

Praxis der Schlafmedizin

Diagnostik, Differenzialdiagnostik und Therapie bei Erwachsenen und Kindern

Bearbeitet von

Von: Boris A. Stuck, Joachim T. Maurer, Angelika Schlarb, Michael Schredl, Hans-Günter Weeß

3., vollständig aktualisierte und erweiterte Auflage 2018. Buch inkl. Online-Nutzung. XVIII, 333 S. Inkl. eBook. Kartoniert

ISBN 978 3 662 54382 5

Format (B x L): 16,8 x 24 cm

Gewicht: 858 g

[Weitere Fachgebiete > Medizin > Sonstige Medizinische Fachgebiete > Psychosomatische Medizin, Schlafmedizin](#)

Zu [Inhaltsverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei

**beck-shop.de**
DIE FACHBUCHHANDLUNG

Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

Diagnostische Methoden

H.-G. Weeß

- 2.1 Anamnese – 25**
 - 2.1.1 Schlafbezogene Eigenanamnese – 26
 - 2.1.2 Schlafbezogene Fremdanamnese – 27
 - 2.1.3 Anamnese von Schläfrigkeit, Müdigkeit und Leistungsvermögen am Tage – 27
 - 2.1.4 Weiterführende Anamnese zur differenzialdiagnostischen Ursachenabklärung von Schlafstörungen – 28
- 2.2 Laborparameter bei Schlafstörungen – 30**
- 2.3 Schlafragebogen – 30**
 - 2.3.1 Schlaftagebuch – 30
 - 2.3.2 Pittsburgher Schlafqualitätsindex (PSQI) – 31
 - 2.3.3 Landecker Inventar für Schlafstörungen (LISST) – 31
 - 2.3.4 Fragebogen zur Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen bei Schlafstörungen (FEPS) – 32
 - 2.3.5 Fragebogen zu schlafbezogenen Kognitionen (FB-SK) – 32
 - 2.3.6 Insomnia Severity Index (ISI) – 33
 - 2.3.7 STOP-Bang Fragebogen – 33
 - 2.3.8 Fragebogen zum Restless-Legs-Syndrom – 33
- 2.4 Körperliche Untersuchung – 34**
- 2.5 Aktigrafie – 34**
- 2.6 Ambulante Stufendiagnostik bei schlafbezogenen Atmungsstörungen, Polygrafie-Systeme – 34**
- 2.7 Polysomnografie (PSG) – 37**
 - 2.7.1 Standardparameter der Polysomnografie (PSG) – 41
 - 2.7.2 Auswertungsparameter der Polysomnografie (PSG) – 45

- 2.7.3 Polysomnografie (PSG) bei insomnischen Störungen – 51
- 2.7.4 Polysomnografie (PSG) bei periodischen Bewegungen der Gliedmaßen im Schlaf und beim Restless-Legs-Syndrom – 53
- 2.7.5 Polysomnografie (PSG) bei Bruxismus – 58
- 2.7.6 Polysomnografie (PSG) bei der REM-Verhaltensstörung – 58
- 2.7.7 Polysomnografie (PSG) bei rhythmischen Bewegungsstörungen im Schlaf – 59
- 2.7.8 Polysomnografie (PSG) bei schlafbezogenen Atmungsstörungen – 59

- 2.8 Untersuchung schläfrigkeits- und müdigkeitsbezogener Einschränkungen am Tage – 70**
- 2.8.1 Diagnostik der Tagesschläfrigkeit – 73

- 2.9 Fragen – 85**

- Literatur – 85**

Schlafstörungen sind nur vordergründig einfache, leicht zugängliche Krankheitsbilder. Tatsächlich handelt es sich um komplexe Störungsbilder, die einer ausführlichen und sorgfältigen Diagnostik bedürfen. Schlafstörungen, insbesondere bei Älteren, besitzen häufig eine multifaktorielle Genese und bedürfen in der Regel eines interdisziplinären Ansatzes. Nach der Internationalen Klassifikation von Schlafstörungen in ihrer revidierten Version von 2014 (ICSD-3) lassen sich über 50 Schlafstörungen unterscheiden. Schlafstörungen können auf einzelne organische, physiologische, psychologische, psychopathologische oder pharmakologische Faktoren zurückgeführt werden, treten aber häufig erst im Zusammenwirken verschiedener ätiologischer Bedingungen zutage. Im folgenden Kapitel soll das gesamte Spektrum der schlafmedizinischen Diagnostik von der Anamnese bis hin zur apparativen Diagnostik beim Erwachsenen dargestellt werden. Dabei steht die Beschreibung der „Herzstücke“ der schlafmedizinischen Diagnostik, der Polygrafie und Polysomnografie, im Mittelpunkt der Betrachtung. Dargestellt werden die Standard-Ableitparameter der Polysomnografie nach den Kriterien der DGSM. Ergänzt werden diese durch die mittlerweile durch die American Academy of Sleep Medicine (AASM) jährlich aktualisierten Auswerteregeln der Polysomnografie und Polygrafie. Es werden die deskriptiven Kenn- und Normwerte sowie die Indikationen zur Polysomnografie bei verschiedenen Schlafstörungen nach den evidenzbasierten Kriterien der AASM dargestellt. Darüber hinaus werden die typischen polysomnografischen Besonderheiten der verschiedenen Schlafstörungen ausführlich beschrieben. Die Beschreibung spezifischer diagnostischer Methoden bei Kindern erfolgt im ► Kap. 11.

