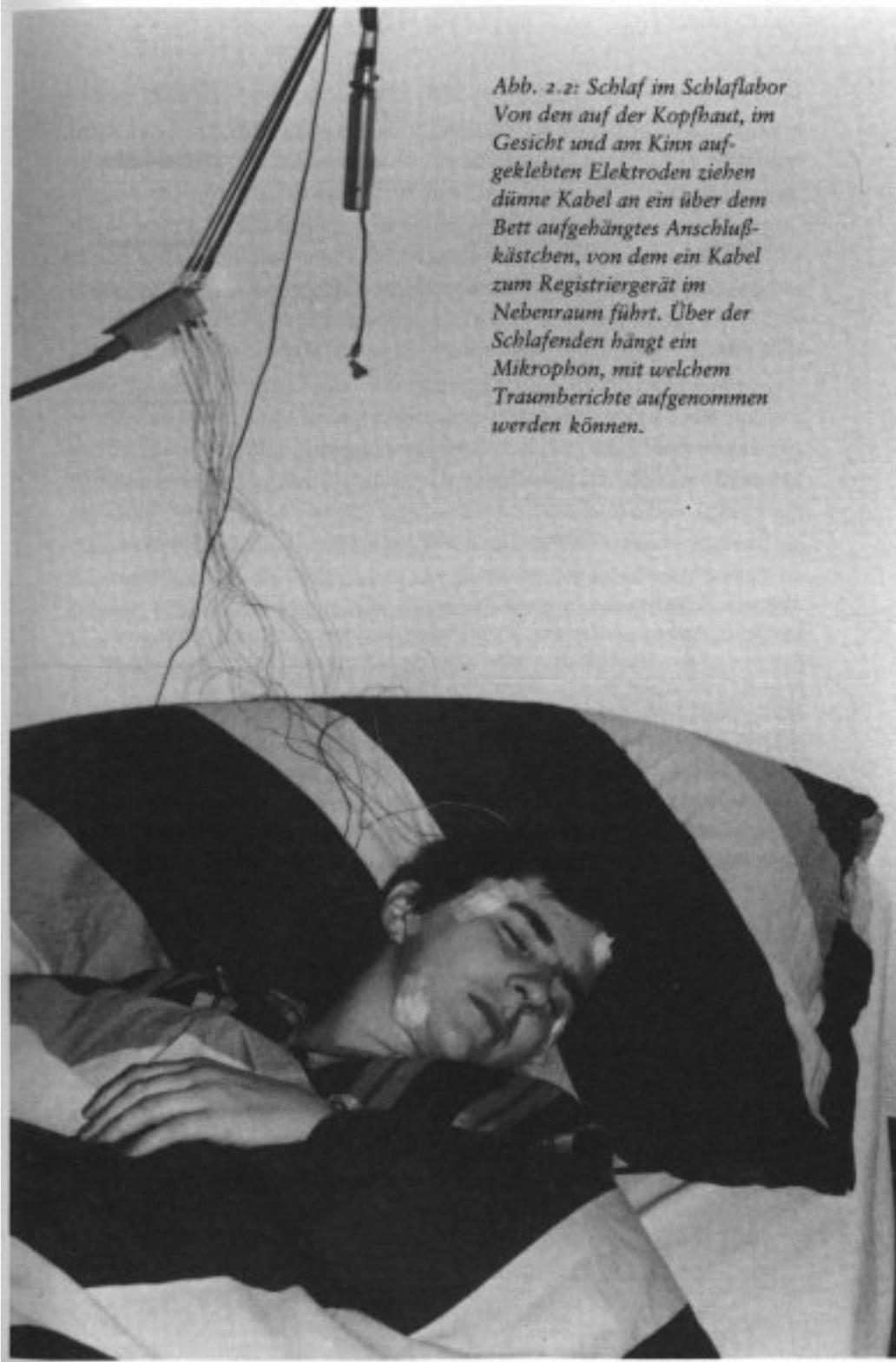


Abb. 2.1: EEG, EOG und EMG. Stromkurven geben Aufschluß über den Schlaf. Das Electroencephalogramm ist die Aufzeichnung von elektrischen Hirnströmen, das Electrooculogramm von elektrischen Strömen, die durch Augenbewegungen entstehen, und das Electromyogramm von Strömen, die die Muskelspannung widerspiegeln.



*Abb. 2.2: Schlaf im Schlaflabor
Von den auf der Kopfhaut, im
Gesicht und am Kinn auf-
geklebten Elektroden ziehen
dünne Kabel an ein über dem
Bett aufgehängtes Anschluß-
kästchen, von dem ein Kabel
zum Registriergerät im
Nebenraum führt. Über der
Schlafenden hängt ein
Mikrophon, mit welchem
Traumberichte aufgenommen
werden können.*

Abb. 2.2: Schlaf im Schlaflabor. Von den auf der Kopfhaut, im Gesicht und am Kinn aufgeklebten Elektroden ziehen dünne Kabel an ein über dem Bett aufgehängtes Anschlußkästchen, von dem ein Kabel zum Registriergerät im Nebenraum führt. Über der Schlafenden hängt ein Mikrophon, mit welchem Traumberichte aufgenommen werden können.

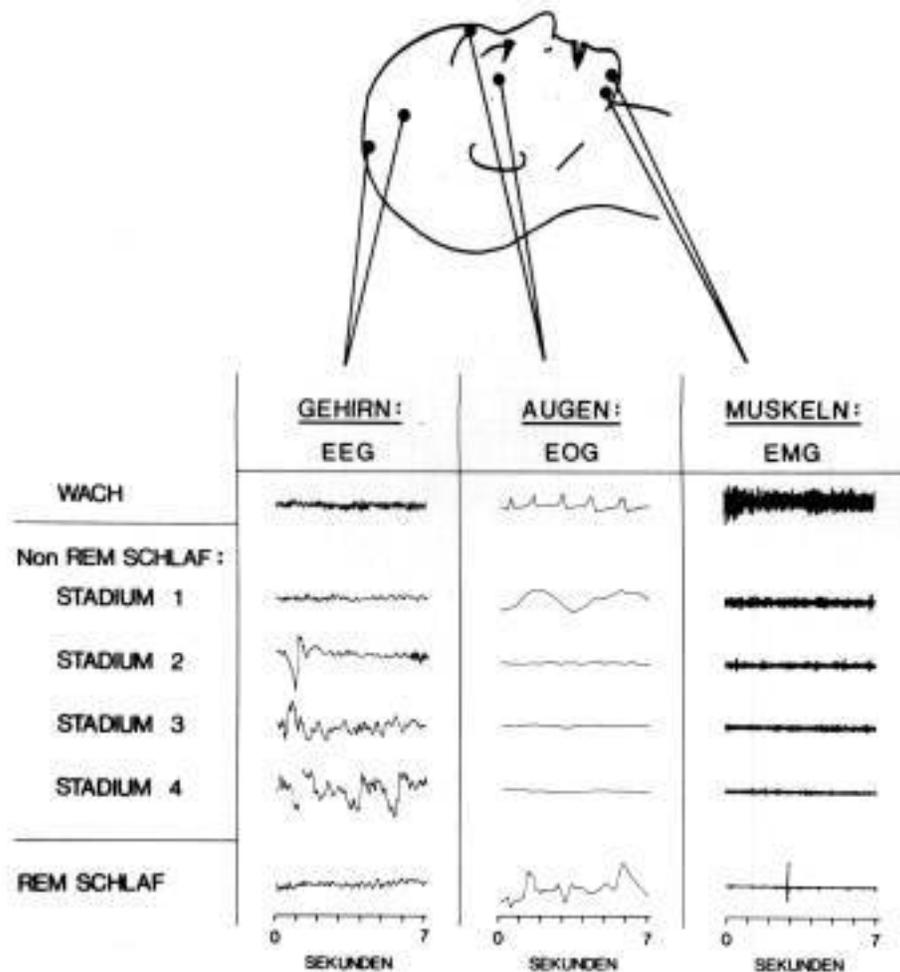


Abb. 2.3: Schlafstadien. Die Schlafstadien werden aus Stromkurven bestimmt, die vom Gehirn, den Augen und den Muskeln abgeleitet werden. Mit zunehmender Vertiefung des Non-REM-Schlafes (von Stadium 1 bis Stadium 4) werden die Hirnstromkurven (EEG) größer und langsamer, wobei die Muskelspannung (EMG) abnimmt. Während des Einschlafens (Stadium 1) treten langsame, pendelförmige Augenbewegungen auf. Im REM-Schlaf sieht das EEG ähnlich aus wie im Stadium 1, während das EOG die typischen raschen Augenbewegungen anzeigt. Die Muskulatur ist, abgesehen von gelegentlichen Zuckungen, vollständig entspannt.

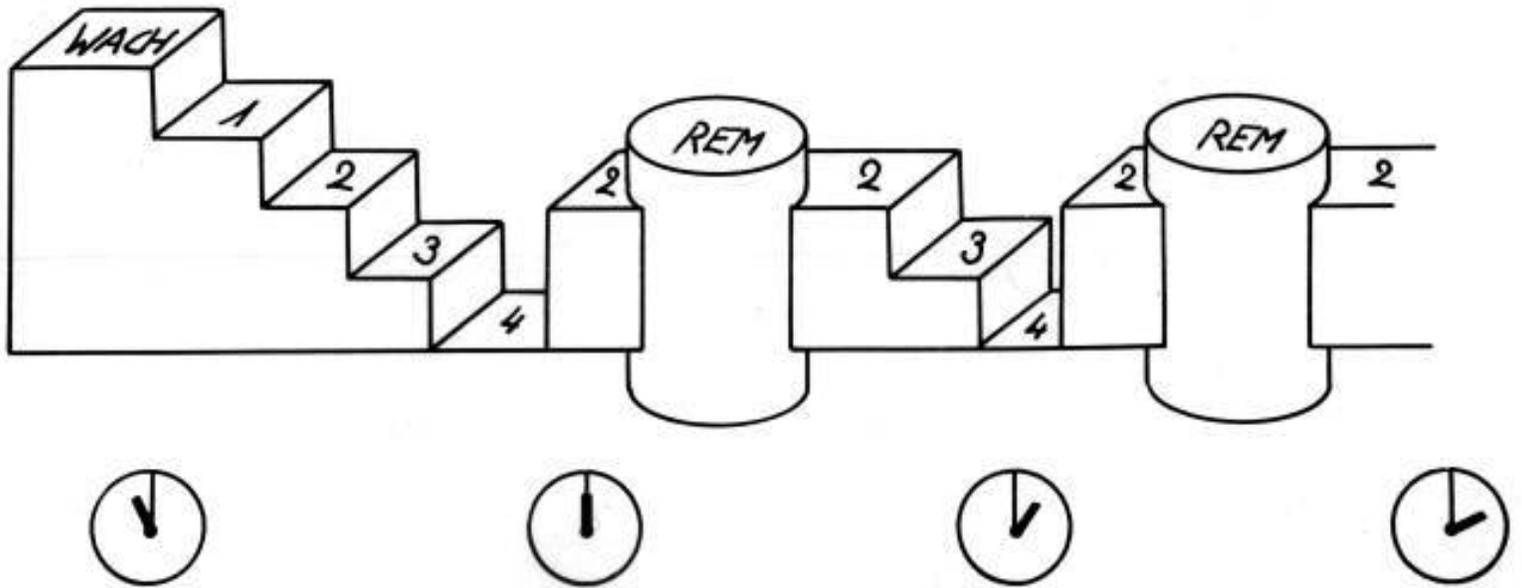
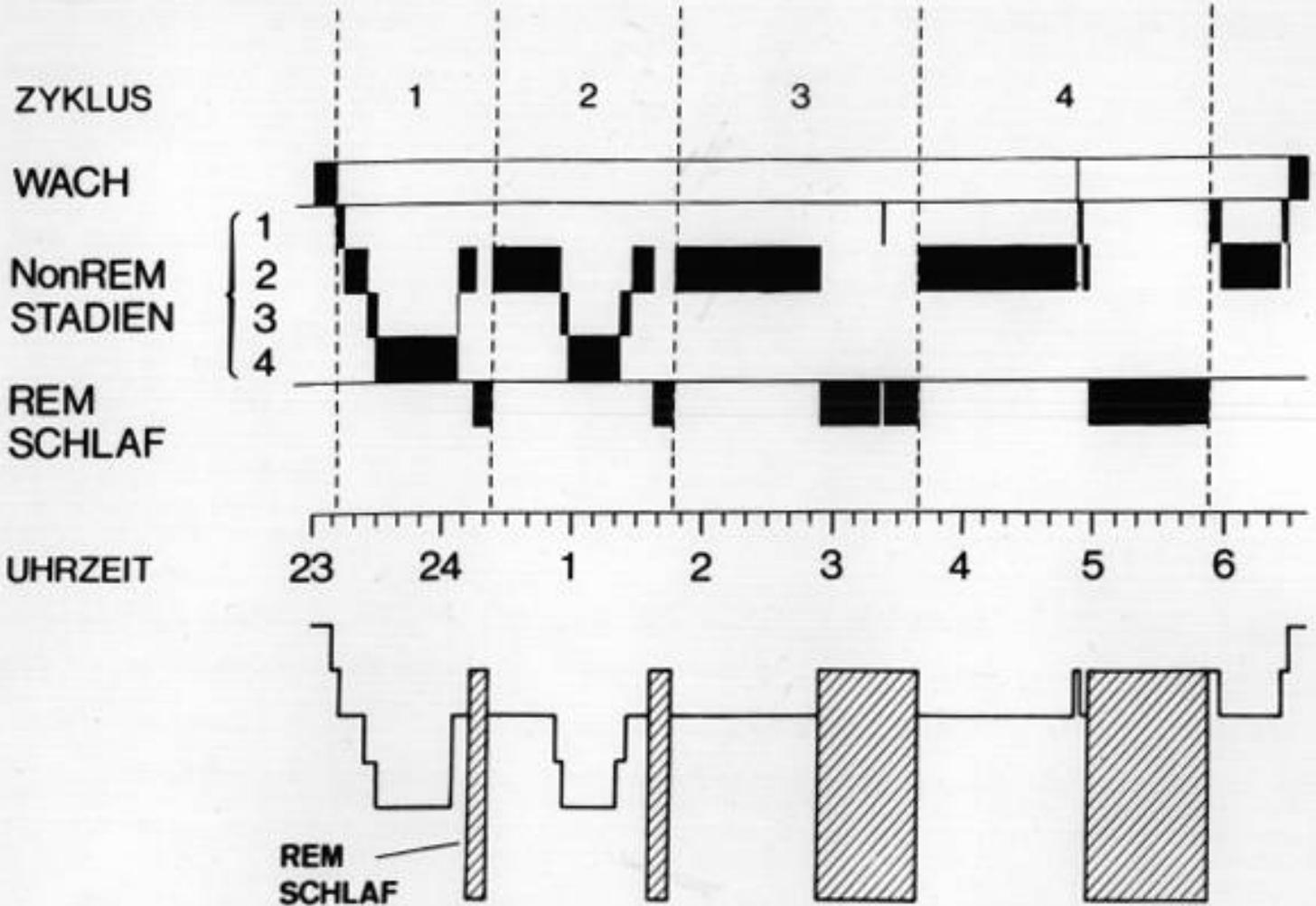


Abb. 2.4: Die »Schlafstufen« in den ersten drei Stunden der Nacht. Jede Treppenstufe entspricht einem Schlafstadium. Nach dem Einschlafen »steigt man« über Stadium 2 in den Tiefschlaf (Stadium 3 und 4) ab. Nach etwas mehr als einer Stunde tritt die erste REM-Schlafepisode auf. Da der REM-Schlaf ein grundlegend anderer Schlaftyp ist als der Non-REM-Schlaf, ist er als Säule dargestellt. Obwohl das EEG im REM-Schlaf jenem im Einschlafstadium 1 entspricht, schläft man doch tief. Der REM-Schlaf wird daher oft auch als »paradoxe Schlaf« bezeichnet. Non-REM-Schlaf und REM-Schlaf folgen zyklisch aufeinander. Hier sind nur zwei vollständige Schlafzyklen dargestellt.

SCHLAFPROFIL



2.5: Das Schlafprofil einer ganzen Nacht. Einschlafzeit: 23.10 Uhr, Aufwachzeit: 6.30 Uhr. Zuunterst ist die »Schlafstreppe« ähnlich wie auf der vorherigen Abbildung dargestellt. Darüber das Schlafprofil, wie es gewöhnlich aufgezeichnet wird. Vier vollständige Non-REM/REM-Schlafzyklen sind durch senkrechte Striche abgegrenzt. Tiefschlaf (Stadium 3 und 4) tritt nur in den ersten zwei Zyklen auf. REM-Schlaf-Episoden werden in der zweiten Hälfte der Nacht typischerweise länger.

