

Teil 1 – Einführung in das Programm

1 Grundlagen: »Gesunder« Schlaf

1.1 Begriffserklärung: Schlaf

Das Wort »Schlaf« entstammt dem Altgermanischen und ist in seiner ursprünglichen Herkunft mit »schlapp werden« zu übersetzen (Borbély, 1987, S. 6–7). In der Literatur wird Schlaf als periodisch wiederkehrender, komplexer, hoch organisierter Zustand definiert, der durch unverkennbare Eigenschaften wie eine relative motorische Ruhe, eine verminderte sensorische Reagibilität und Bewusstseinslage gekennzeichnet ist (Fröhlich, 2002; Roehrs, 2000). Vordergründig wird Schlaf als ein der Erholung dienlicher Ruhezustand angesehen, in dem unser Tagesbewusstsein herabgesetzt wird, jedoch jederzeit wieder durch bedeutungsvolle Reize aktiviert werden kann und für unser Leben grundlegend ist (Dorsch, Häcker & Becker-Carus, 2004; Fröhlich, 2002; Roehrs, 2000).

Seit jeher beschäftigt man sich in den verschiedensten Disziplinen mit der Phänomenologie des Schlafs. In der griechischen Mythologie wurde er als Bruder des Todes verstanden, im klassischen Drama »Romeo und Julia« als unglücklicher Scheintod inszeniert, in der Märchenwelt des Dornröschens verflucht und in der Schlafforschung vielseitig untersucht und diskutiert (Borbély, 1987). Bis ins 20. Jahrhundert wurde Schlaf in der Literatur als passiver und monotoner Zustand angesehen, der sich durch ein Abschließen von der Umwelt charakterisiert (Koella, 1988, S. 11–13; Penzel, 2005, S. 7–9). Heute weiß man, dass der Schlaf ein sehr vielseitiges Phänomen und keineswegs nur ein Zustand motorischer Ruhe und fehlender Reaktivität ist. Während die Körpertemperatur, die Atmungs- und Kreislaufaktivität gegenüber dem Wachzustand vermindert sind, kann es zeitgleich zu einem temporären Aktivitätsanstieg kommen, der sich in Augen-, Rumpf-, Gesichts- oder Gliederbewegungen widerspiegelt (Koella, 1988). Die dabei grundlegende Bewusstseinsveränderung bedeutet nicht, dass der Schlafende vollständig gegenüber den Sinnesreizen abgekapselt ist (Koella, 1988). Er ist trotzdem erweckbar und kann nach plötzlichem Erwachen wieder adäquat auf sensorische Reize reagieren, was die enorme adaptive Fähigkeit des Schlafs an äußere und innere Bedingungen veranschaulicht (Koella, 1988, S. 7, 8). Ein abgrenzbares Schlafzentrum konnte bisher jedoch nicht auffindig gemacht werden, weshalb Schlafforscher davon ausgehen, dass der Wechsel zwischen Schlafen und Wachen, sowie die Zustände *Schlaf* und *Wach* selber durch eine Vielzahl neurobiologischer Systeme reguliert wird (Fürstl, Hautzinger & Roth, 2006). Der scheinbar passive Ruhezustand ist demnach vielmehr ein dynamisch-periodischer Zustand, in dem wechselseitig sowohl hohe als auch niedrige Aktivitäten innerhalb verschiedener Systeme nebeneinander existieren und systematisch über den Schlafverlauf variieren (Koella, 1988, S. 11–13).

Nahezu alle Definitionen aus der Literatur sprechen dem Schlaf letztlich zwei wesentliche Bedeutungen zu. Einerseits dient er der psychischen bzw. physischen Erholung und beeinflusst unter anderem die alltägliche Leistungsfähigkeit des Menschen, andererseits finden im Schlaf komplexe aktive Verarbeitungsprozesse zum Beispiel zur Gedächtnisbildung und neuronalen Umstrukturierung statt. In der Literatur wird Schlaf immer wieder als unerlässliche, wesentliche Voraussetzung für die menschliche Gesundheit und Leistungsfähigkeit im Alltag definiert und angesehen (Penzel, 2005). Die hohe Bedeutsamkeit, die ihm zugesprochen wird, zeigt sich unter anderem in der eindrucklichen Dauer, die der menschliche Organismus im schlafenden Zustand verbringt. Rund 27 Jahre eines durchschnittlichen Lebens, das heißt etwa ein Drittel seines Lebens »verschläft« der Mensch (Breuer, 2009; Backhaus & Riemann, 1996; Grewal & Doghramji, 2010). Dabei liegt die durchschnittliche Schlafdauer pro Tag in den westlichen Industrieländern bei etwas über sieben Stunden (Penzel, 2005). Andere Säugetiere brauchen weniger: Zum Beispiel benötigen Pferde nur vier Stunden Schlaf täglich, um sich zu erholen, Giraffen kommen sogar mit nur zwei Stunden Schlaf pro Tag aus (Breuer, 2009). Die Taschenmaus hingegen schläft täglich rund 20 Stunden und braucht demnach ganze 18 Stunden mehr Schlaf als die Giraffe, um erholt zu erwachen (Breuer, 2009). Folglich zählt sie zu den Langschläfern unter den Säugetieren (Breuer, 2009). Unterschiede in der Schlafdauer gibt es auch unter den Menschen. Es gibt Morgen- und Abendtypen, Kurz- und Langschläfer und solche, die regelmäßig einen Mittagsschlaf halten (Hajak & Rütger, 1995). Streng genommen lassen sich demnach kaum allgemeingültige Kriterien zur Definition des normalen Schlafs finden (Hajak & Rütger, 1995). Ein gesicherter Befund ist, dass sich die Schlafdauer mit zunehmendem Alter verändert (Hajak & Rütger, 1995; Penzel, 2005). Ein neugeborenes Baby schläft nach seiner Geburt bis zu 16 Stunden täglich (Penzel, 2005). Die Schlafdauer sowie

die Anzahl der Tiefschlafphasen nehmen im Laufe des Säuglings- und Kindesalters jedoch stetig ab (Penzel, 2005). Erst in der Pubertät kommt es erneut zu einer leichten Zunahme der Schlafdauer, bis sich etwa zum 16. Lebensjahr hin die subjektiv ideale Schlafdauer eingependelt hat (Penzel, 2005). Mit weiter zunehmendem Alter jedoch nimmt die Fähigkeit des Körpers ab, Schlaf in ausreichender und erholsamer Menge zu generieren, so dass sich die Schlafdauer im hohen Alter auf einige Stunden reduziert.