Für die Diagnostik der Schlafstörungen sind sowohl internistisch-pneumologische, kardiologische, neurologische, psychiatrische, psychologische und HNO-ärztliche Kenntnisse erforderlich. Nicht selten treten Schlafstörungen hoher Prävalenz, wie Insomnien und schlafbezogene Atemstörungen, in Koinzidenz auf. Eine einseitige Ausrichtung in Diagnostik und Therapie auf nur ein Störungsbild wird den Beschwerden des Patienten in diesen Fällen nicht gerecht.

2.1 Anamnese

Strukturierte klinische Interviews führen zu einer höheren Validität der Anamnese.

Freie klinische Interviews im Rahmen der Anamneseerhebung können zur Unterschätzung oder zum Übersehen wichtiger Symptome führen.

Auch **standardisierte Schlaffragebögen** zur Selbstbeurteilung der Schlafqualität und -quantität, des Tagesbefindens, zu Beobachtungen des Bettpartners sowie zu Angaben über potentielle Ursachen von Schlafstörungen ermöglichen eine Objektivierung der Anamnese und können den diagnostischen Prozess wesentlich vereinfachen und ökonomischer gestalten (► Abschn. 2.3, ► Abschn. 2.8).

Bei der Exploration von Schlafstörungen sind 5 Grundprinzipien zu beachten:

- Auch scheinbar harmlose Schlafstörungen verlangen diagnostische Aufmerksamkeit, da z. B. schwere schlafbezogene Atemstörungen nur leichte Symptome am Tage hervorrufen können oder unbehandelte, chronifizierte Insomnien ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Stoffwechselerkrankungen und psychische Störungen mit sich führen.
- Zum Aufbau einer vertrauensvollen Therapeuten-Patienten-Beziehung empfiehlt sich ein anfänglich eher symptomorientiertes Vorgehen. Eine vertrauende Therapeuten-Patienten-Beziehung verlangt Zeit.
- Der Patient sollte als „wissenschaftlicher Mitarbeiter“ in eigener Sache gewonnen werden. Gerade bei psychogen bedingten Schlafstörungen neigen Patienten dazu, die Ursachen ihrer Schlafprobleme als rein organisch verursacht zu betrachten. Etwaige Befindlichkeits- oder Stimmungseinschränkungen am Tage werden als Folge des Schlafproblems und weniger als deren Ursache betrachtet. Mit Hilfe eines Schlafstagebuches (► Abschn. 2.3.1) kann es gelingen, dem Patienten den Zusammenhang zwischen emotionalem Befinden am Tage und seinem nächtlichen Schlafvermögen aufzuzeigen.
- Im Falle von psychogenen Auslösern sollte ein empathisches, wertschätzendes Vorgehen

im Vordergrund stehen. Konfrontationen des Patienten mit den die Schlafstörung verursachenden oder aufrechterhaltenden psychischen Bedingungen sollten anfänglich behutsam vorgenommen werden.

- Die subjektive Symptomatik hat Vorrang vor dem objektiven Befund. Die Polysomnografie (PSG) stellt ein wichtiges diagnostisches Instrumentarium zur Ursachenabklärung von Schlafstörungen und Schweregraden dar. Trotzdem stehen die polysomnografischen Kennwerte nicht immer in direkter Beziehung zur erlebten Beschwerdesymptomatik des Patienten (► Abschn. 2.7).

2.1.1 Schlafbezogene Eigenanamnese

Das vorliegende Kapitel zur Anamneseerhebung orientiert sich vornehmlich an Schlafstörungen des Erwachsenen. Die Anamneseerhebung bei Schlafstörungen des Kindes kann davon nicht unerheblich abweichen. Dies auf dem Hintergrund, dass bei Schlafstörungen von Kindern der Befragung der Eltern, der Fremdanamnese, häufig eine zentrale Rolle zugeschrieben wird. Für die speziellen Methoden der Anamneseerhebung bei Kindern sei aus diesem Grunde auf das ► Kap. 11 verwiesen.