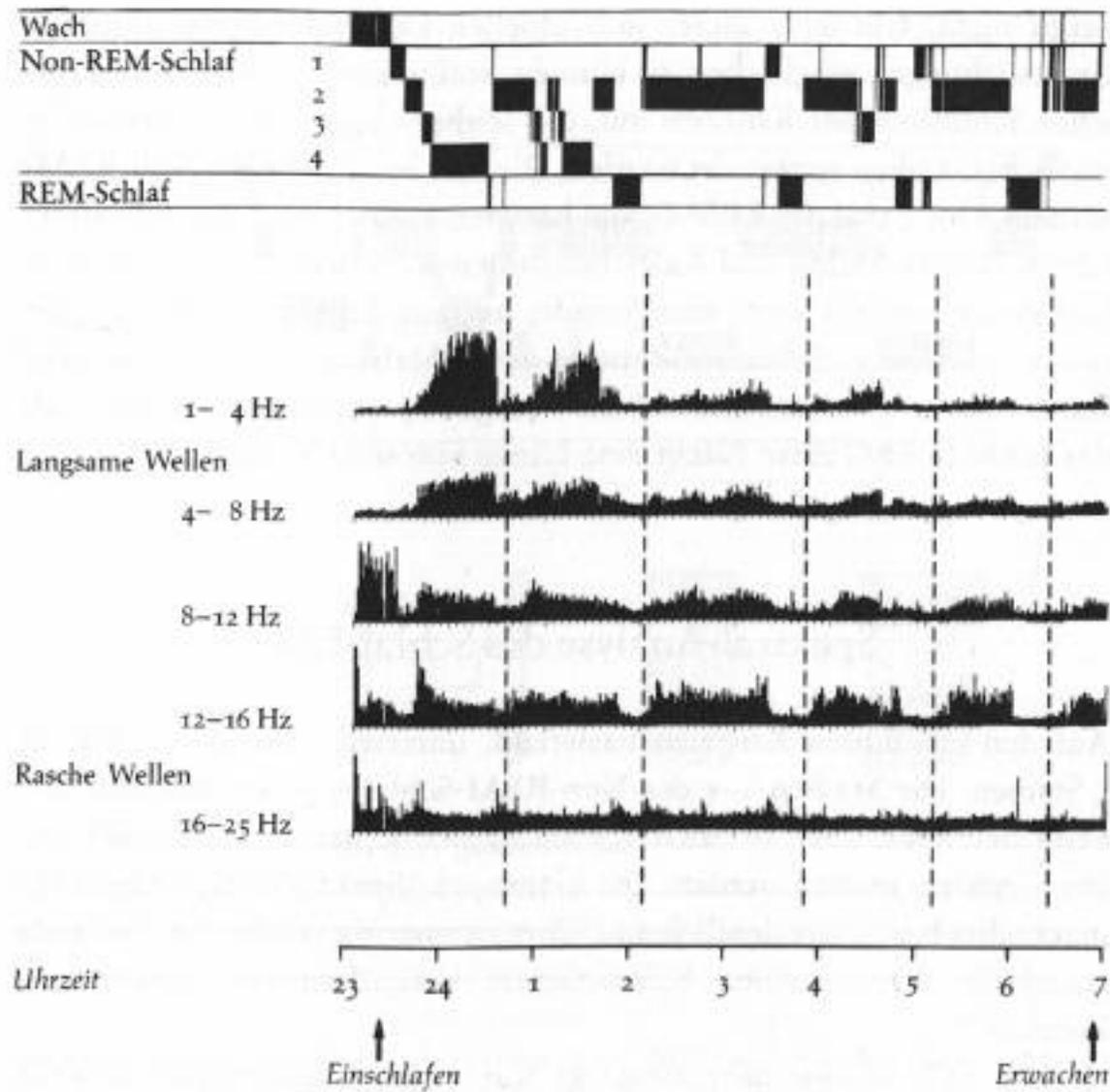


Abb. 2.6: Schlafstadien und EEG-Spektren einer Nacht. EEG-Spektren erlauben eine besonders genaue Untersuchung der Veränderungen im Schlaf. Oben ist das Schlafprofil wie in der vorherigen Abbildung dargestellt, darunter die Spektralkurven für die langsamen (1-8 Hz), mittleren (8-12 Hz) und raschen EEG-Wellen (12-25 Hz). Hohe Kurvenwerte geben an, daß im betreffenden Frequenzbereich der Wellenanteil hoch ist. So nimmt beispielsweise der Anteil an ganz langsamen Wellen (1-4 Hz) mit zunehmender Tiefe des Non-REM-Schlafes zu und erreicht im Stadium 4 die höchsten Werte. Die Spektralanalyse

zeigt, daß die Veränderungen im Schlaf genau genommen nicht treppenförmig, sondern kontinuierlich erfolgen. Die Schlafstadien sind daher bloß eine grobe Annäherung an die wirklichen Verhältnisse. (Hz ist die Abkürzung von Hertz = Anzahl der Schwingungen pro Sekunde.)

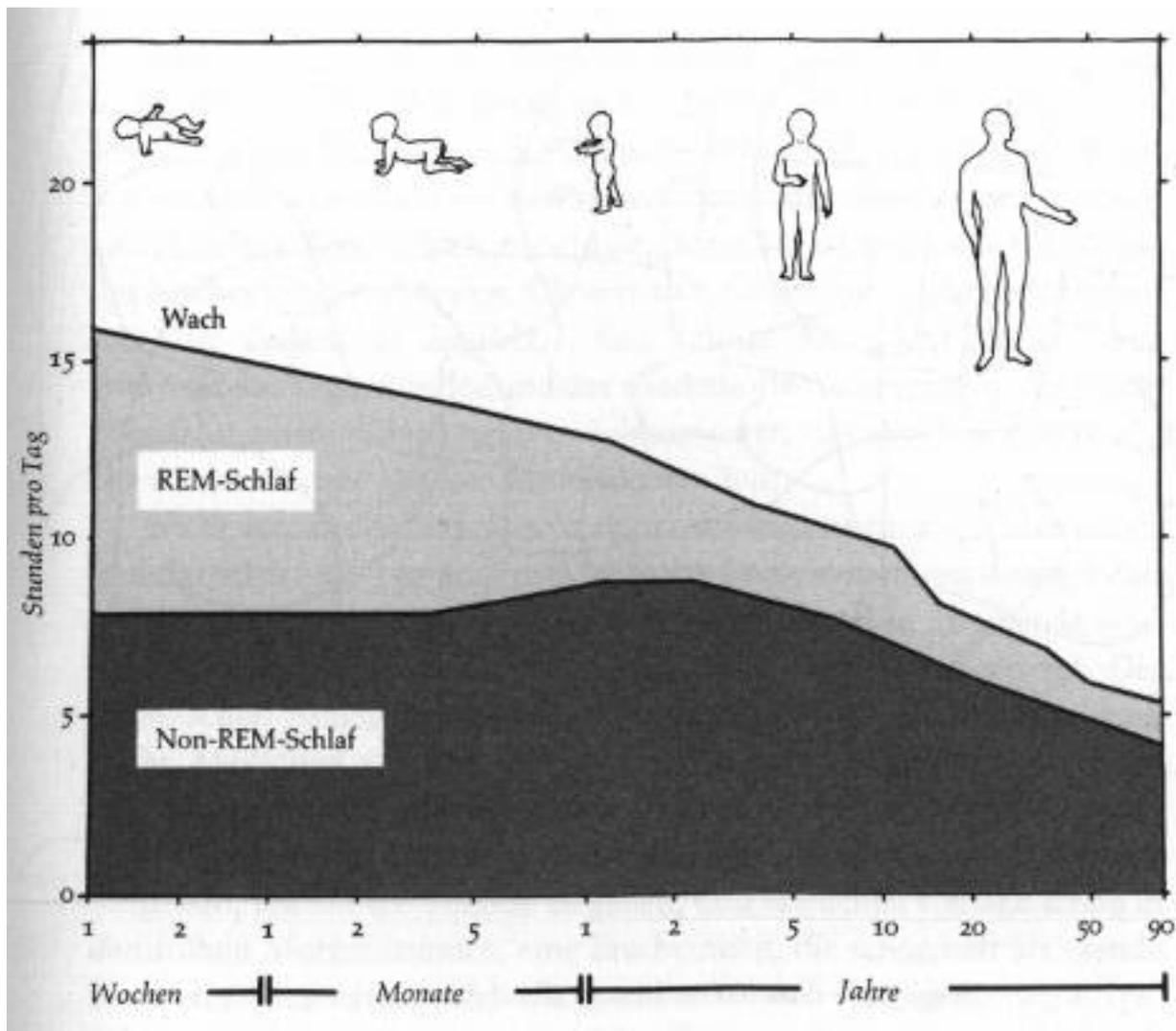


Abb. 3.3: Die Verteilung der Schlafstadien ist abhängig vom Lebensalter. Beim Neugeborenen macht der REM-Schlaf die Hälfte des Gesamtschlafes aus. Schon im Verlauf des ersten Lebensjahres verringert sich die REM-Schlafzeit drastisch, während die Non-REM-Schlafzeit praktisch gleich bleibt. Im Erwachsenenalter beträgt der REM-Schlafanteil am Gesamtschlaf bloß noch 20-25%. Da die Abbildung auf Befunden beruht,

die im Schlaflabor erhoben wurden, ist, im Vergleich zu den aus Umfragen ermittelten Werten, die Gesamtschlafdauer im Erwachsenenalter zu kurz. Es ist auch nicht nachgewiesen, daß die Schlafdauer im höheren Alter kürzer ist als im früheren Erwachsenenalter. Ferner ist zu beachten, daß das Lebensalter logarithmisch dargestellt ist, d. h. daß die Zeit mit zunehmendem Alter immer gedrängter erscheint. (Nach einer revidierten Abbildung von Roffwarg und Mitarbeitern, 1966.)

Abb. 3.1: »Schlafendes Kind«.
(Philipp Otto Runge, um 1806).



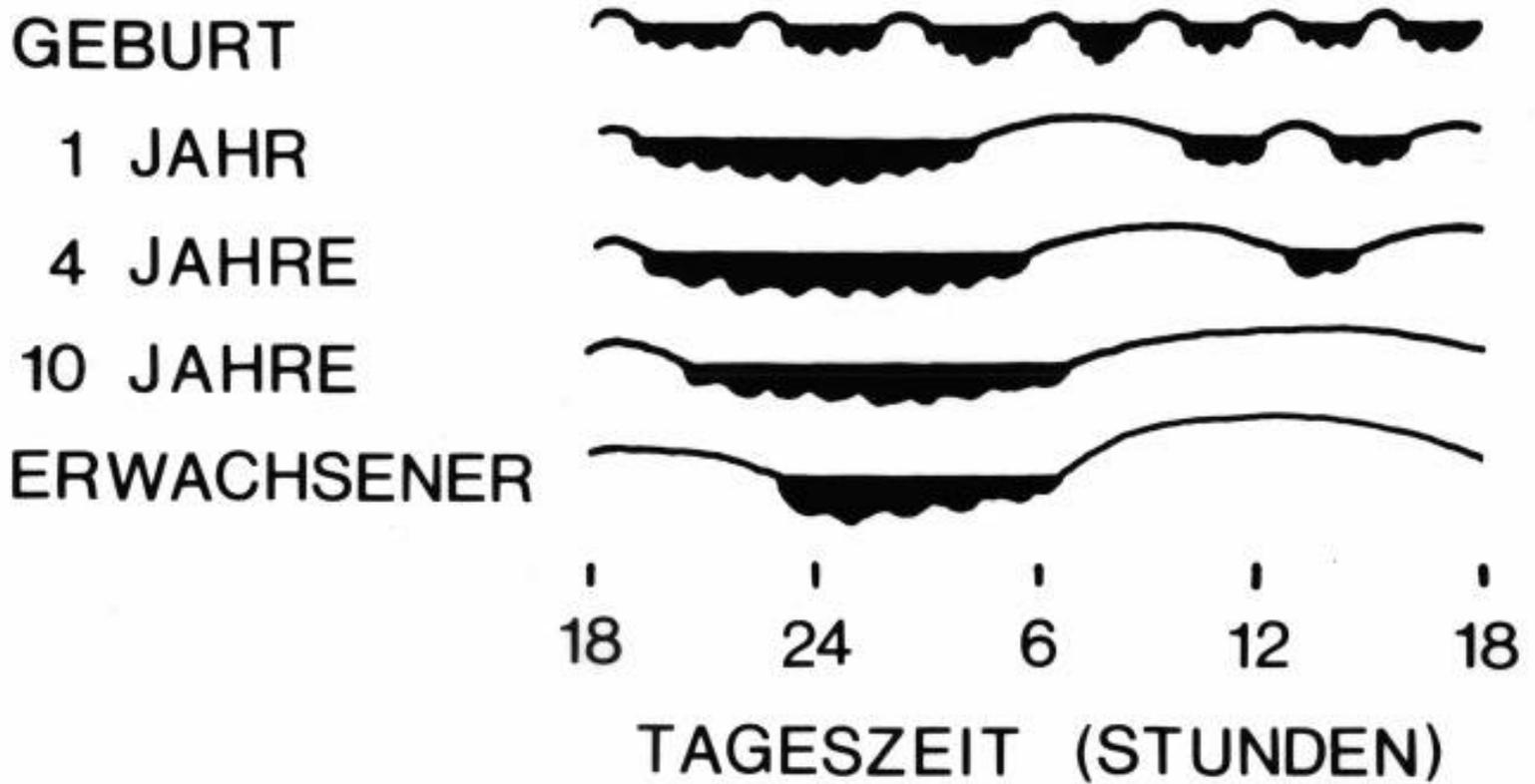


Abb. 3.2: Im Laufe der Entwicklung beschränkt sich der Schlaf immer mehr auf die Nacht. Der polyphasische (mehrphasische) Schlaf nach der Geburt wird im Vorschulalter biphasisch (zweiphasisch) und später monophasisch (einfachphasig). Im höheren Alter kommen Schlafperioden tagsüber wieder häufiger vor.

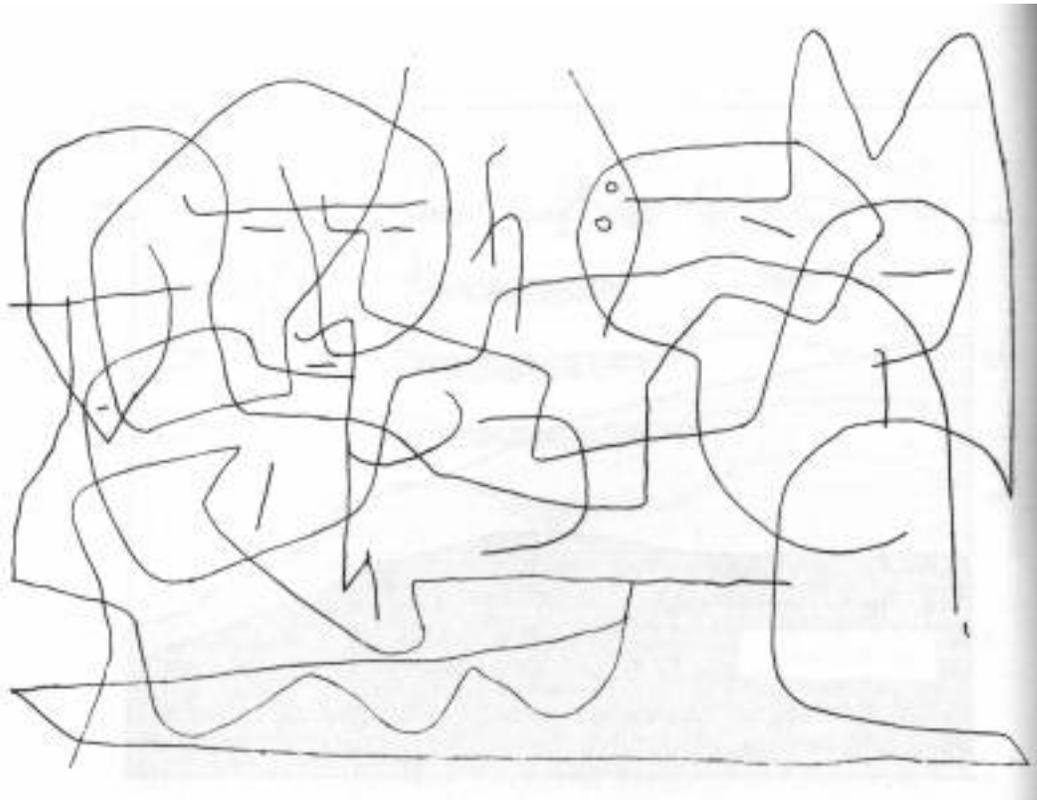


Abb. 3.4: »Gemischte Siesta«
(Paul Klee, 1934).