Im Folgenden werden nun einige Fakten zum Schlafverhalten der deutschen Bevölkerung vorgestellt. Laut einer Telefonumfrage von Ohayon und Zully in den Jahren 1997 und 2001 (zitiert nach Meier, 1997–2010) schlafen mehr als zwei Drittel aller Deutschen wochentags zwischen sechs und acht Stunden, 15 % aller Befragten länger als acht Stunden. Am Wochenende steigt der Anteil der Langschläfer (mehr als acht Stunden Schlaf) auf etwa 42 % an. Im Vergleich zur stark variierenden Schlafdauer unterscheiden sich die Zu-Bett-geh-Zeiten wochentags und wochenends mit 22:30 Uhr und 22:45 Uhr nur geringfügig voneinander. Weiterhin zeigt sich unter 14 % der Deutschen ein Trend zum regelmäßigen Mittagsschlaf (Ohayon & Zully, 1997, 2001 zitiert nach Meier, 1997–2010). Grundsätzlich weisen Frauen im Vergleich zu Männern durchschnittlich einen besseren Schlaf mit höherer Qualität, Dauer und Effizienz sowie kürzerer Einschlafzeit auf (Margraf & Schneider, 2009). Die »gesündeste« Schlafdauer mit der geringsten Sterblichkeitsrate für beide Geschlechter hat man für eine durchschnittliche nächtliche Schlafdauer von sieben Stunden gefunden (Penzel, 2005). Weniger als sechseinhalb und mehr als neun Stunden Schlaf werden deutlich mit erhöhter Krankenzahl und Sterblichkeit assoziiert (Schneider, 2008).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Faszination des Schlafs eine lange Tradition hat, während die Erforschung des Schlafs selbst vergleichsweise jung ist. Erst im 20. Jahrhundert wurden die Fachleute für schlafbedingte Themen sensibilisiert (Schäfer, 2009). Entgegen früherer Annahmen ist der Schlaf ein sehr dynamischer Prozess mit adaptiven Funktionen und wechselseitigen Aktivitätsniveaus im gesamten Organismus. Der Zweck des Schlafs besteht in der Erholung sowie der Aufrechterhaltung der Gesundheit und Funktionsfähigkeit im Alltag. Schlaf folgt keinen einheitlichen Kriterien, sondern ist eine individuelle Größe, die unser Leben zu einem beträchtlichen Anteil beeinflusst.

1.2 Schlafforschung – ein historischer Überblick

Die Schlafforschung ist im Vergleich zu anderen Forschungsgebieten, wie bereits erwähnt, ein noch relativ junges Forschungsfeld, das erst seit Mitte des 20. Jahrhunderts intensiv exploriert wird. Die Anfänge der medizinischen Schlafforschung sind letztlich zurückzuführen auf die Entwicklung des Elektroenzephalographen (EEG) und die damit verbundene Möglichkeit, die Veränderungen der Hirntätigkeit während des Schlafverlaufes aufzuzeichnen (►Kap. 1.4) (Förstl, Hautzinger & Roth, 2006).

Hans Berger, ein deutscher Neurologe und Psychiater versuchte im Jahre 1929 erstmals, mit Hilfe von Elektroden Hirnströme von der Schädeloberfläche abzuleiten und zu registrieren (Berger, 1929). Berger fixierte die kleinen tellerförmigen Silberplättchen, die mit einer leitenden Paste gefüllt waren, an bestimmte Stellen der Kopfhaut. Über ein dünnes, flexibles Kabel, das an den Elektrodenplättchen angelötet war, registrierte er über ein spezielles Verstärkersystem erstmals elektrische Spannungsunterschiede der Hirnrinden-Nervenzellen. Dabei beobachtete er, dass im Schlafverlauf stets ein charakteristisches Hirnstrombild erscheint (Borbély, 1987; Gold, 2003; Schäfer, 2009). Die Anwendung des EEGs und die damit einhergehenden Möglichkeiten zur Erfassung hirnelektrischer Aktivität publizierte Berger 1929 in seinem Werk *Über das Elektroenzephalogramm des Menschen*. Mit seiner Erfindung schuf Berger nun die Basis für eine Objektivierung unterschiedlicher Aktivitätszustände des menschlichen Gehirns und ermöglichte somit auch die Differenzierung physiologischer und pathologischer Befunde. In der Neurologie findet das diagnostische Untersuchungsinstrument bis heute Verwendung und wird zur Aufzeichnung der Aktivität und Funktionsfähigkeit von Nervenzellen eingesetzt (siehe hierzu besonders Gold, 2003).

1937 beobachtete die amerikanische Arbeitsgruppe unter Leitung der Physiologen Loomis und Davis, dass sich bei dem im Schlaf aufgezeichneten EEG eigentümliche Wechsel ergaben (dargestellt in Borbély, 1987). Die hirnelektrische Aktivität verlangsamte sich scheinbar mit zunehmender Schlaftiefe, unterdessen erhöhte sich die Schwingungsweite der aufgezeichneten Wellen. Im Einschlafprozess hingegen beobachtete die Arbeitsgruppe ein kleinwelliges, rasches Wellen-Muster. Unter Zuhilfenahme dieser Befunde untergliederten Loomis und seine Mitarbeiter dann den Schlaf systematisch in einzelne Stadien und fertigten ein Inventar an, welches die charakteristischen

EEG-Veränderungen beinhaltet (Borbély, 1987; Schäfer, 2009). In den darauffolgenden Jahren blieb die weitere Erforschung angesichts mangelnden Interesses an den Grundlagen und Bedeutungen des EEGs aus (Gold, 2003).

Erst 1953 sollte sich herausstellen, dass das von Loomis veröffentlichte Inventar unvollständig war. Nathaniel Kleitman, ein amerikanischer Physiologe und sein Doktorand, Eugene Aserinsky, entdeckten 1953 eines der paradoxesten und wichtigsten Schlafstadien: das Stadium der schnellen Augenbewegungen (vgl. dazu Backhaus & Riemann, 1996; Borbély, 1987; Schäfer, 2009). Kleitman und Aserinsky konnten bei gesunden Schläfern beobachten, dass alle 90–100 Minuten etwa 10–30-minütige Intervalle auftauchten, die von schnellen Augenbewegungen begleitet waren. Demnach nannten sie das von ihnen entdeckte Phänomen den Rapid-Eye-Movement-Schlaf (REM-Schlaf). Dieses REM-Stadium ließ sich augenfällig von den bis dato identifizierten Stadien unterscheiden und ist neben den schnellen Augenbewegungen durch schnelle Frequenzen im EEG sowie eine Erschlaffung der Muskulatur gekennzeichnet (Gold, 2003).

1957 entdeckten Dement und Kleitman, dass Probanden in 80–90 % aller Fälle von lebhaften Träumen berichteten, wenn man sie aus einer REM-Phase weckte (dargestellt in Backhaus & Riemann, 1996; Koella, 1988). Daraufhin formulierten sie eine neue Nomenklatur zur Schlafstadienbestimmung. Der erheblich höhere Traumanteil in den REM- gegenüber den anderen Schlafphasen weckte in der Folgezeit das Interesse an psychophysiologischen Untersuchungen über die Zusammenhänge von Schlaf, psychischen Prozessen und Schlafstörungen (Backhaus & Riemann, 1996; Gold, 2003).

1967 führte Monroe eine der ersten Arbeiten mit Hilfe polysomnographischer Ableitungen (► Kap. 1.3) durch und konnte infolgedessen objektiv-typische Merkmale von schlechten Schläfern ermitteln (Gold, 2003). Die Ergebnisse seiner Studie ließen erkennen, dass polysomnographische Dokumentationen der Erfassung von Schlafbeschwerden dienlich sein könnten (Gold, 2003).

1968 publizierten Rechtschaffen und Kales das »Manual of Standardized Terminology, Techniques, and Scoring System of Sleep Stages of Human Subjects«, welches die Kriterien zur Bestimmung der Schlafstadien vereinheitlichen und standardisieren sollte (Koella, 1988; Fröhlich, 2002). 2007 kam es dann durch Iber und Kollegen zu einer vorerst letzten Modifikation der Schlafbestimmungskriterien (siehe hierzu insbesondere Spiegelhalder, Backhaus & Riemann, 2011; Iber, Ancoli-Israel, Chesson & Quan, 2007). Die Bestimmung der Schlafstadien erfolgt seitdem nach den Richtlinien der American Academy of Sleep Medicine (AASM) (Spiegelhalder et al., 2011). Die AASM-Kriterien sind konservativer, basieren jedoch in den wesentlichen Zügen auf dem 1968 von Rechtschaffen und Kales publizierten Manual (Spiegelhalder et al., 2011). Seit 2012 liegt nun, in Form der Version 2.0, auch eine erste erweiterte und überarbeitete Version dieser AASM-Richtlinien vor (Berry et al., 2012; 2012a). In dieser neuen Version wurden vor allem die Regeln der Atemerkennung und -auswertung überarbeitet (Rodenbeck, 2013).

1975 wurden in Amerika die ersten Schlaflabore eingerichtet. Die im gleichen Jahr gegründete ASDC (Association of Sleep Disorders Centers) setzte sich stark für die Förderung der medizinischen Schlafforschung ein (Gold, 2003).

1987 vereinten sich verschiedene Fachleute in Deutschland der Schlafmedizin zum AKS (Arbeitskreis Klinischer Schlafzentren). Aus dieser Organisation ging 1992 die DGSM (Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin) hervor, die sich bis heute für die Förderung und Umsetzung neuester schlafmedizinischer Erkenntnisse einsetzt (Dorsch, Häcker & Becker-Carus, 2004).

1.3 Schlafstadien und Schlafregulation

Unter Verwendung der polysomnographischen Messinstrumente EEG, EOG (Elktrookulogramm) und EMG (Elektromyogramm) werden Gehirnströme, Augenbewegungen und Muskelspannungen in Form von Wellen aufgezeichnet (Backhaus & Riemann, 1996; Schneider, 2008). Die Erhebung physiologischer Messwerte dient der Darstellung einzelner Schlafstadien in ihrer Abfolge und ermöglicht die graphische Darbietung des Schlafprofils in Form eines Hypnogramms, siehe hierzu Abbildung 1 (nach Penzel, 2005). Der gesunde Schlaf eines Erwachsenen lässt sich in drei grundlegende Phasen einteilen: das Wachstadium, den NREM (Nicht-REM)-Schlaf (Leicht- und Tiefschlaf) und in den REM-Schlaf (Zulley, 1993). Im Schlafverlauf kommt es nach überwundenem Wachzustand zu einer stabilen, zyklischen Abfolge des NREM- (Stadien 1–4) und des REM-Schlafs, zwei sehr unterschiedlichen Funktionszuständen des Gehirns mit ausbleibenden oder aktiven Augenbewegungen (hierzu Backhaus & Riemann, 1996; Förstl, Hautzinger & Roth, 2006; Spiegelhalder, Backhaus & Riemann, 2011). Im Folgenden werden nun die Schlafstadien nach den Definitionen von Rechtschaffen und Kales dargestellt (vgl. dazu Rechtschaffen & Kales, 1968).