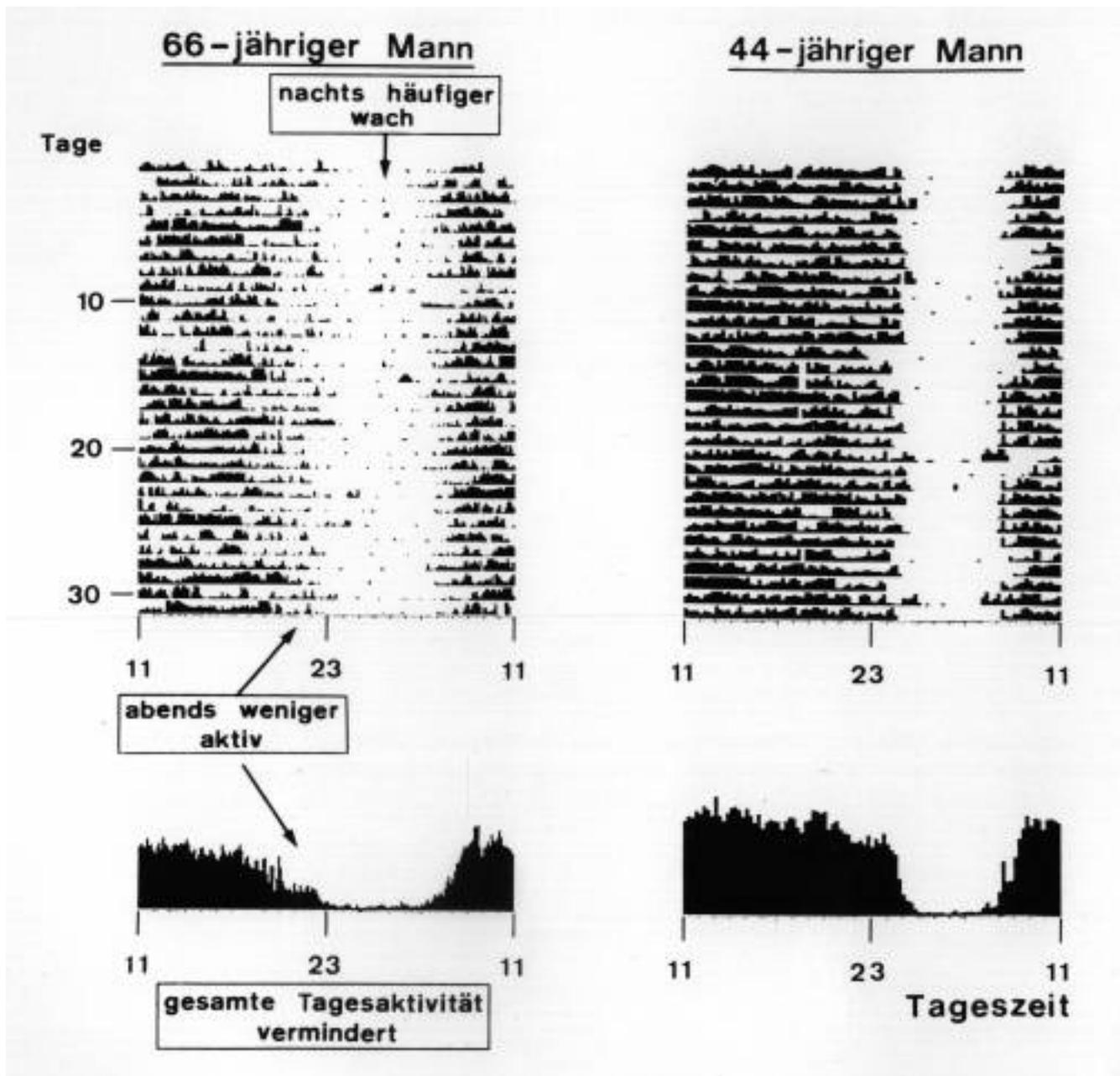


Abb. 3.5: Der Schlaf älterer Leute ist nachts häufig unterbrochen. Der

Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus wurde bei einem 66jährigen Rentner und bei einem 44jährigen, berufstätigen Mann während eines Monats ununterbrochen aufgezeichnet. Jede waagrechte Linie entspricht einem Tag. Hohe Gipfel tagsüber entsprechen häufigen Körperbewegungen, leere Zwischenräume Ruheperioden. Beim jüngeren Mann (rechts) ist die Tagesaktivität hoch und die Nachtruhe ausgeprägt. Beim älteren Mann (links) sind lange Aktivitätsperioden tagsüber seltener, und die Gesamtaktivität ist besonders in den Abendstunden deutlich vermindert. Dafür sind aber die nächtlichen Ruheperioden häufig von Bewegungen unterbrochen, die zum Teil durch Aufwachen und Aufstehen nachts zustande kommen. Die über den ganzen Monat gemittelte Aktivität ist zuunterst dargestellt. (Aus einer Untersuchung von M. Loepfe.)



Abb. 3.6: Entspannung ist für das Einschlafen wichtig. »9 Heures du soir. La Journée du Célibataire.« (Honoré Daumier, 1839).

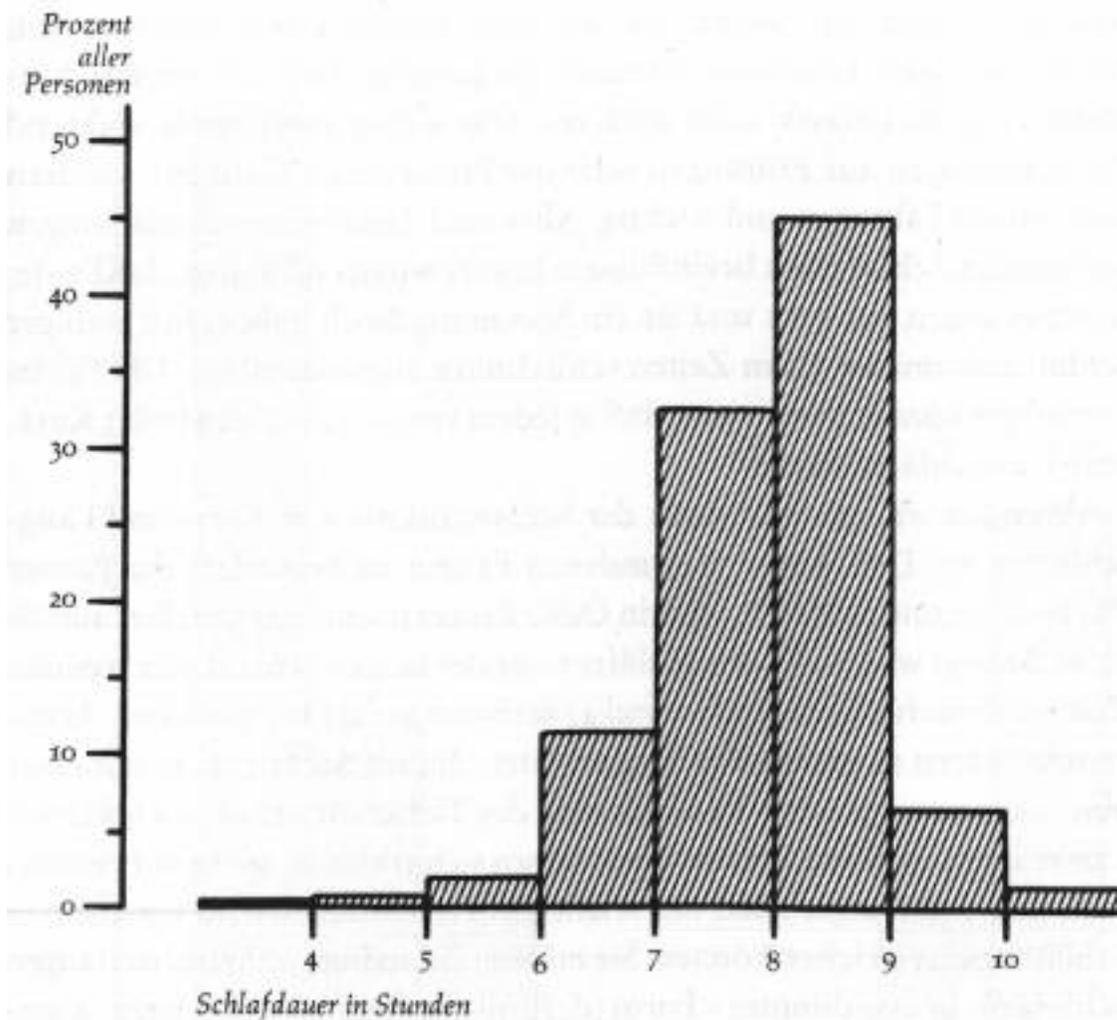


Abb. 3.7: Wie lange schläft man? Die meisten Menschen schlafen 7-9 Stunden. Die Darstellung beruht auf einer Umfrage bei fast 1 Million Erwachsenen. Die Schlafdauer von 8-9 Stunden wurde am häufigsten genannt, 7-8 Stunden etwas seltener. Nur ein kleiner Bruchteil der Befragten gab an, weniger als 4 Stunden oder mehr als 10 Stunden zu schlafen. (Nach einer Arbeit von Kripke und Mitarbeitern, 1979.)

STERBLICHKEITSRATE

ERHEBUNG BEI 823 065 PESONEN

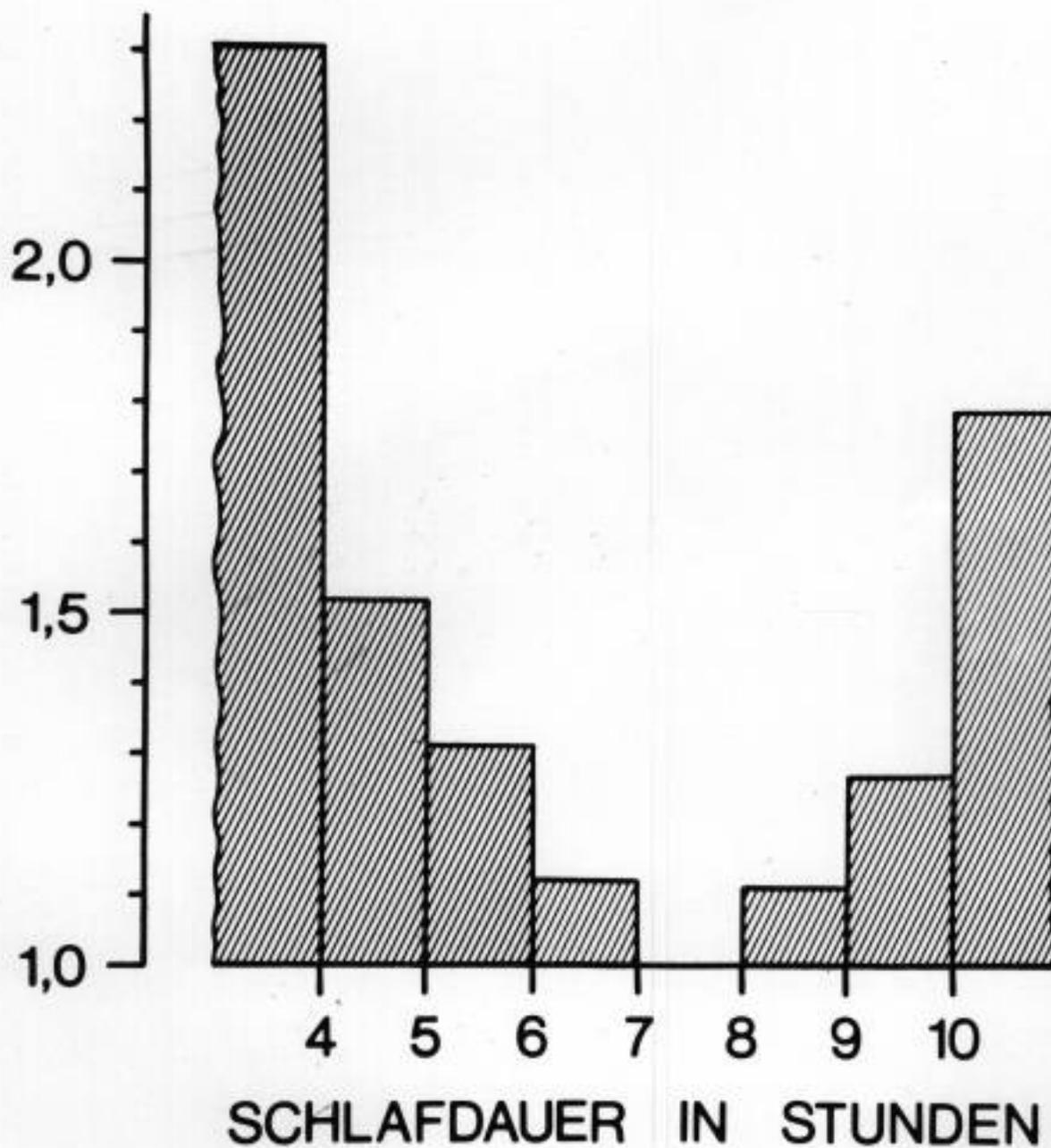


Abb. 3.8:
Sterblichkeitsrate.
Die
Sterblichkeitsrate
ist am geringsten
bei Leuten, die
7-8 Stunden
schlafen. Sie
nimmt bei
kürzerer oder
längerer
Schlafdauer
progressiv zu.
(Nach einer
Arbeit von
Kripke und
Mitarbeitern,
1979.)



Abb. 4.1: »Traum«. (M.C. Escher)



Abb. 4.2: »Der Traum« (Pablo Picasso, 1932)



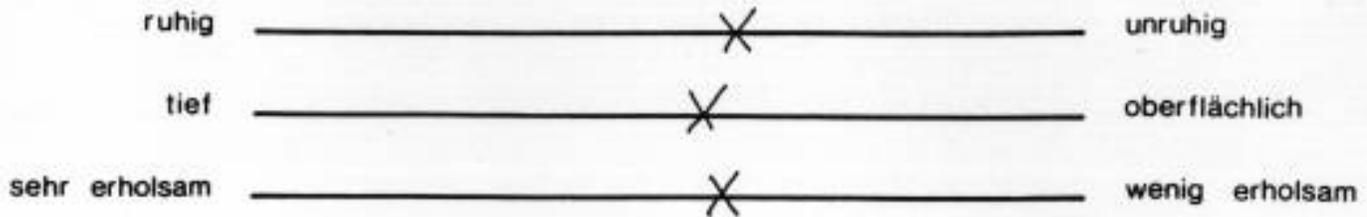
Abb. 4.3: »Rêve de Jacob« (Miniature tirée de la Bible du Toggenbourg, 15. Jhd.)



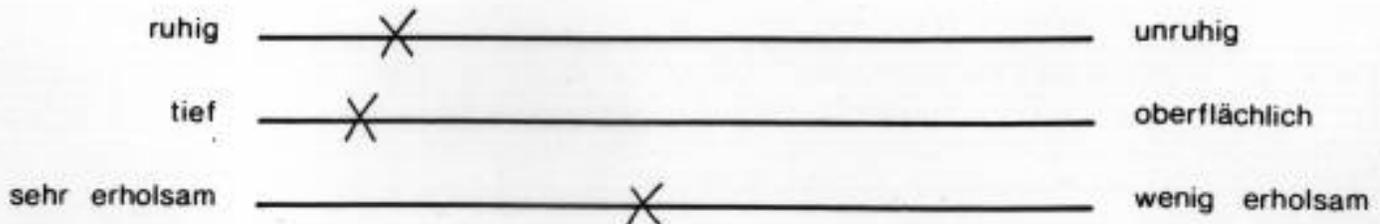
Abb. 5.1: Schlafmittel. Es gibt eine verwirrend grosse Zahl von Schlafmitteln.

OHNE SCHLAFMITTEL

IM VERGLEICH ZU IHREM NORMALEN SCHLAF WAR DER SCHLAF HEUTE :

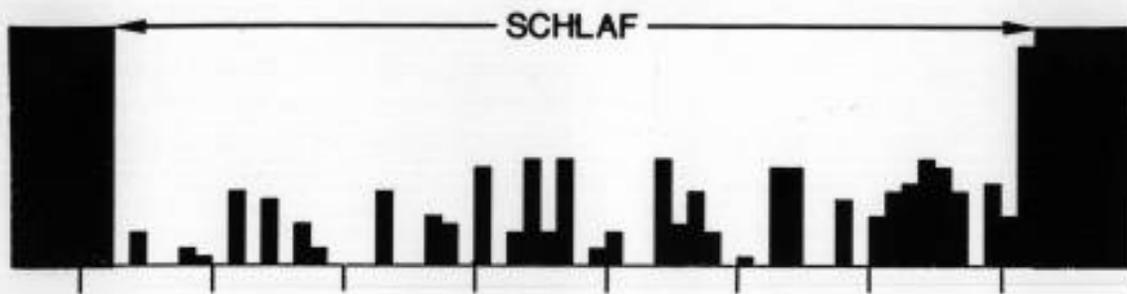


MIT EINEM SCHLAFMITTEL



Selbstbeurteilungsskala mit einem Placebo und mit einem Schlafmittel. Wer abends ein Schlafmittel einnimmt, beurteilt am nächsten Morgen seinen Schlaf als tief und ruhig. Die Einstufung erfolgt auf einer Selbstbeurteilungsskala, auf welcher die Versuchsperson den Schlaf der letzten Nacht mit ihrem gewohnten Schlaf vergleicht und mit einem Kreuz markiert. Mit diesem einfachen Verfahren lassen sich Schlafmittelwirkungen zuverlässig feststellen.

BEWEGUNGEN IM SCHLAF OHNE SCHLAFMITTEL



MIT SCHLAFMITTEL

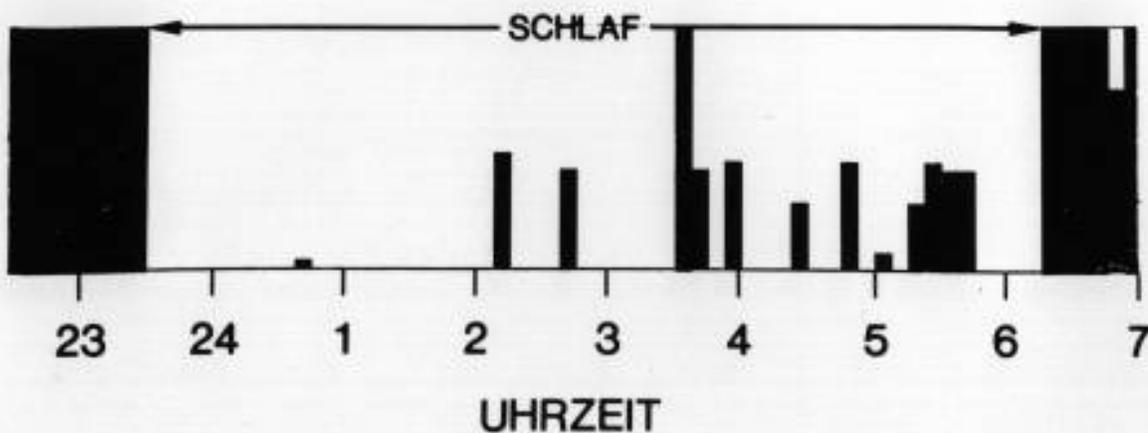
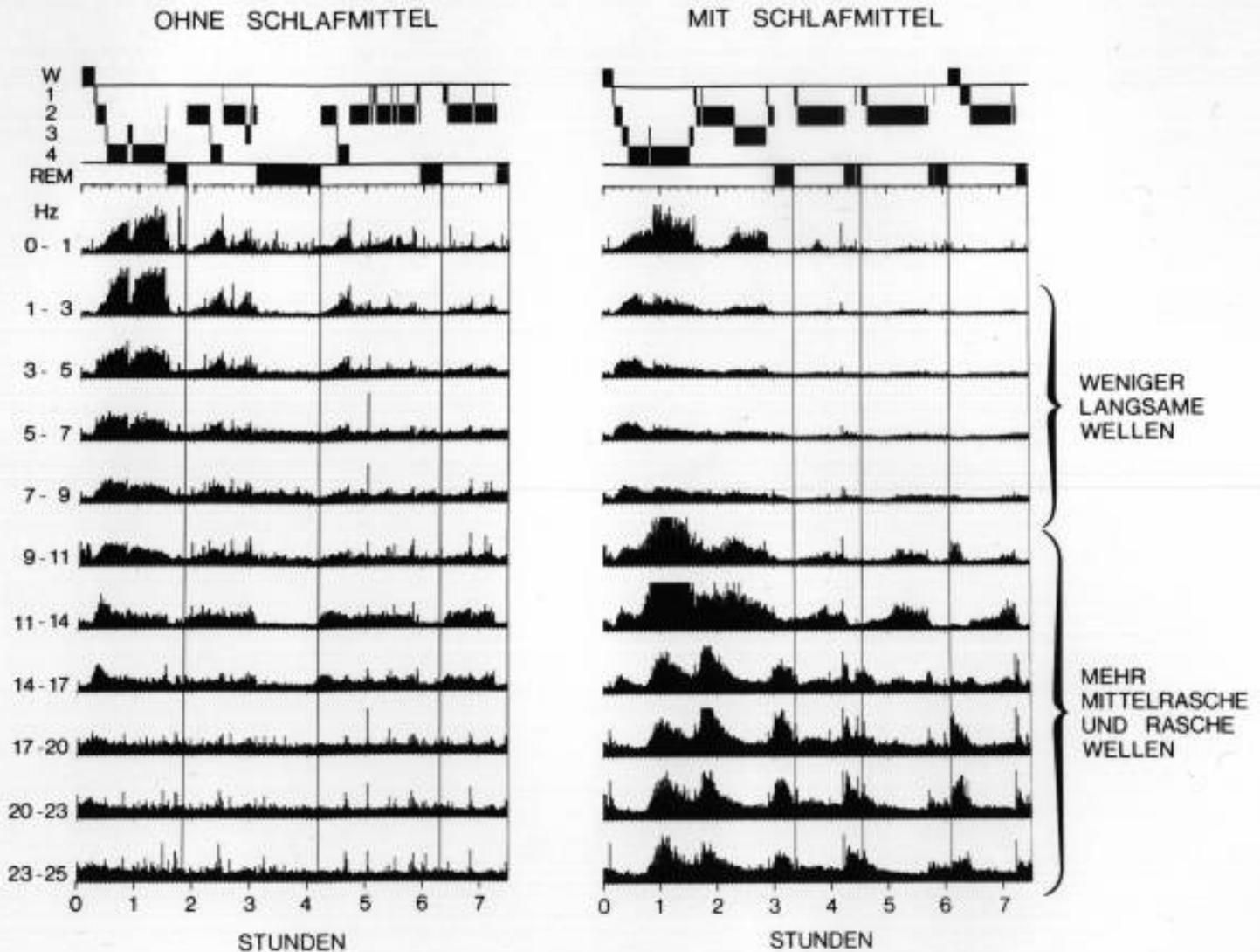


Abb. 5.3:
Bewegungen im Schlaf.
Schlafmittel vermindern die Bewegungen nachts. Bei einem guten Schläfer wurde während der ganzen Nacht die Anzahl Bewegungen gemessen und für Perioden von jeweils 7,5 Minuten aufgezeichnet. Diese entstehen durch normale Körperbewegungen und Lageänderungen im Schlaf. Sie sind auf der Abbildung stark vergrößert dargestellt. Nach Einnahme eines Schlafmittels (untere Aufzeichnung) kommt es

besonders in den ersten Stunden des Schlafs zu einer deutlichen Hemmung der Körperbewegungen. Die Messung der Bewegungsaktivität ist eine empfindliche Methode, um Schlafmittelwirkungen nachzuweisen.

SCHLAFSTADIEN UND EEG - SPEKTREN



Schlafstadien und EEG-Spektren. Schlafmittel verändern die Hirnstromkurven im Schlaf. Wie auf der Abbildung 2.6 sind das Schlafprofil (oben) und die EEG-Spektren (unten) für zwei Nächte derselben Versuchsperson dargestellt. Die linke Darstellung zeigt eine gewöhnliche Nacht, die rechte eine Nacht nach Einnahme eines Schlafmittels. Das Schlafmittel unterdrückt die langsamen Wellen im EEG und erhöht den Anteil an mittleren und raschen Wellen. Abnorme rasche Wellen treten besonders während der REM-Schlafepisoden auf. Die Spektralanalyse läßt Veränderungen erkennen, die im Schlafprofil nicht sichtbar sind.



Abb. 5.5: Schaufenster eines amerikanischen Drug Stores. "Wir führen L-Tryptophan!" L-Tryptophan wird als natürliches Schlafmittel angepriesen, obwohl seine Wirkung noch sehr zweifelhaft ist. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. A. Wirz-Justice.)

SCHLAFPROFIL NACH ALKOHOLGENUSS

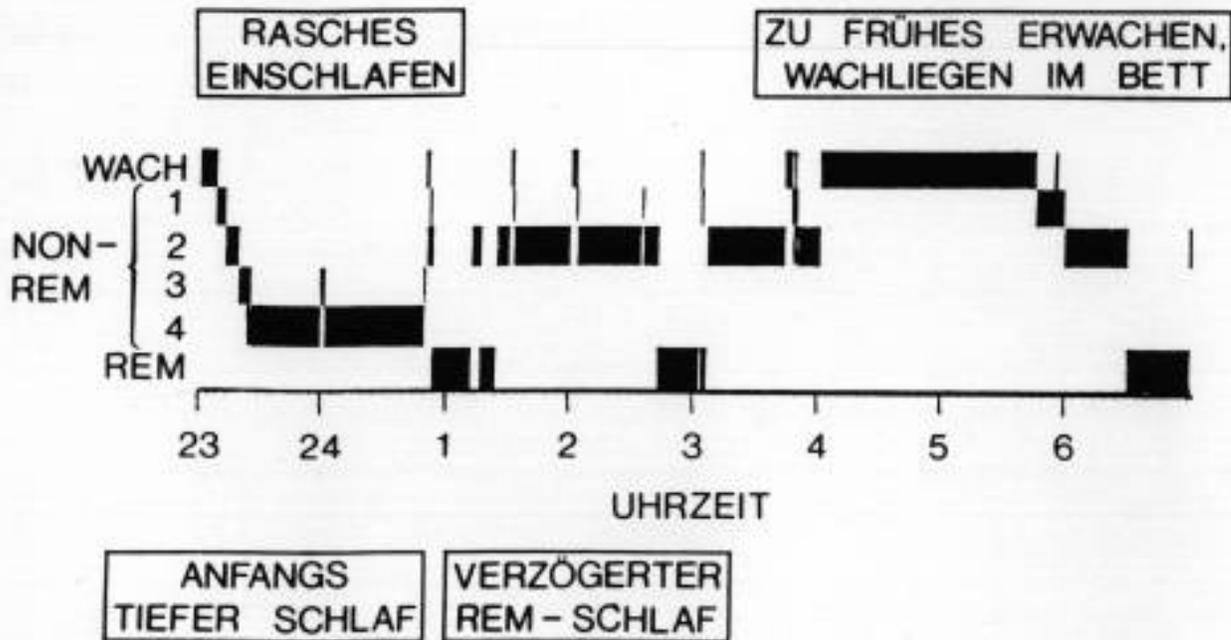


Abb. 5.6:
Schlafprofil
nach
Alkoholgenuß.
Alkohol ist ein
schlechtes
Schlafmittel.
Schlafprofil
nach einem
halben Liter
Rotwein. Der
Schlaf tritt
rasch ein, hält
jedoch nicht
die ganze
Nacht über an.
Zwischen 4
und 6 Uhr liegt
die
Versuchsperson

fast zwei Stunden schlaflos im Bett. Der REM-Schlaf- Eintritt ist verzögert. Unerwünschte Nachwirkungen (Katersymptome) am nächsten Tag sind häufig.

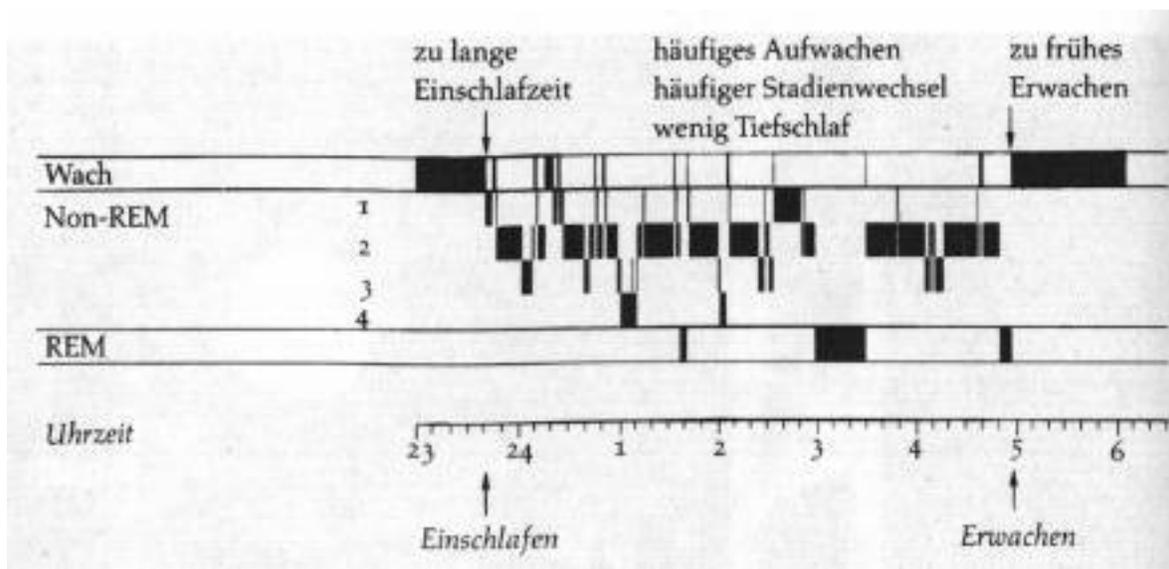


Abb. 6.2: Schlafstörung. Einschlaf- und Durchschlafstörung. Schlafprofil eines Patienten, der nach dem Zubettgehen während 40 Minuten nicht einschlafen kann, nachts mehrmals erwacht und um 5 Uhr nicht mehr weiterschlafen kann. Außerdem ist der Tiefschlafanteil (Stadium 3 und 4) gering und der

Wechsel zwischen den Schlafstadien auffallend häufig.



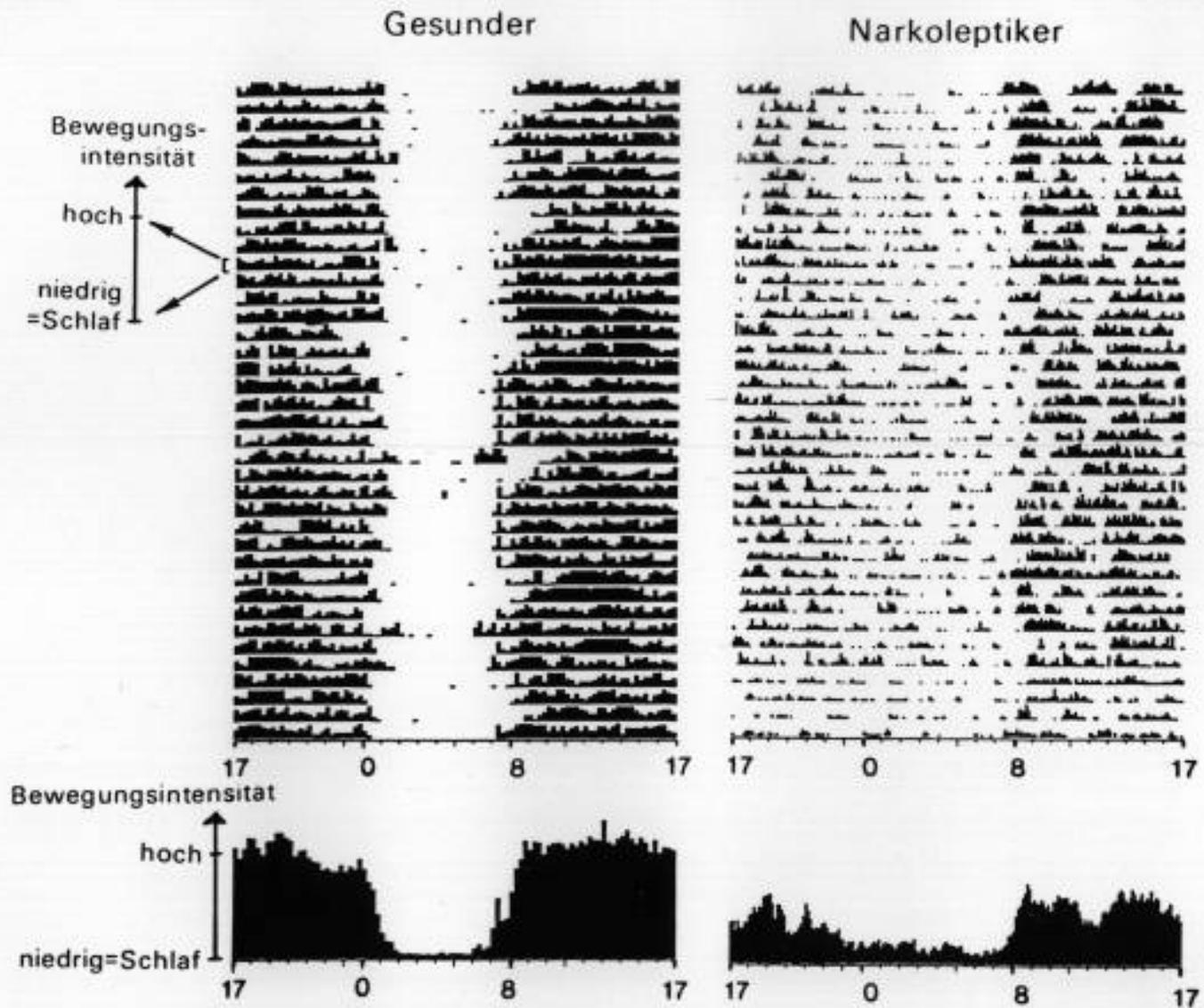
Abb. 6.1: Schlaflosigkeit. »O Lune!... Inspire-moi ce soir quelque petite pensée...« (Honoré Daumier, 1844)



Abb. 6.3: Zuweilen haben
Schlafstörungen äussere Ursachen.
»Brigand de propriétaire«.
(Honoré Daumier, 1847)

Abb. 6.4: »Der Schlafwandler«
(Honoré Daumier)





Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus eines Narkoleptikers und eines Gesunden. Narkoleptiker leiden unter unwiderstehlichen Schlafanfällen tagsüber und unter Schlafstörungen nachts. Der Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus eines Narkoleptikers und eines Gesunden wurde länger als einen Monat ununterbrochen aufgezeichnet. Jede waagrechte Linie entspricht einem Tag (von Uhr bis anderntags 17 Uhr), die Aufzeichnung beginnt oben. Die Wachaktivität des Narkoleptikers ist immer wieder durch kürzere Schlafperioden unterbrochen. Die Nächte zeigen außerordentlich viel Bewegungsaktivität als Ausdruck der massiven Schlafstörung. Im Gegensatz zum Gesunden unterscheidet sich die Bewegungsaktivität des Narkoleptikers tagsüber und nachts nur wenig. Dies kommt auch in den zuunterst dargestellten, über die ganze Registrierdauer gemittelten Kurven zum Ausdruck. (Aus einer Untersuchung in Zusammenarbeit mit Dr. A. Wettstein.)

Theater-Skandal Schnarcher auf dem Balkon ruinierte Schauspiel-Premiere

Abb. 6.6: Schnarchen. Schnarchen kann zum »sozialen« Problem werden (Schlagzeile in der Tageszeitung Blick, 5. November 1983.)



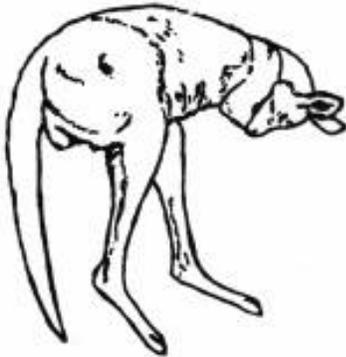
KATZE



FUCHS



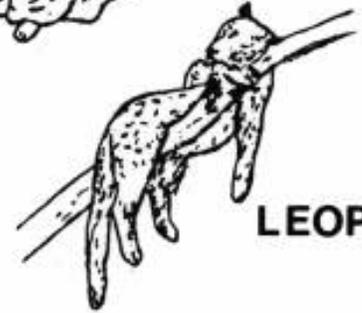
KANINCHEN



KAENGURUH



HYAENE



LEOPARD



LOEWE



PFERD

7.1: Schlafstellung von Tieren. (Mit freundlicher Genehmigung von L. Hassenberg.)