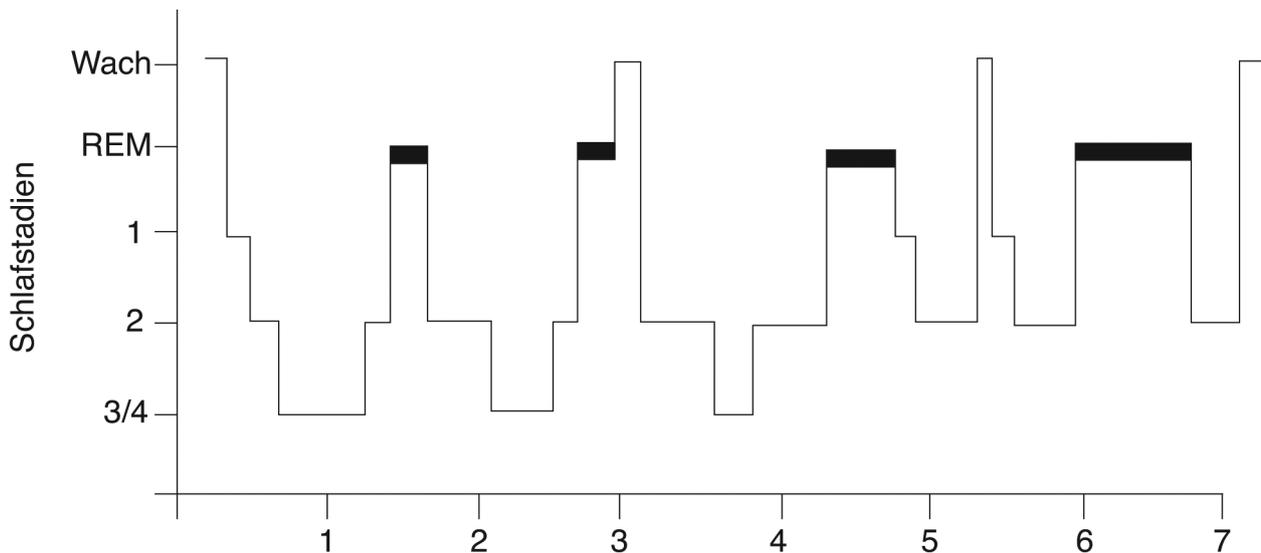


Abb. 1: Hypnogramm eines idealtypischen Schlafprofils. Die REM-Phasen sind blockweise schwarz markiert. Die Leichtschlafstadien sind mit 1 und 2, die Tiefschlafstadien zusammengefasst mit 3/4 bezeichnet (eigene Darstellung in Anlehnung an Penzel, 2005).

Zu Beginn befindet sich der Schläfer nach dem Zubettgehen einige Zeit im Wachzustand, dem Stadium W, das durch einen individuellen Grundrhythmus, zumeist in Form von α (alpha) (8–14Hz)- oder β (beta) (15–35Hz)-Wellen gekennzeichnet ist. In diesem Stadium sind Augenbewegungen, Muskelanspannungen sowie eine relative Gehirnaktivität weiterhin zu beobachten. Nach wenigen Minuten erfolgt der Übergang in den Leichtschlaf, den ersten Abschnitt des NREM-Schlafs. Das Stadium 1 entspricht der leichtesten Form des Schlafs und ist sehr schwer vom Wachzustand zu unterscheiden. Der Zustand ist insbesondere durch verlangsamte, »rollende« Augenbewegungen und die Abschweifung der α (4–7Hz)-Wellen aus dem entspannten Wachzustand in kleine, rasche, unregelmäßige Wellen charakterisiert. Nach weiteren Minuten erfolgt mit Stadium 2 der eigentliche Schlafbeginn. Die Zeit, die ab dem Löschen des Lichtes bis zum Einsetzen des zweiten Schlafstadiums gemessen wird, bezeichnet man als Einschlaf latenz. Sie gibt die Dauer an, die benötigt wird, bis der eigentliche stabile Schlaf (Stadium 2) beginnt. Das Stadium 2 ist gekennzeichnet durch etwas höher frequente θ (theta) (12–14Hz)-Wellen, die von vereinzelt auftretenden, hochfrequenten Wellen, den sogenannten Schlafspindeln, überlagert sind. Ebenso sind einzelne, hohe, langsame Ausschläge, sogenannte K-Komplexe, ein verringerter Muskeltonus, sowie keinerlei Augenbewegungen zu beobachten. Mit zunehmender Aktivitätsreduktion und Entspannung der einzelnen Körperteile fällt der Mensch tiefer in den Schlaf. Nach einigen Minuten erreicht er den Übergang in den zweiten großen Abschnitt des NREM-Schlafs, den Tiefschlaf, welcher auch als δ -(delta) oder »slow-wave-sleep« (SWS-Schlaf) bezeichnet wird. Die Schlafstadien 3 und 4, welche nur graduell voneinander zu unterscheiden sind, kennzeichnen sich durch eine hohe Weckschwelle und werden wie folgt durchlaufen: Zuerst erscheint Stadium 3, es zeigt niedrig frequente δ -(0,5–4Hz) Wellen. Anschließend folgt das letzte NREM-Stadium, Stadium 4, das vordergründig durch hochamplitudige δ -Wellen gekennzeichnet ist (siehe insgesamt hierzu Borbély, 1987; Förstl, Hautzinger & Roth, 2006; Müller & Paterok, 1999; Penzel, 2007; Rotte, 2005; Schneider, 2008; Zulley, 1993). Die gesamte Tiefschlafphase ist prinzipiell durch einen verringerten Puls und Blutdruck, sowie eine weitgehende Muskelhypotonie (Muskelerschlaffung) im Vergleich zum Wachzustand und verlangsamte Atmung charakterisiert, ebenso gibt es hier keine Augenbewegungen. Zugleich kommt es in diesem Schlafabschnitt zu einer vermehrten Ausschüttung von Wachstumshormonen (Schneider, 2008).

Nach etwa 60 Minuten Schlaf tritt erstmalig eine REM-Phase auf, die im weiteren Schlafverlauf blockweise in rhythmischen Abständen von circa 90–100 Minuten auftreten wird. Dem REM-Schlaf wird in der Schlafmedizin eine besondere Rolle zugesprochen. Die auffälligste Besonderheit, über die sich dieses Stadium ja tatsächlich definiert, sind die bereits erwähnten schnellen Augenbewegungen (Zulley, 1993). Weitere Merkmale dieses Stadiums sind der nahezu fehlende Muskeltonus, der gesteigerte und unregelmäßige Puls sowie Blutdruck, die verstärkte, ungleichmäßige Atmung, die Aktivierung der Sexualorgane, die vorherrschenden θ -Wellen sowie eine sehr hohe Weckschwelle und szenische Traumtätigkeiten (Schneider, 2008). Bei Weckungen aus dem REM-Schlaf werden häufiger als in den NREM-Schlafphasen Traumerlebnisse berichtet, die im Vergleich zu NREM-Träumen, die eher gedankenähnlich anmuten, sehr farbig und bizarr wahrgenommen werden (Zulley, 1993).

Der REM-Schlaf wird in der Literatur oft als »paradox« bezeichnet, da zur selben Zeit sowohl die Aktivierung der Hirntätigkeit eintritt als auch die Reduktion des Muskeltonus erfolgt, verbunden mit einer hohen Weckschwelle (Schneider, 2008). Die in der Polysomnographie erfassten Aufzeichnungen der physiologischen Messwerte (Blutdruck, Atmung, usw.) erinnern dabei sehr stark an jene aus dem Wachzustand (Schäfer, 2009). Tabelle 1 dient nun als Überblick über die Eigenschaften der Aufzeichnungen von EEG, EOG und EMG innerhalb der sechs Schlafstadien. Die letzte Spalte stellt die zuvor beschriebenen, charakteristischen Wellenformen nochmals bildlich dar.

Tab. 1: Überblick über die Schlafstadien, ihre Merkmale und charakteristischen Wellenformen von EEG, EOG und EMG (eigene Darstellung in Anlehnung an Müller & Paterok, 1999 und Penzel, 2007).

Schlafstadien	EEG	EOG	EMG	Prozent am Gesamtschlaf	Graphische Darstellung
Wach	Alpha- und Betawellen	schnelle Augenbewegungen	wechselnde, maximale Muskelspannung	ca. 5 %	
Stadium 1	Alpha-, Beta- und Theta-wellen	langsame, rollende Augenbewegungen	Muskelspannung geringer als im Wachzustand	ca. 5–10 %	
Stadium 2	Schlafspindeln und K-Komplexe	keine Augenbewegungen	Muskelspannung geringer als im Wachzustand	ca. 50 %	
Stadien 3/4	Deltawellen	keine Augenbewegungen	Muskelspannung geringer als im Wachzustand	ca. 20 %	
REM	Betamuster mit Alpha- und Thetawellen	schnelle, phasen-weise Augenbewegungen	keine Muskelspannung, gelegentliche Zuckungen	ca. 20–25 %	

Im Anschluss an den REM-Schlaf beginnt der Zyklus von neuem und geht direkt in Stadium 2 über. Es folgen die Stadien 3 und 4 sowie eine zweite REM-Schlaf-Periode (Borbély, 1987). Die Abfolge der Schlafstadien im Laufe einer Nacht ist wie bereits oben angeführt in Abbildung 1 dargestellt. Ihre prozentuale Verteilung bezüglich des Gesamtschlafs gestaltet sich wie folgt: Das Wachstadium beläuft sich auf etwa 5 %, NREM 1 umfasst zwischen etwa 5–10 %, NREM 2 macht mit ungefähr 50 % den Großteil des Schlafs aus, NREM 3 und 4 zusammengekommen umfassen rund 20 % und der REM-Anteil liegt zwischen 20–25 % der Gesamtschlafdauer (Müller & Paterok, 1999).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Abfolge von NREM- und REM-Schlaf einen Schlafzyklus von etwa 90–100 Minuten bilden (Schneider, 2008). In einer Nacht kommt es zur Aufeinanderfolge von insgesamt etwa vier bis sechs solcher Schlafzyklen (Penzel, 2005, 2007; Schneider, 2008). Dauer und Intensität der Tiefschlafphasen nehmen im Laufe der Nacht ab, während sich der REM-Schlafanteil erhöht (Borbély, 1987; Schneider, 2008). Aufgrund der abnehmenden Schlaftiefe während der Nacht (zu Beginn der Nacht vor allem Schlafstadien 3 und 4, gegen Morgen nur noch Stadien 1 und 2) wird in den Morgenstunden ein Leichtschlafzustand mit niedriger Weckschwelle erreicht, wodurch sich die Wahrscheinlichkeit zu erwachen automatisch erhöht (Zulley, 1993). Zeitpunkt des Schlafs, Länge, Intensität und Struktur werden laut Forschungsliteratur durch verschiedene, sehr komplexe Prozesse gesteuert.

Der nachstehende Abschnitt soll einen Einblick in die Schlaf-Wach-Regulation geben. Dabei muss auf eine allumfassende Darstellung der unterschiedlichen Theorien verzichtet werden, da sie den Rahmen dieses Manuals überschreiten würde. Im Folgenden wird deshalb das bekannteste aller Modelle zur Schlafregulation in seinen Grundzügen dargestellt. Dieses anschauliche Modell findet dann auch Anwendung im Rahmen jeweiligen Sitzungen der Kurzintervention bei Insomnie (Teil 2 dieses Manuals).