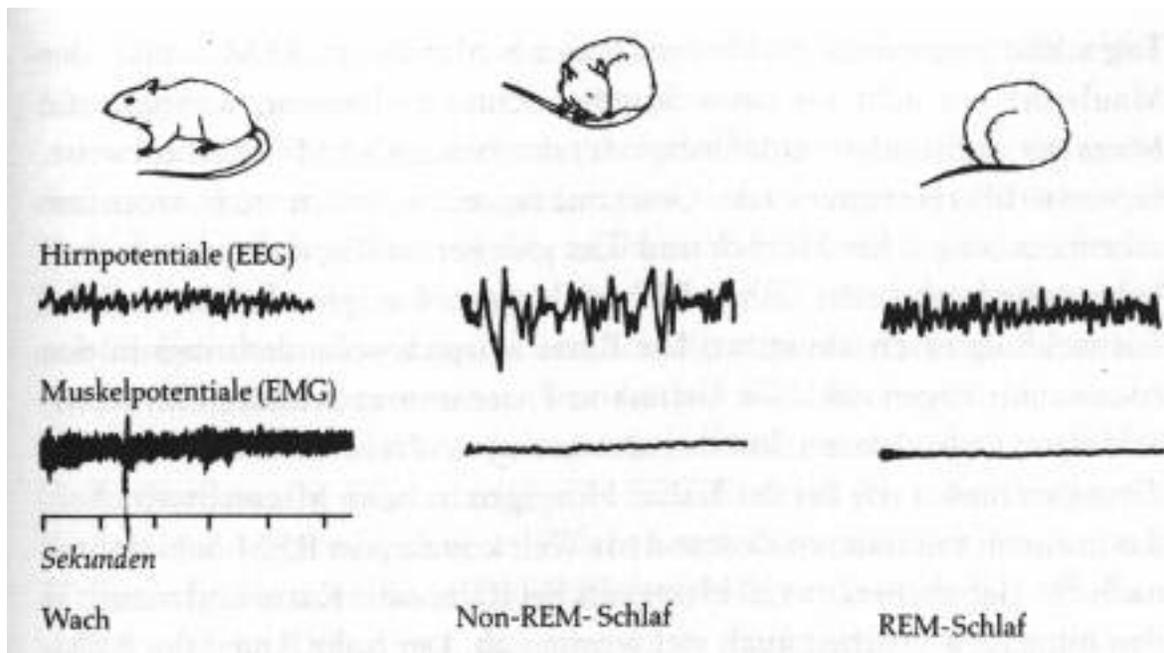


Abb. 7.2: Schlafstadien bei Säugetieren. Bei allen Säugetieren sind die Schlafstadien aus den Hirn- und Muskelstromkurven erkennbar. Das EEG der Ratte weist im Wachzustand und im REM-Schlaf niedrige und rasche Wellen, im Non-REM-Schlaf hohe und langsame Wellen auf. Die in der Nackenmuskulatur gemessene

Muskelspannung (EMG) ist im Schlaf stark herabgesetzt. Im REM-Schlaf treten zudem rasche Augenbewegungen auf.

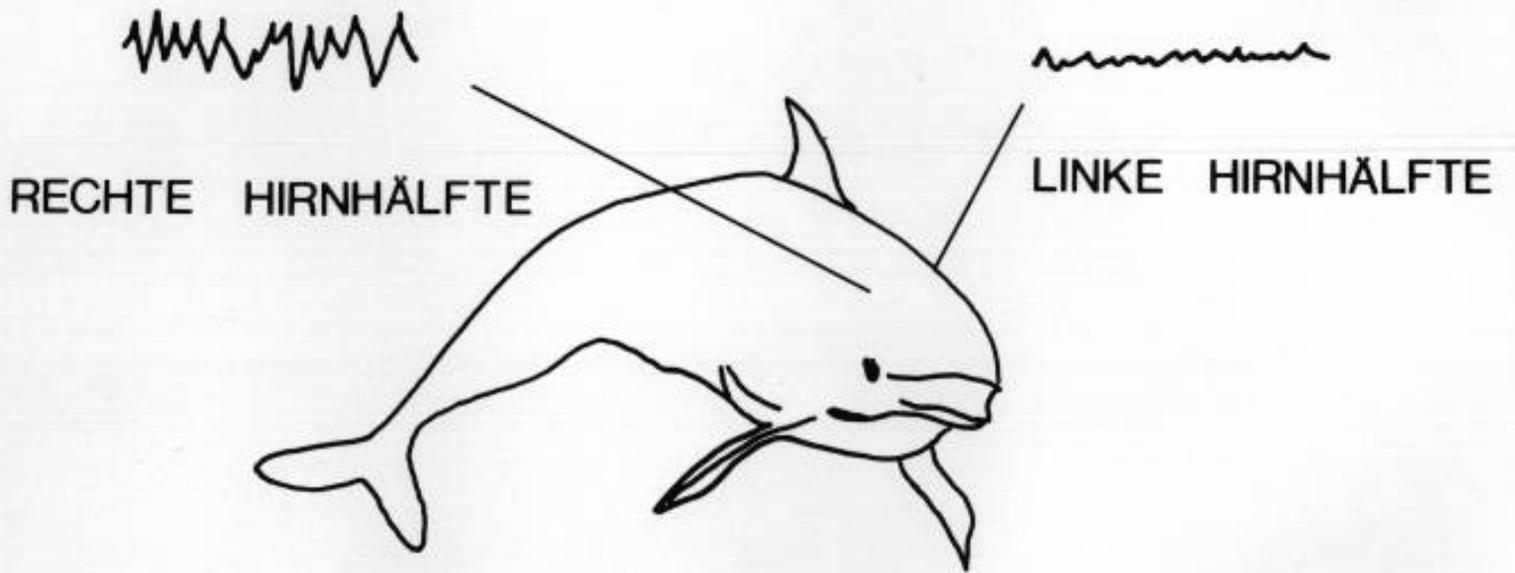


Abb. 7.3: Der Schlaf des Delphins. Der Delphin schläft abwechselnd mit der rechten und linken Hirnhälfte.

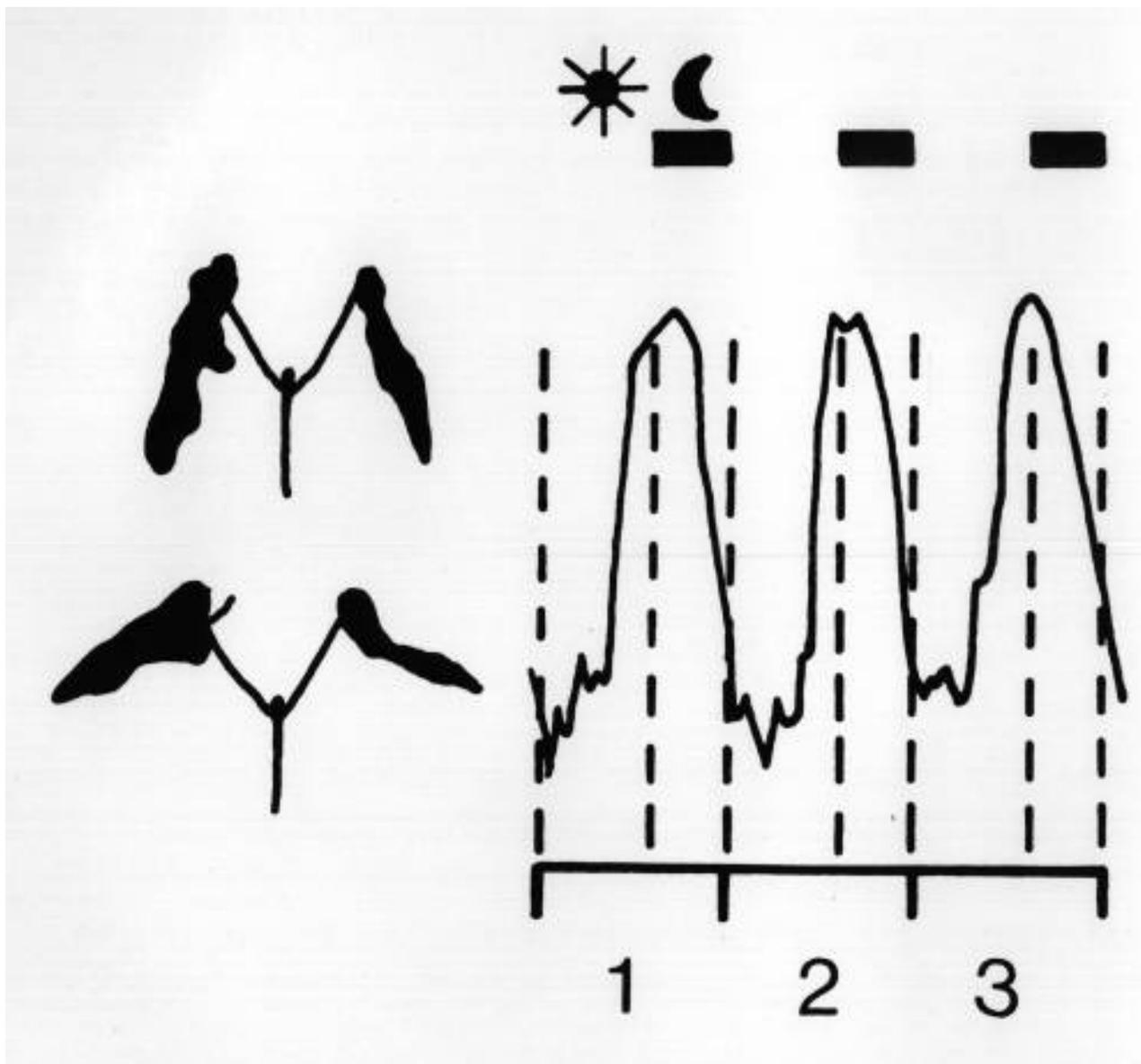


Abb. 7.7:
Tagesrhythmus
von Pflanzen
(Bohne). Auch
Pflanzen weisen
Tagesrhythmen
auf.
Blattbewegungen
einer Bohne
während 3
Tagen. Hohe
Werte der Kurve:
herabhängende
Blätter; tiefe
Werte:
ausgebreitete
Blätter.
Schwarze Balken
über der Kurve
geben die
Dunkelperiode
an. (Nach
Bünning, 1973,
Fig. 4, 5.)

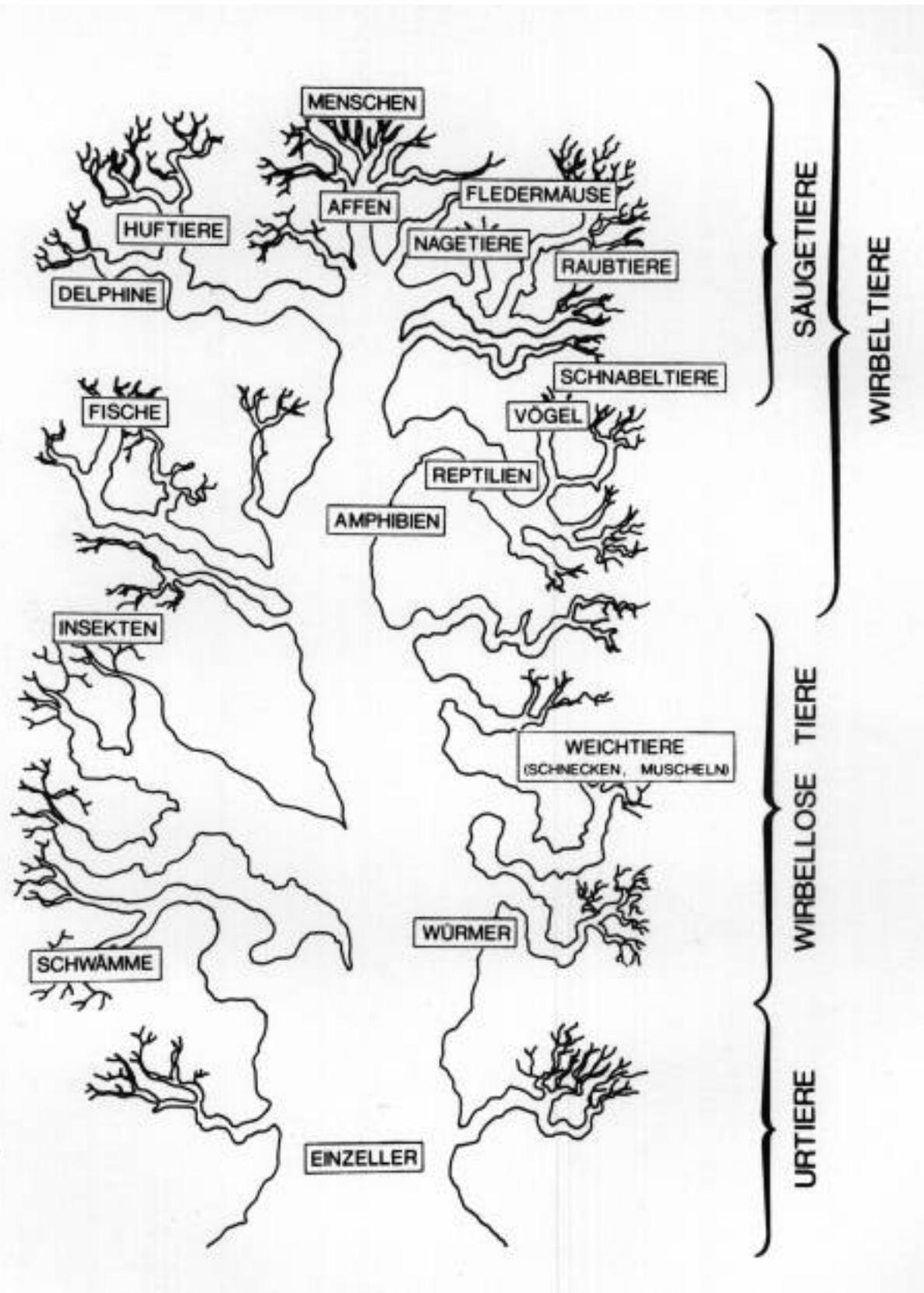


Abb. 7.4:
Entwicklungsgeschichte
der Lebewesen als
Stammbaum
dargestellt.

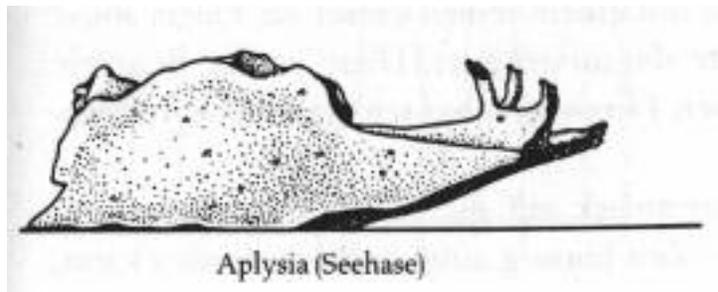


Abb. 7.5: Seehase. Auch der zu den Weichtieren gehörende Seehase zeigt ein Schlafverhalten.