In der Literatur finden sich mehrfach Hinweise darauf, dass die Schlaf-Wach-Rhythmik insbesondere durch zwei Prozesse, nämlich auf der einen Seite den homöostatischen (selbstregulatorischen) und auf der anderen Seite den zirkadianen (lat.: circa = etwa, dies = Tag) Prozess gesteuert wird (Penzel, 2005; Spiegelhalder et al., 2011). Die Interaktion der beiden genannten Verläufe hat Borbély 1982 im bekannten »Zwei-Prozess-Modell« beschrieben (Spiegelhalder et al., 2011). Ausgangspunkt des Modells ist die bereits erwähnte Annahme, dass das Schlaf-Wach-Verhalten nicht nur vom zirkadianen (Prozess C), sondern auch vom homöostatischen Prozess (S) reguliert wird (Spiegelhalder et al., 2011). Als Prozess S bezeichnet Borbély demzufolge den im Wachzustand ansteigenden Schlafdruck, der zunehmend schläfrig macht und nur durch Schlaf gemindert werden kann (Spiegelhalder et al., 2011). Der Schlafdruck kann wiederum in seinem Anstieg über den Tag durch entsprechende Tagesaktivität (Sport, Arbeit usw.) verstärkt oder durch Tagespassivität (zum Beispiel auf der Couch liegen) abgeschwächt werden. Auf der anderen Seite können eintönige Ereignisse die Schlafendenz erhöhen, während aufregende Geschehnisse den Schlafbeginn verlangsamen (Borbély, 1987) können. Als Prozess C bezeichnet er die zirkadiane Rhythmik der Schlafbereitschaft, unsere »innere Uhr«, die unabhängig von der vorausgegangenen Schlaf- oder Wachdauer ist (Borbély, 1987; Spiegelhalder et al., 2011). Als ausschlaggebendes biologisches Korrelat und zentraler zirkadianer Schrittmacher der inneren Uhr gilt der Nucleus suprachiasmaticus, der im Hypothalamus liegt. Dieser Nervenkerne liegt an der sogenannten Sehnervkreuzung und erhält hierüber Informationen über die Helligkeit oder Dunkelheit der Umgebung, in der sich das Individuum aktuell befindet. Eine Vielzahl von Körperfunktionen, beispielsweise die Körpertemperatur oder Hormonausschüttung folgen dem 24-Stunden-Rhythmus und werden durch ihn bestimmt (Lang & Lang, 2007; Penzel, 2005). Borbély (1987) nimmt zudem an, dass der Prozess C durch äußere Reize (hell oder dunkel) beeinflusst werden kann. Der Prozess C, die innere Uhr, »pendelt« also förmlich zwischen den Zuständen »Wach« und »Schlaf« hin und her.

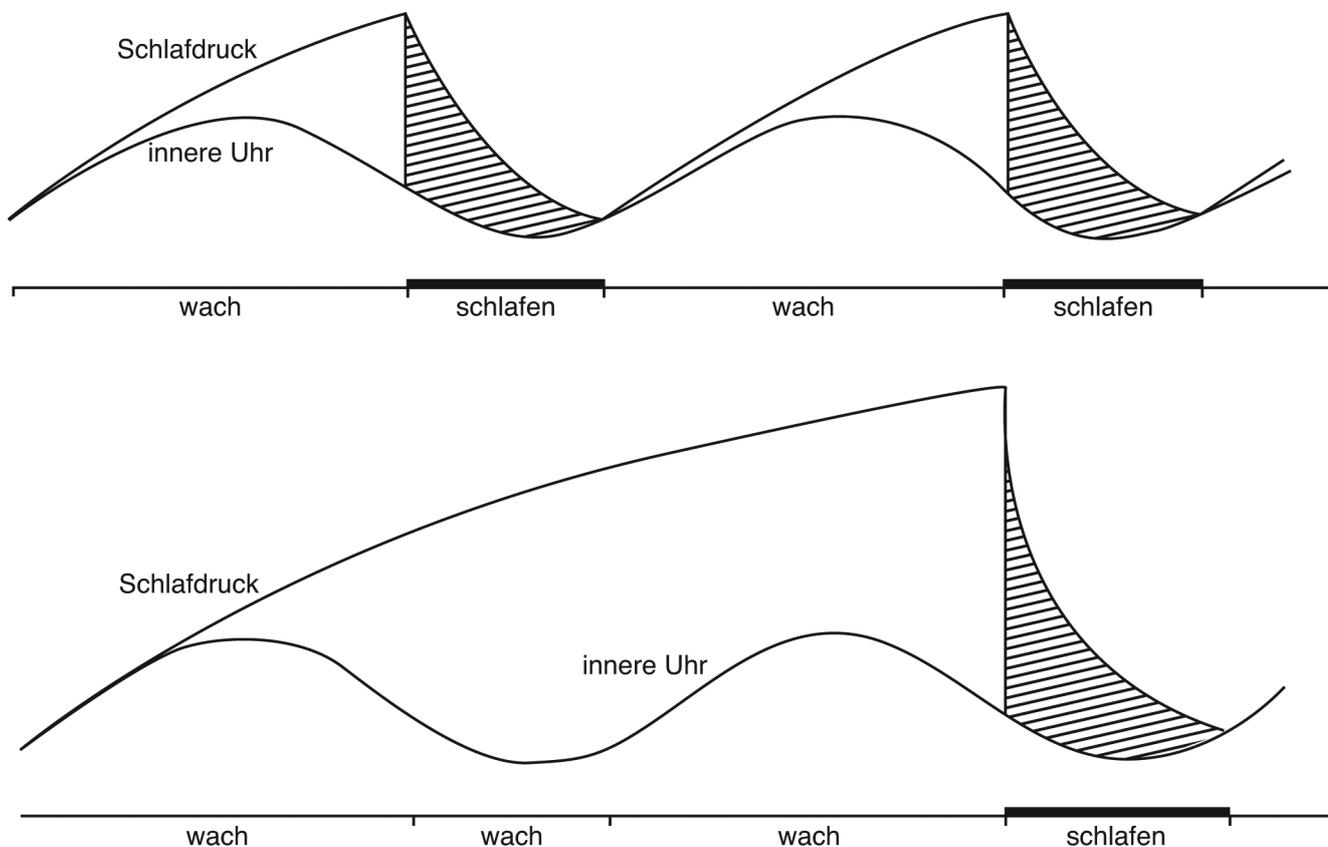


Abb. 2: Schlaf-Wach-Rhythmus. Die Abbildung zeigt die schlaffördernde Interaktion zwischen dem homöostatischen und dem zirkadianen Prozess (eigene Darstellung in Anlehnung an Borbély, 1987).

Beide Prozesse wirken im Tagesverlauf nun so, dass sie den Schlaf begünstigen. Über den Tag hinweg baut sich der Schlafdruck auf (der Prozess S steigt an) und geht gleichzeitig mit dem Fallen der tagesperiodischen Rhythmik (Prozess C sinkt ab) einher (Spiegelhalder et al., 2011). In Abbildung 2 sind diese Verläufe graphisch dargestellt. Durch Einsetzen des Schlafprozesses sinkt der Schlafdruck ab und führt mit abnehmender Schlafbereitschaft zum morgendlichen Erwachen, da parallel hierzu die Tagesperiodik wieder ansteigt (Borbély, 1987).