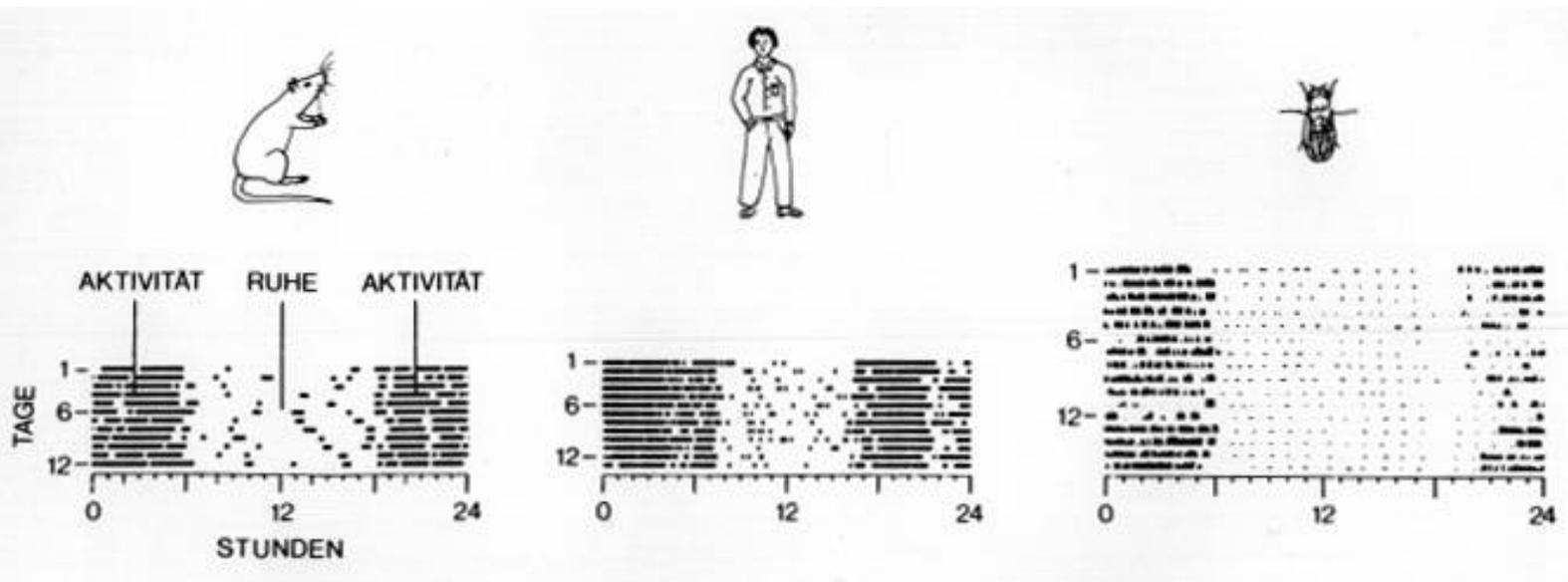
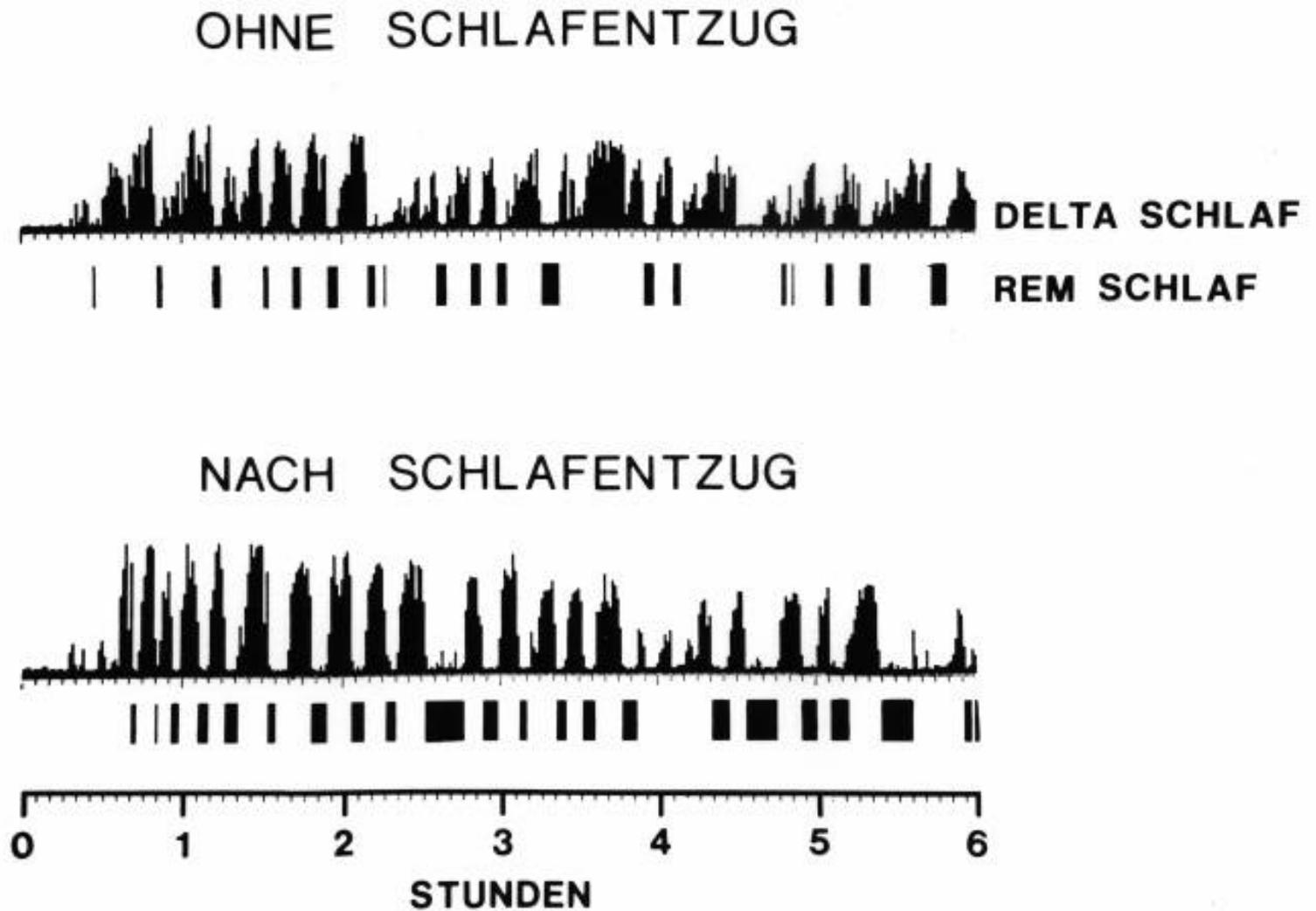
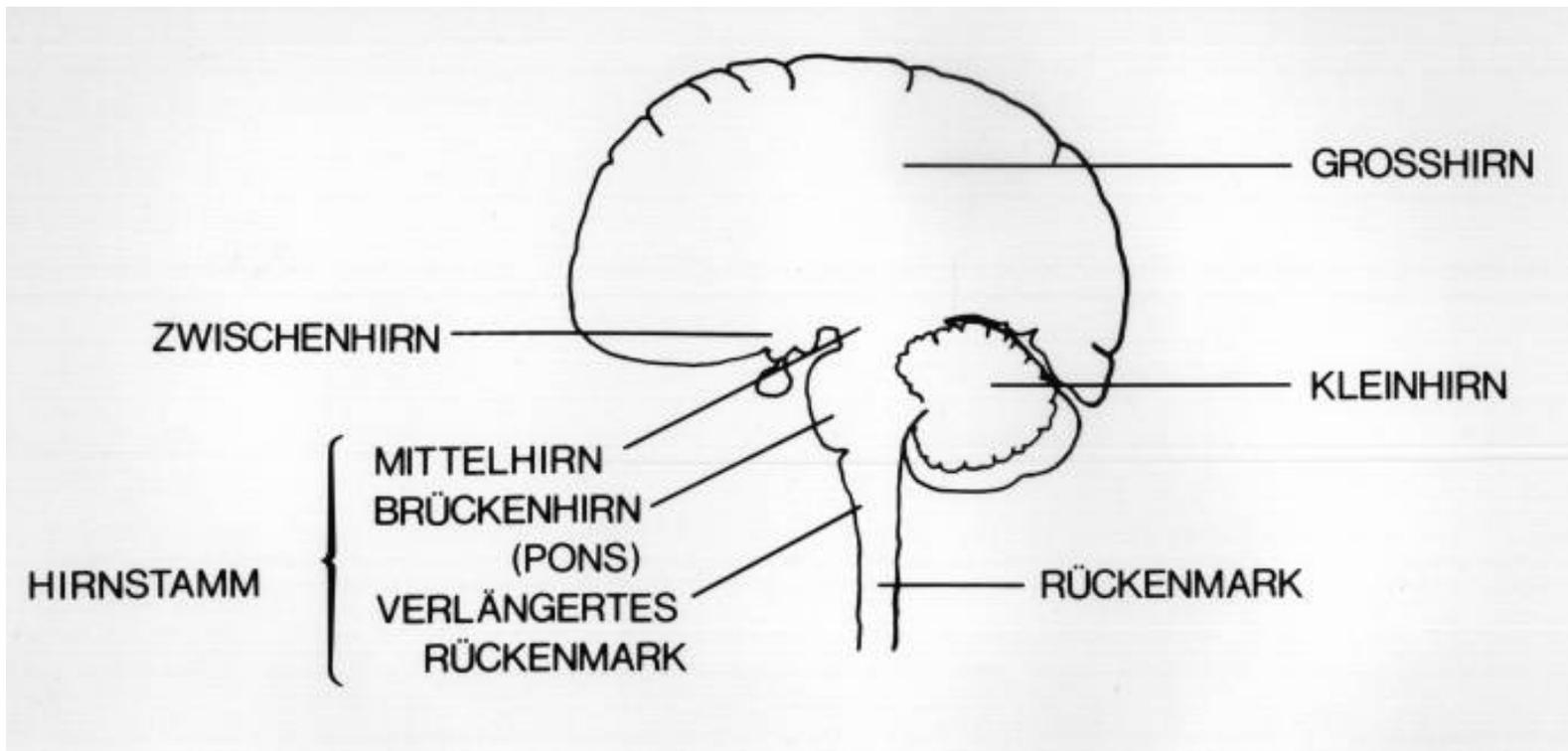


Abb. 7.6: Ruhe-Aktivitäts-Rhythmen von Ratte, Mensch und Fliege. Die Ruhe-Aktivitäts-Rhythmen sind ähnlich. Aktivitätsperioden sind durch waagrechte Striche, Ruheperioden durch weiße Zwischenräume dargestellt. Die Ratte ist nachts aktiv, Mensch und Fliege sind tagsüber aktiv. (Aufzeichnung der Fliege nach einer Arbeit von Aschoff und Saint Paul, 1978.)



7.8: Schlafentzug bei einer Ratte. Schlafentzug bei der Ratte begünstigt den Non-REM-Schlaf mit langsamen EEG-Wellen (= Deltaschlaf) und erhöht Häufigkeit und Dauer der REM-Schlafepisodes. Die Abbildung zeigt Spektralkurven der langsamen EEG-Wellen (1-4 Hz = Deltawellen) vor und nach Schlafentzug (Dauer: 24 Stunden). Darunter sind jeweils die REM-Schlafepisodes als Rechtecke dargestellt, die in den »Tälern« der Spektralkurven liegen.



8.1: Die wichtigsten Hirnregionen. Längsschnitt durch das Gehirn des Menschen.

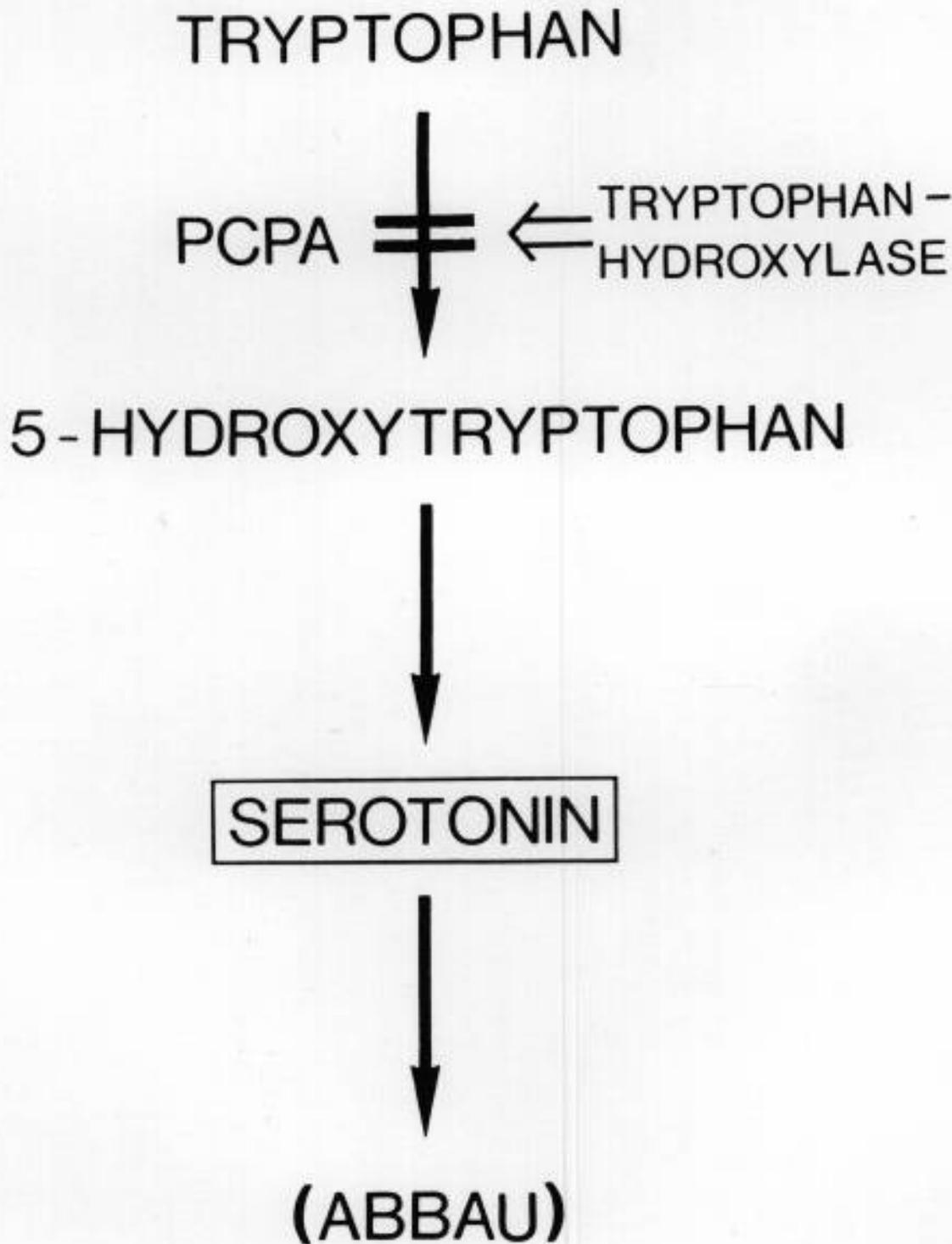
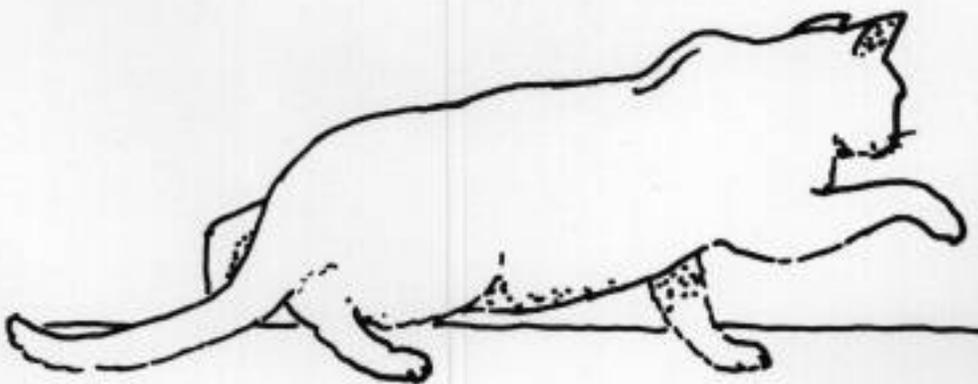
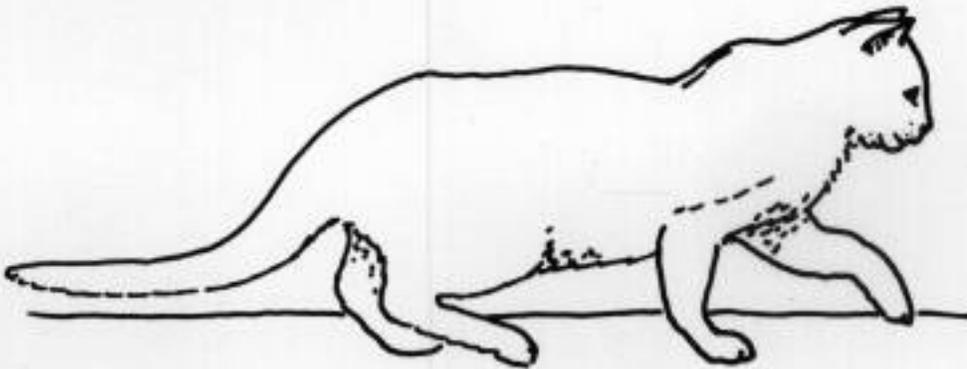
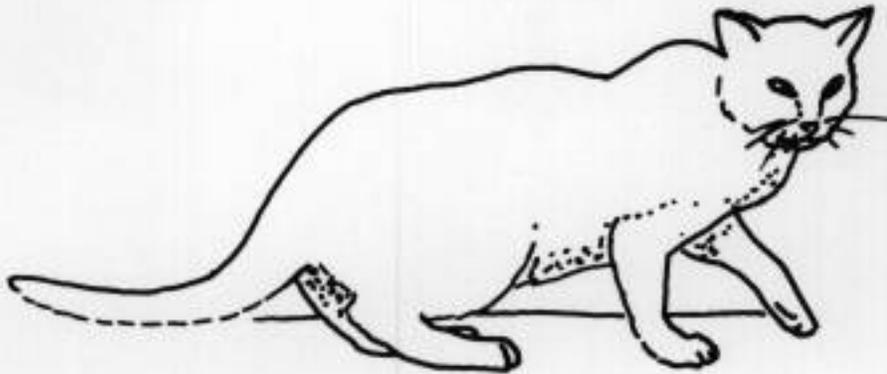


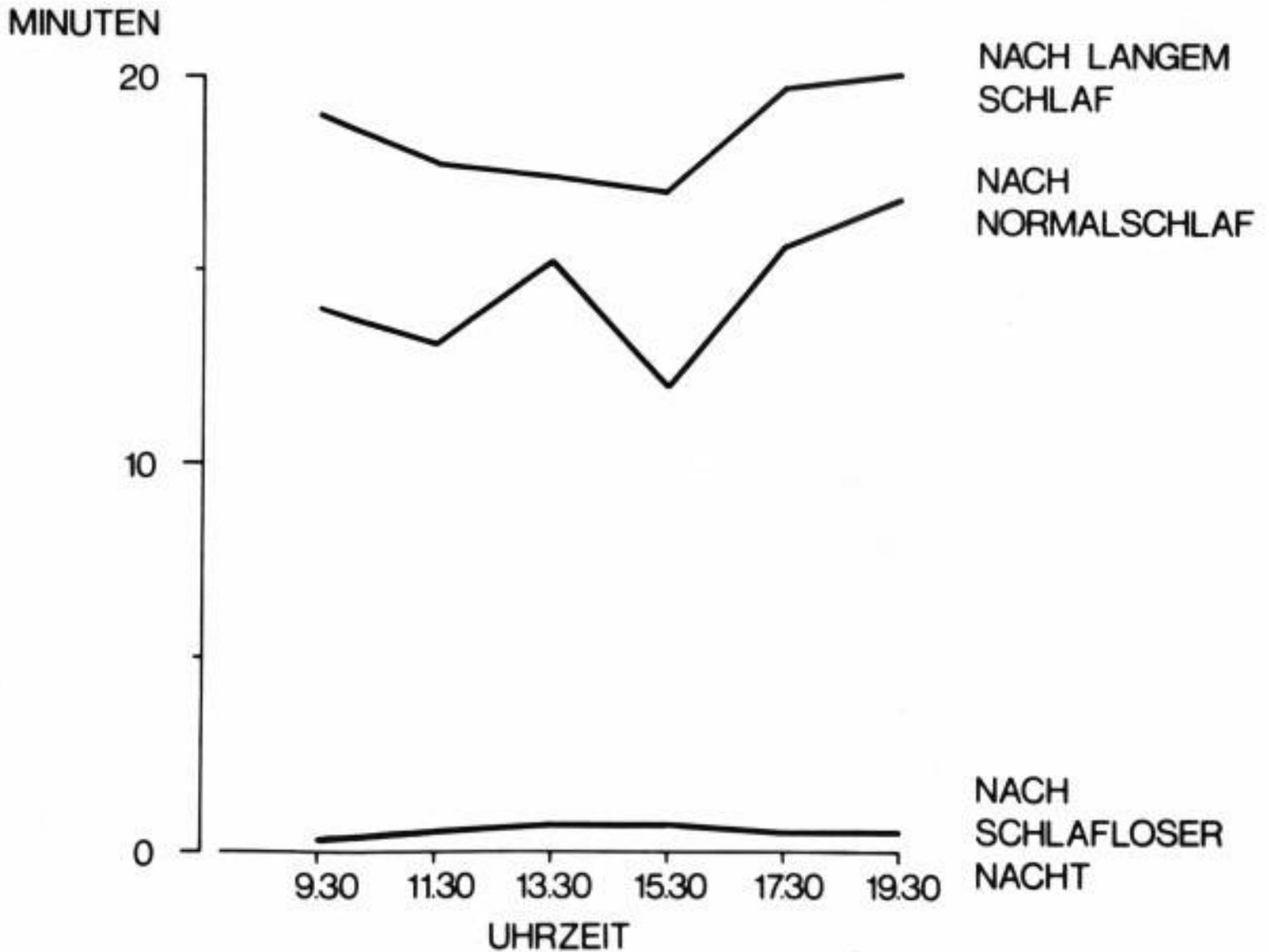
Abb. 8.2: Blockierung des Enzyms Tryptophanhydroxylase durch PCPA. Der Neurotransmitter Serotonin wird aus der in der Nahrung vorkommenden Aminosäure Tryptophan gebildet. Zur Umwandlung von Tryptophan in die Serotonin-Vorstufe 5-Hydroxytryptophan ist das Enzym Tryptophanhydroxylase nötig. Wird dieses Enzym durch den Hemmstoff Parachlorophenylalanin (PCPA) blockiert, kann Serotonin nicht mehr gebildet werden.



Abb. 8.3: Eine Katze »lebt ihren REM-Schlaf aus«. Nach Ausschaltung bestimmter Nervenzellen im Hirnstamm fällt die Hemmung der Muskelaktivität im REM-Schlaf weg. Die schlafende Katze hebt den Kopf, steht auf, bewegt sich und scheint nicht existierende Objekte anzugreifen. (Nach einer Filmsequenz von Morrison, 1983.)

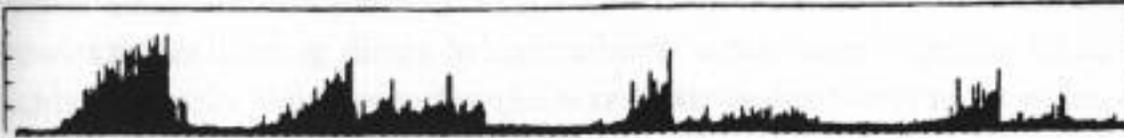


DAUER BIS ZUM EINSCHLAFEN

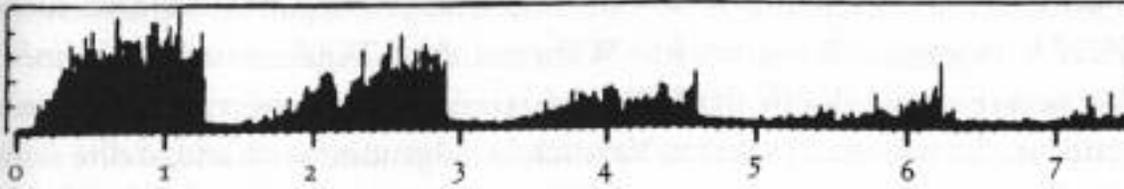


10.1 : Dauer bis zum Einschlafen. Wiederholte Einschlafversuche tagsüber nach langem Schlaf, Normalschlaf und schlafloser Nacht. Die Versuchsperson legt sich zwischen 9.30 und 19.30 Uhr alle 2 Stunden nieder und versucht einzuschlafen. Schläft sie ein, wird sie sofort geweckt. Die Einschlafzeit wird als Meßgröße für die Schlafbereitschaft bestimmt. Nach einem langen Schlaf in der vorangegangenen Nacht ist die Einschlafzeit verlängert, nach einer schlaflosen Nacht stark verkürzt. Nicht die Meßpunkte sondern die dargestellten Punkte sind Mittelwerte. (Aus einer Untersuchung von Carskadon und Dement, 1981.)

Mensch vor dem Schlafentzug



nach dem Schlafentzug



Ratte vor dem Schlafentzug



nach dem Schlafentzug

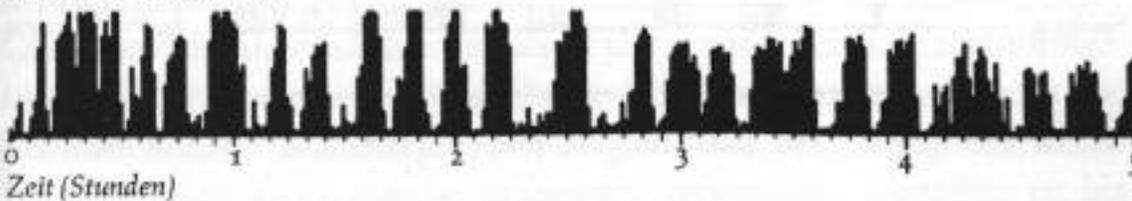


Abb. 10.2: Schlafentzug erhöht den Anteil an langsamen Wellen im EEG bei Mensch und Tier. Die Abbildung zeigt Spektralkurven der langsamen Wellen (1-4 Hz) im Schlaf-EEG. Mensch: Nach 40,5 Stunden Wachzeit (vgl. Abb. 2.6); Ratte: Nach 24 Stunden Wachzeit (vgl. Abb. 7.8).

WECKUNGEN ZUM REM-SCHLAF ENTZUG WÄHREND 3 NÄCHTEN



Abb. 10.3: Weckungen zum REM-Schlaf-Entzug während drei Nächten. Der »REM-Schlafdruck« nimmt während des REM-Schlaf-Entzuges zu. Eine Versuchsperson wurde während 3 Nächten bei jedem Beginn einer REM-Schlaf-Episode geweckt und auf diese Weise am REM-Schlaf gehindert. Die Striche geben die Weckungen an. Ihre Anzahl nimmt von Nacht zu Nacht zu. (Aus einem gemeinsam mit T. Niggli durchgeführten Versuch.)

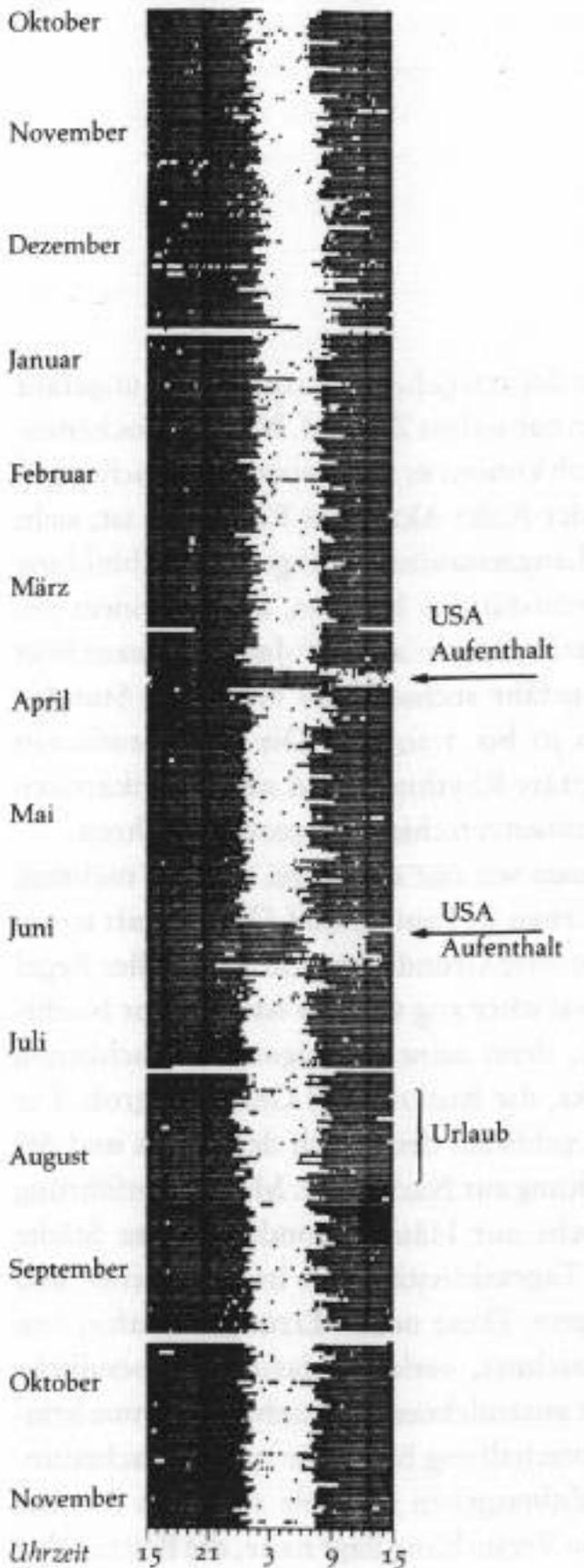
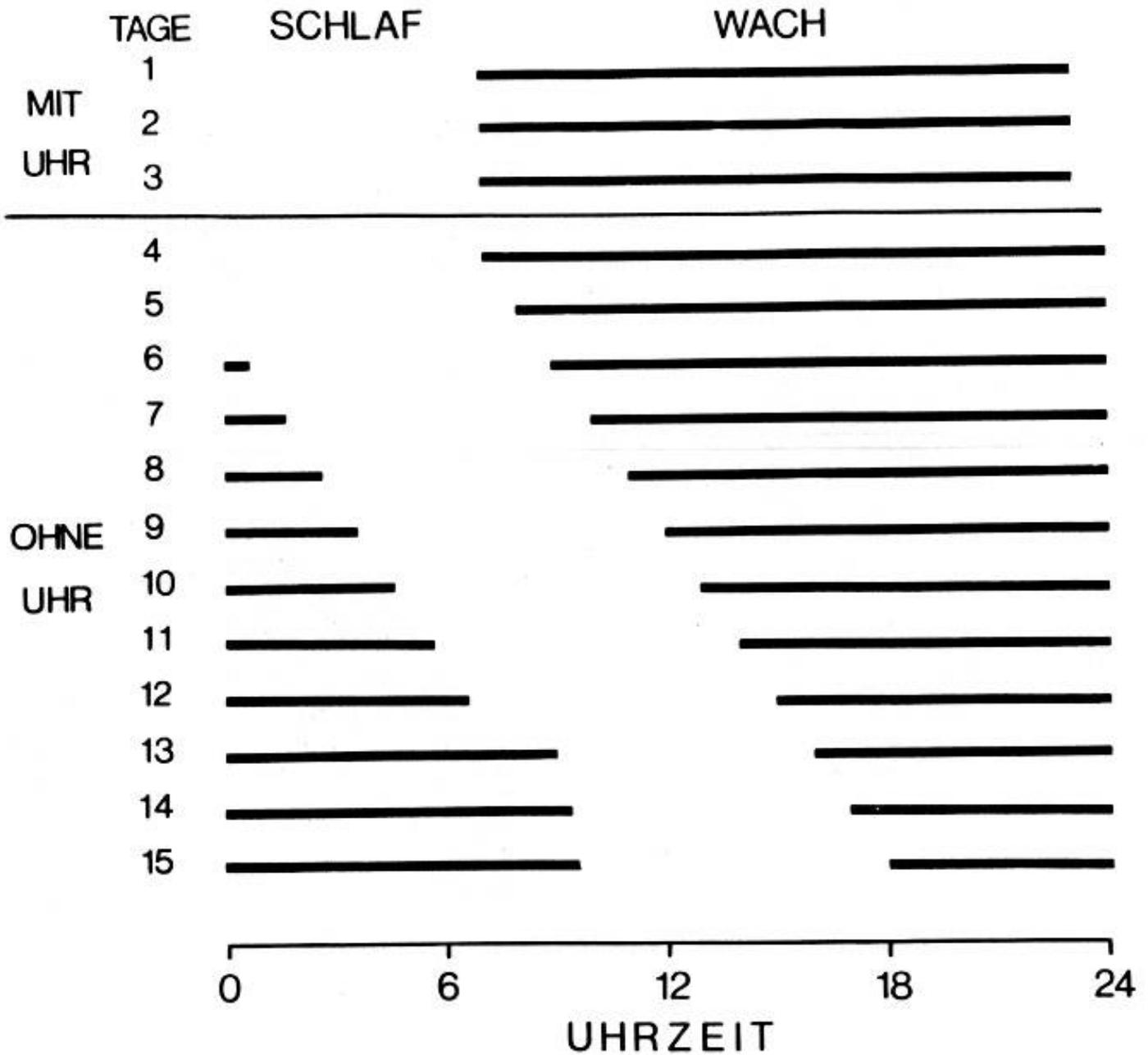


Abb. 11.1 Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus einer Versuchsperson, die länger als ein Jahr kontinuierlich registriert wurde. Jede waagrechte Linie entspricht einem Tag (von 15 Uhr bis anderntags 15 Uhr). Striche entsprechen Aktivitätsperioden, weiße Zwischenräume Ruheperioden. Die Zeit des Zubettgehens und Aufstehens variiert nur wenig. Zwei USA-Reisen verursachen wegen der Zeitzoneänderung deutliche Rhythmusverschiebungen. Im Sommerurlaub ist die Schlafzeit etwas verlängert. Das spätere Aufstehen an den Wochenenden ist aus den periodischen, weißen Einschnitten am Morgen ersichtlich. Längere Ausfälle der Tagesaktivität sind auf Defekte am Registriergerät zurückzuführen.



11.2: Die »innere Uhr« steuert den Schlaf-Wach-Rhythmus. Schematische Darstellung eines Isolationsversuches im Bunker. Während der ersten 3 Tage mit Uhr schläft die Versuchsperson von 23 Uhr bis 7 Uhr. Während der folgenden 12 Tage ohne Uhr verschiebt sich die Zeit des Zubettgehens jeden Tag um eine Stunde. Die »innere Uhr« des Menschen läuft mit einer Periodik von etwa 25 Stunden.

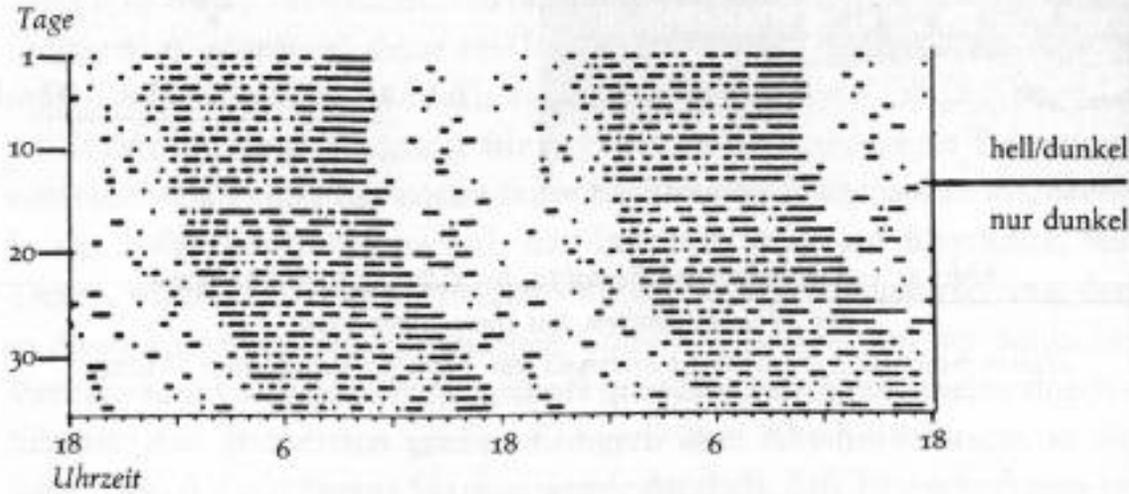


Abb. 11.4: Die »innere Uhr« bestimmt den Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus einer Ratte, die unter Dauerdunkelbedingungen lebt. Waagrechte Striche entsprechen Aktivitätsperioden, weiße Zwischenräume Ruheperioden. Zur Verdeutlichung der Rhythmusverschiebung sind auf einer Linie 2 Tage nebeneinander dargestellt (d. h. zuoberst Tag 1 und 2, darunter Tag 2 und 3,

usw.). In den ersten 2 Wochen lebt das Tier unter den gewohnten »12 Stunden hell -12 Stunden dunkel«-Bedingungen. Aktivitätsperioden sind weitgehend auf die Dunkelzeit (23 bis 11 Uhr) beschränkt. In den folgenden 3 Wochen herrscht Dauerdunkel. Der Ruhe-Aktivitäts-Rhythmus bleibt erhalten, doch das Ende der Aktivitätsperiode verzögert sich jeden Tag um etwa 25 Minuten. Der von der »inneren Uhr« gesteuerte circadiane Rhythmus ist somit länger als der 24-Stunden-Rhythmus.