Bei ausbleibendem Schlaf erhöht sich der Schlafdruck entsprechend, bis in der darauffolgenden Nacht wieder geschlafen werden kann (Borbély, 1987). Der sich anschließende Erholungsschlaf ist dann etwas intensiver, es wird mehr »slow-wave-sleep«, SWS-Schlaf durch den Körper produziert, dauert jedoch nicht erheblich länger als der alltägliche Schlaf (Borbély, 1987).

Weitere Faktoren, die das Schlafbedürfnis beeinflussen können, sind subjektive Anzeichen der Ermüdung, das Wissen der Uhrzeit und äußere Zeitgeber wie die einsetzende Dunkelheit (Fröhlich, 2002). Im folgenden Kapitel werden nun kurz die Messinstrumente vorgestellt, anhand derer sich die bereits genannten Schlafparameter erfassen lassen.

1.4 Schlaferfassung

Die im vorherigen Kapitel beschriebenen Schlafstadien können anhand spezifischer Merkmale aus den simultanen Messungen einer klassischen Polysomnographie, bestehend aus Ableitungen des EEG, des EMG und des EOG, erfasst und ausgewertet werden (Rotte, 2005). Eine graphische Dokumentation des Schlafprofils kann in Form eines Hypnogramms umgesetzt werden (► Abb. 1) (Penzel, 2007). Messung und Auswertung der Polysomnographie erfolgen bis heute nach den 1968 publizierten Kriterien von Rechtschaffen und Kales, in Deutschland seit etwa 2008 jedoch zunehmend nach den AASM-Kriterien von 2007 (Rotte, 2005) und seit 2013 nun auch nach der 2012 veröffentlichten Version 2.0 dieser Kriterien (Berry et al., 2012 und 2012a; Rodenbeck, 2013).

Die Polysomnographie (dargestellt wird diese zunächst nach den Kriterien von Rechtschaffen und Kales aus dem Jahr 1968) gilt in der Schlafmedizin als gründlichste Untersuchungsmethode zur Erfassung von Schlaf- und Schlafstörungen (Spiegelhalder et al., 2011). Die Gliederung der Schlafphasen erfolgt über die Analyse dreißigsekündiger Zeitfenster, die mit Hilfe der bekannten Charakteristika je einem der sechs Schlafstadien zugeordnet werden (Penzel, 2007; Rotte, 2005). Ein erfahrener Schlaf Forscher nimmt die Begutachtung der Schlafsequenzen vor und muss pro Patient und Nacht etwa 900 Bildschirmseiten analysieren (Penzel, 2009). Aufgrund des enormen Aufwands und der hohen Kosten wird die Polysomnographie nicht standardmäßig in Untersuchungen durchgeführt, sondern vor allem bei vorliegendem Verdacht auf organisch bedingte Schlafstörungen zur differentialdiagnostischen Abklärung und zur Evaluation von Schlafstörungen eingesetzt (Crönlein, 1997–2010). Beispielsweise wird die Polysomnographie häufig zur Erfassung von Beinbewegungen (zum Beispiel Restless-Legs-Syndrom), Atmungsstörungen während des Schlafs (zum Beispiel Schlafapnoe-Syndrom) oder anderen Hypersomnien wie der Narkolepsie verwendet (organische Schlafstörungen werden im Kapitel 3 dargestellt) (Spiegelhalder et al., 2011). In jedem Fall hat die polysomnographische Untersuchung einen informativen Charakter und kann Auskunft über veränderte Schlafprofile geben (Crönlein, 1997–2010). Bei Schlafgestörten zeigen sich unter anderem eine verlängerte Schlaf latenz (bis zu 30 Minuten sind normal), eine verringerte Schlaffeizienz, also ein Missverhältnis zwischen der Bettliegezeit und dem Schlafanteil, sowie ein »zersplittertes Schlafprofil«, das durch vermehrtes Erwachen und Probleme des Wiedereinschlafens gekennzeichnet ist (Crönlein, 1997–2010; Förstl, Hautzinger & Roth, 2006).

Die Standardpolysomnographie umfasst die Ableitung der Gehirnaktivität (EEG), der horizontalen Augenbewegungen (EOG) und der Muskelbewegungen am Kinn (EMG) (Zulley, 1993). Ihre simultane Erfassung gestattet eine Analyse der verschiedenen zusammenwirkenden Körperfunktionen (Zulley, 1993). Um die eben genannten Messungen vornehmen zu können, muss eine Vielzahl an Elektroden und Sensoren am Körper angebracht werden. Die Elektrodenpositionierung des EEG basiert auf dem 10–20er-System nach Jasper (1958). Nach Empfehlungen von Rechtschaffen und Kales reicht die Anbringung der Elektroden C4 bis A1 aus (► Abb. 3), zusätzlich können die symmetrisch liegenden Elektroden C3 bis A2 angebracht werden (Penzel, 2007). In diesem Fall kann die Ableitung auch dann noch fortgeführt werden, wenn sich während der Nacht ein Elektrodenpaar löst (Penzel, 2007).

»Encephalon« ist griechisch und bedeutet Gehirn, demnach steht die Ableitung des Elektroenzephalogramms (EEGs) für die Aufzeichnung der vom Gehirn produzierten Ströme (Potentialschwankungen) (Koella, 1988). Wie in Kapitel 1.2 beschrieben, wurde das EEG als klinisch anwendbare Technik 1929 von Hans Berger eingeführt.