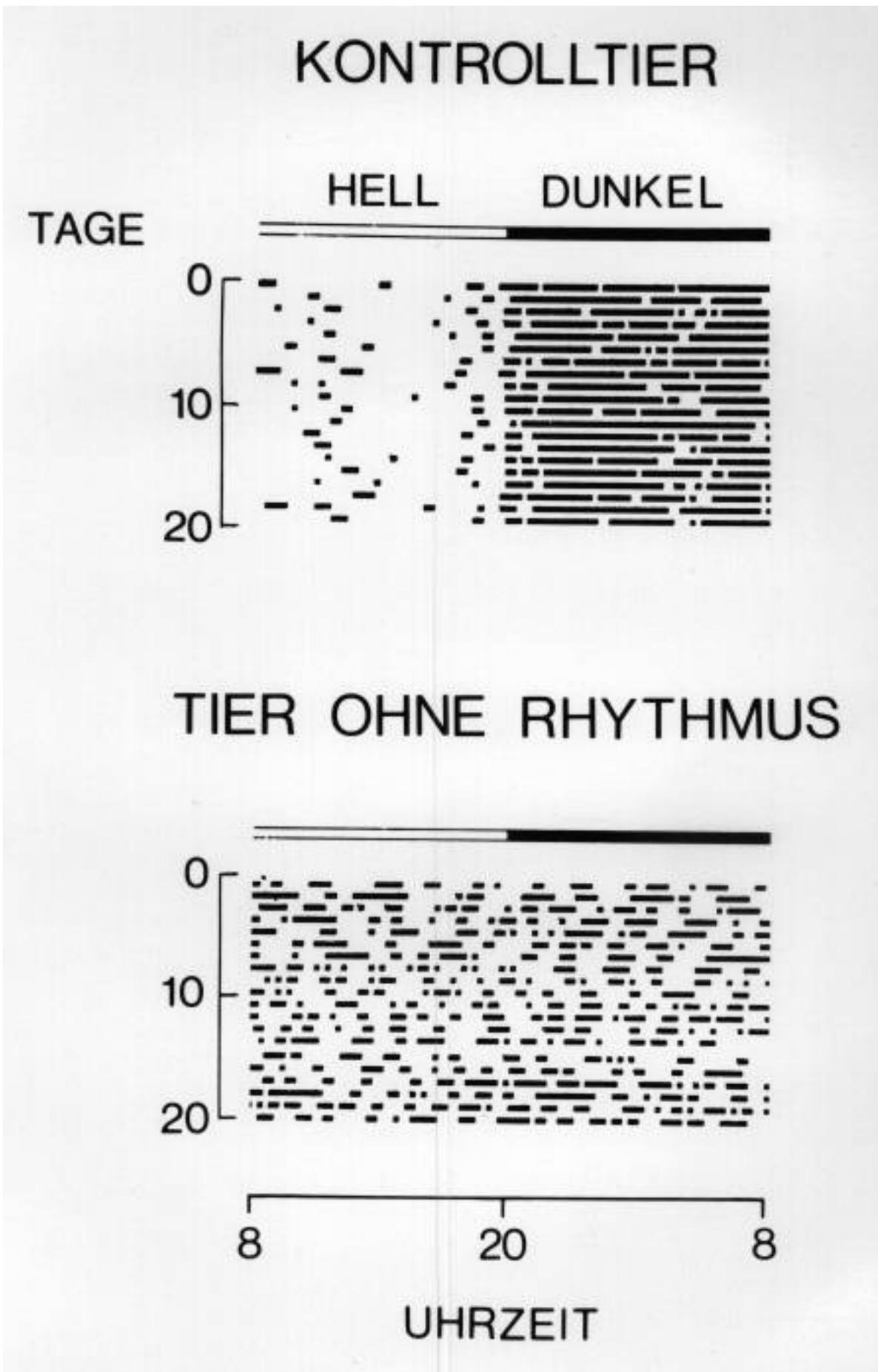
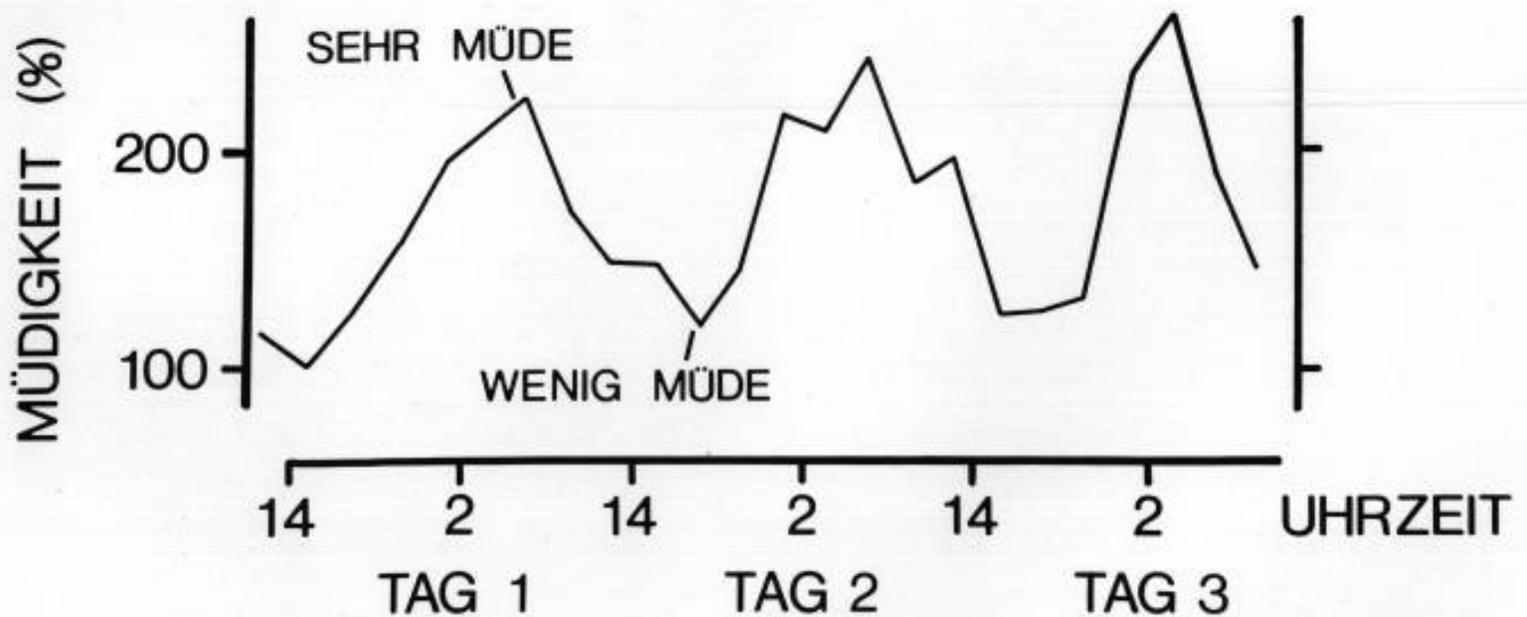


Abb. 11.5: Der Tagesrhythmus verschwindet, wenn bestimmte Nervenzellgruppen im Zwischenhirn ausgeschaltet werden. Links: Normaler Tagesrhythmus einer Ratte. Das Tier ist vor allem während der Dunkelzeit aktiv. Rechts: Nach Ausschaltung der suprachiasmatischen Nervenzellkerne im Zwischenhirn geht der Tagesrhythmus vollständig verloren. Aktivität und Ruhe sind nun regellos über den ganzen Tag verteilt.



Abb. 11.3: Titelblatt der Berichte der Königlichen Akademie der Wissenschaften aus dem Jahre 1729. Hierin beschrieb De Mairan erstmals die Tagesperiodik einer Pflanze.

SCHLAFENTZUG WÄHREND 72 STUNDEN



12.1: Tagesrhythmus der Müdigkeit bei 72 Stunden Schlafentzug. Versuchspersonen verbrachten 72 Stunden ohne Schlaf und stufen alle 3 Stunden ihre Müdigkeit auf einer Skala ein, wobei ihre normale Müdigkeit (=100%) als Bezugswert diente. Das Müdigkeitsgefühl war jeweils in den frühen Morgenstunden am größten, in den Nachmittagsstunden am geringsten. Die Kurve beruht auf Mittelwerten von 15 Versuchspersonen. (Nach einer Arbeit von Åkerstedt und Fröberg, 1977.)

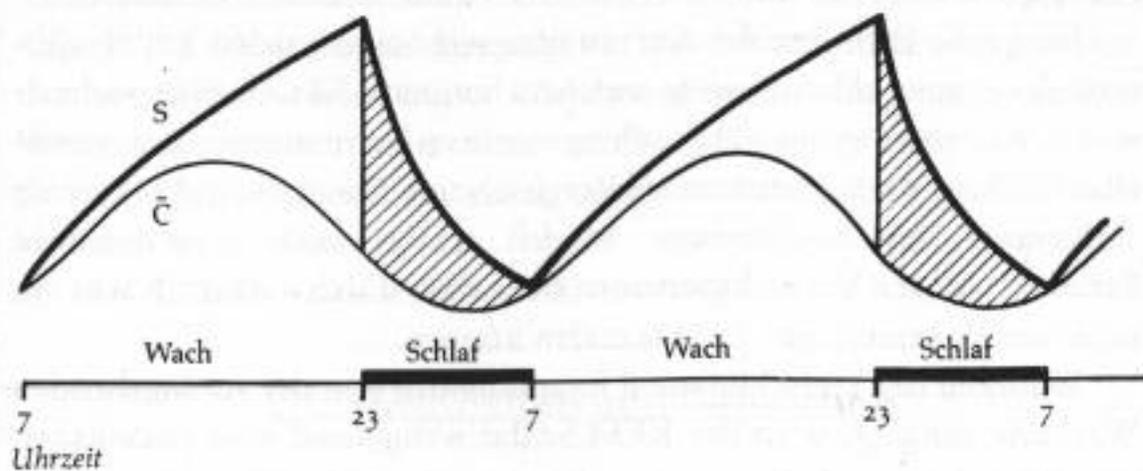
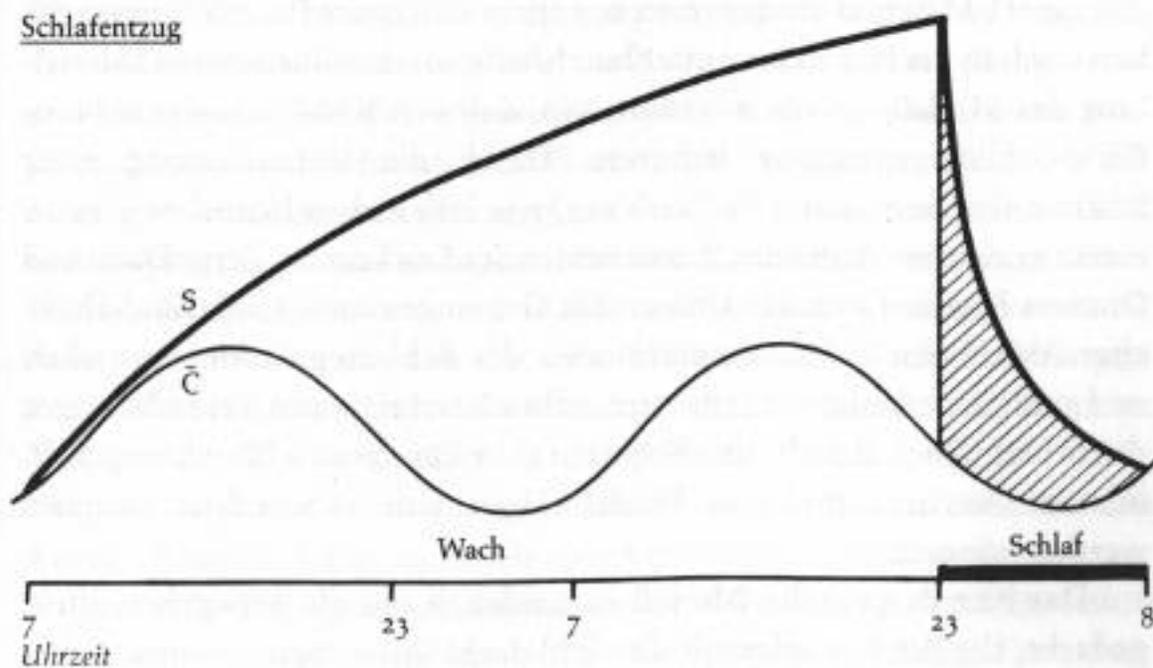
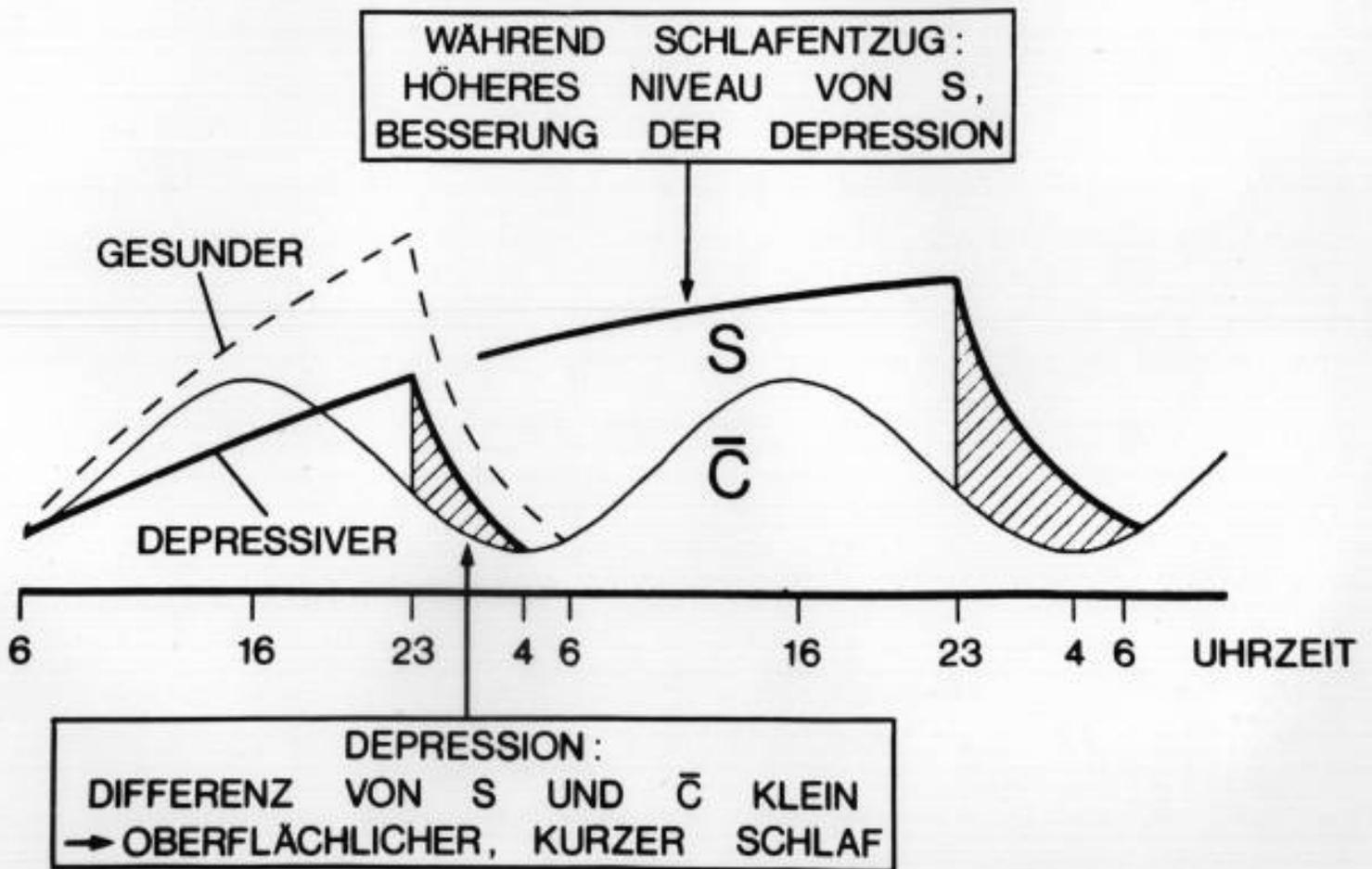
Schlaf-Wach-ZyklusSchlafentzug

Abb. 12.2: Ein Modell der Schlafsteuerung. Es wird angenommen, daß der Schlaf durch das Zusammenwirken von Prozeß S und Prozeß C zustande kommt. Das vom Schlaf-Wach-Verhalten abhängige S steigt im Wachen an und sinkt im Schlaf ab. Prozeß C ist ein durch die innere Uhr gesteuerter, tagesperiodischer (circadianer) Vorgang, der unabhängig von Schlafen und Wachen abläuft. Die negative Funktion von C, durch die Kurve © dargestellt, kann als die tagesperiodisch variierende Aufwachschwelle betrachtet werden, wobei der »Schlafdruck« dem Abstand zwischen den Kurven S und © entspricht. Während des

Schlafentzuges steigt S weiter an. Der anschließende Erholungsschlaf ist intensiver, aber nicht viel länger als der gewöhnliche Schlaf. Etwas vereinfachend kann Prozeß S mit einer Sanduhr verglichen werden, die beim Einschlafen und Aufwachen jeweils umgedreht wird, während die vom Schlaf-Wach-Vorgang unabhängigen Schwingungen von Prozeß C den Zeigerumdrehungen einer Uhr entsprechen.

SCHLAF, SCHLAFENTZUG UND DEPRESSION EINE HYPOTHESE



12.3: Schlaf, Schlafentzug und Depression. Ein Erklärungsversuch für den gestörten Schlaf bei der Depression und für die antidepressive Wirkung von Schlafentzug. Die Darstellung geht vom Modell der Schlafsteuerung aus (Abb. 12.2). Es wird angenommen, daß bei Depressiven Prozeß S weniger ansteigt als bei Gesunden. Die typischen Schlafstörungen bei der Depression können als Folge des kleineren Abstandes zwischen den Kurven S und \bar{C} erklärt werden. Während des Schlafentzugs normalisiert sich der Abstand, was - gemäß der Hypothese - zur Folge hat, daß sich die Depression bessert. Die Wirkung ist allerdings nur von kurzer Dauer, da schon nach der folgenden Schlafperiode der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt ist.