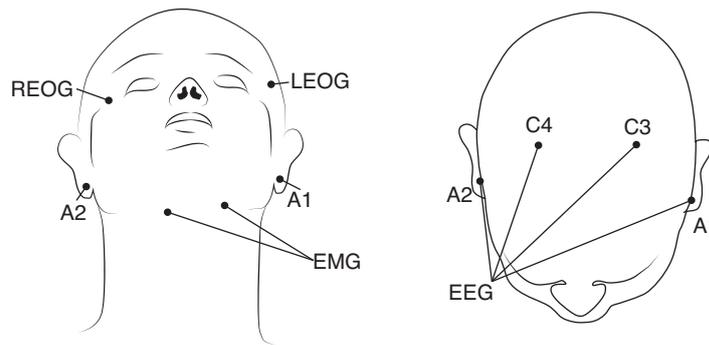


Abb. 3: Schema zur Elektrodenpositionierung von EEG, EOG, EMG für die Aufzeichnung einer Polysomnographie. Empfehlungen von Rechtschaffen und Kales (1968) (eigene Darstellung in Anlehnung an Lauer, 1997).

Verschiedene Wellenfrequenzen, also Schwingungen pro Sekunde (Angabe in Hertz = Hz) können je nach Funktionszustand und Bewusstseinslage des Gehirns erfasst werden (Koella, 1988; Penzel, 2009; Zulley, 1993). In ihrer Aufzeichnung erscheint die Welligkeit mal mehr, mal weniger ausgeprägt, ebenso mal regel- bzw. unregelmäßiger (Koella, 1988). Die zwischen den Elektrodenpaaren gemessene elektrische Aktivität des Gehirns kann zwischen 0,5 und 50 Hz betragen (Koella, 1988). Ein weiterer wesentlicher Indikator zur Diagnostik der verschiedenen Schlafstadien ist die Aufzeichnung der vom Muskelgewebe produzierten elektrischen Ströme (Koella, 1988). Über die Anspannung der Kinnmuskulatur kann mit Hilfe des EMG auf die Anspannung der Gesichtsmuskulatur geschlossen werden (Koella, 1988; Zulley, 1993). Im Rahmen der Standardpolysomnographie ist zudem die Aufzeichnung der horizontalen Augenbewegungen durch die geschlossenen Lider, die über das EOG erfasst werden, vorgesehen (Zulley, 1993). Über die Standardpolysomnographie hinaus besteht im Schlaflaboratorium die Möglichkeit, mittels einer kardiorespiratorischen Polysomnographie zusätzliche physiologische Messgrößen zu erheben (Penzel, 2009). Bedeutsame Körperfunktionen in diesem Zusammenhang sind Atmung, Bewegung und Herzfunktion (Penzel, 2005, S. 28). Messbare Parameter der eben genannten Körperfunktionen sind der Luftfluss an Nase und Mund, Schnarchgeräusche, Atmungsbewegungen an Brustkorb und Bauch, die Sauerstoffsättigung des Blutes, Muskeltätigkeit der Beine, die Körperlage, ein EKG sowie die Videoaufzeichnung des Schlafenden (Penzel, 2005; Penzel, 2009). Abbildung 4 gibt einen schematischen Überblick über die Elektrodenpositionierung in einer kardiorespiratorischen Polysomnographie und Abbildung 5 zeigt die damit erfassten Parameter in einer beispielhaften Aufzeichnung einer kardiorespiratorischen Polysomnographie. Folgende Aufzeichnungen sind abgebildet beziehungsweise dargestellt: Elektroenzephalogramm (EEG/C3A2, C4A1, A1A2), Elektrookulogramm (EOG/LEOG, REOG), Muskelaktivität an Bein Bein-EMG/Bein-Li) und Kinn (Kinn-EMG/KinnEMG), Herzaktivität (EKG/EKG I, EKG II, HF), atmungsbezogene Parameter in Form von Schnarchen (Mikrophon/Schnarch), Sauerstoffsättigung (Sauerstoff/S₂), Luftfluss an der Nase (Atemfluss/Flow), Atmungsbewegungen von Brustkorb (Brustgurt/Thorax) und Bauch (Bauchgurt/Abdomen), Aufzeichnung der Körperposition (Lagesensor/Lage), sowie Schlafverhaltensdokumentation per Videokamera (Videoüberwachung) (Penzel, 2005). Trotz solch massiver Verkabelung ist der natürliche Schlaf mit den gewöhnlichen Bewegungen und Drehungen im Bett möglich.

Bisher erfolgte die Beschreibung der kardiorespiratorischen Polysomnographie nach den Kriterien von Rechtschaffen und Kales. An dieser Stelle sollen nun kurz die wesentlichsten Veränderungen wiedergegeben werden, die sich durch das AASM-Manual 2007 (Iber et al. 2007) und die Version 2.0 von 2012 (Berry et al., 2012 und 2012a) ergeben haben. Zu erwähnen ist hierbei, dass diese Regeln auf evidenzbasierten Literaturanalysen beruhen. So wird zunächst die Schlafstadienbezeichnung geändert. Aus Schlafstadium S1 wird das Stadium N1, aus Stadium S2 wird N2, aus Stadium S3 wird N3 und aus REM wird das Stadium R. Die ehemaligen Schlafstadien S3 und S4 werden zudem zum Stadium N3 zusammengeführt (Rodenbeck, 2013). Es kommen zu den EEG- Ableitungen A1 (nun M1), A2 (nun M2), C3 und C4 noch die Ableitungen an den okzipitalen Orten O1 und O2, sowie den frontalen Ableitungsorten F3 und F4 hinzu. Zur Erfassung der Muskelspannung am Kinn wird eine dritte Elektrode zusätzlich geklebt. Es werden zudem geänderte Vorgaben zur Erfassung der Atemparameter gemacht. Insgesamt wurden sowohl die technischen Spezifikationen ergänzt und konkretisiert, als auch eine Vielzahl von Auswerteregeln bezüglich der einzelnen Schlafstadien, der Atemparameter usw. korrigiert oder neu verfasst.

Die bisher dargestellten Kapitel zum Hintergrund des »gesunden« Schlafs geben einen Einblick in seine Ursprünge, Bedeutung, Geschichte, Gliederung in die verschiedenen Schlafstadien sowie deren Erfassung mittels unterschiedlicher Untersuchungsinstrumente. Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit der Frage, warum wir überhaupt schlafen.