Die schlafmedizinische Eigenanamnese steht am Anfang des diagnostischen Prozesses bei Schlafstörungen. Eine ausführliche Datenerhebung stärkt das Gefühl des Patienten, mit seinem Problem ernst genommen zu werden und erhöht das Verständnis des Diagnostikers. Bereits zu Beginn des diagnostischen Prozesses können strukturierte Schlaftagebücher hilfreich sein (► Abschn. 2.3.1).

Erhebung der Schlafbeschwerden

- Bettzeiten und deren Regelmäßigkeit
- Verhalten und Befinden vor dem Zubettgehen und nach dem morgendlichen Aufstehen
- Subjektive Einschlafdauer
- Subjektives Ausmaß und Art nächtlicher Wachphasen

- Verhalten während möglicher Wachphasen in der Nacht
- Außergewöhnliche Phänomene, wie z. B. nächtliches Schnarchen, Atempausen (► Kap. 4) oder Schlafwandeln (► Kap. 7), die während des Schlafes auftreten und evtl. vom Bettpartner fremdanamnestisch zu erheben sind (► Abschn. 2.1.2).
- Schlaf-Wach-Strukturierung, insbesondere schlafförderliches oder schlafstörendes Verhalten am Tag und in der Nacht
- Besondere Lebenssituationen oder Erkrankungen zu Beginn der Störung
- Dauer der Beschwerden
- Dauerhaftes oder phasisches Auftreten der Beschwerden
- Psychophysiologisches Erregungsniveau während und vor der Schlafphase (► Abschn. 3.2.2)
- Kognitive, emotionale und motorische Anspannung vor und während der Schlafperiode (► Abschn. 3.2.2)
- Schlaferwartungsängste und Fokussierung auf das Schlafproblem (► Abschn. 3.2.2)
- Andere schlafhygienische Faktoren (► Abschn. 3.1.6, ► Abschn. 3.2.1)
- Bewegungsunruhe in den Extremitäten (► Kap. 8)
- Nächtliche Alpträume und nächtliches Aufschrecken (► Kap. 7)

Erhebung allgemeiner Beschwerden am Tage

- Stimmungslage wie Gereiztheit, Depressivität, Ängstlichkeit etc. (► Kap. 10, ► Abschn. 2.1.4)
- Schlaferwartungsängste und Fokussierung auf das Schlafproblem (► Abschn. 3.2.2)
- Monotonie-Intoleranz: Einschlafneigung mit einer evtl. zirkadianen oder ultradianen Rhythmik (► Kap. 1, ► Kap. 6), ggf. mit Unterstützung eines Schlaftagebuches (► Abschn. 2.3) erfassen

- Schläfrigkeit und Müdigkeit am Tage (► Abschn. 2.1.3)
- Leistungsfähigkeit: subjektiv reduziertes Leistungsvermögen mit Aufmerksamkeits- und Konzentrations- bzw. Gedächtnisstörungen mit besonderem Bezug auf das Arbeitsleben, die Straßenverfügbarkeit und für den Patienten sozial relevante Situationen (► Abschn. 2.8)

Daneben ist die Exploration möglicher Auslösefaktoren unabdingbar: Psychosoziale Belastungen (Scheidung, Arbeitsplatzwechsel, Tod einer nahe stehenden Person etc.), organische Erkrankungen (Schilddrüsenfunktionsstörung, Schmerzsyndrom, Medikamenteneinnahme, Krankenhausaufenthalte, Wechseljahre etc.), Änderung der Lebensgewohnheiten (Gewichtszunahme etc.) und schlafinkompatible Verhaltensweisen stellen eine häufige Ursache von Schlafstörungen dar.

Die Analyse des Verhaltens und des Befindens sowie Fremdbeobachtungen während des Schlafes in Bezug auf Schnarchen, Atemaussetzer, Schlafwandeln oder unruhige Beine können wichtige Hinweise auf die Ursache einer Schlafstörung liefern.

2.1.2 Schlafbezogene Fremdanamnese

Bei der schlafbezogenen Fremdanamnese werden Beobachter (Lebenspartner, Mitpatienten, Pflegepersonal etc.) zur Bestätigung und Beschreibung von schlafbezogenen Symptomen in den diagnostischen Prozess einbezogen. Bei diagnostisch unklaren Beschwerden kann die Fremdanamnese z. T. überraschende Informationen zur Diagnosefindung oder zur Aufstellung einer Verdachtsdiagnose liefern. Es handelt sich in der Regel um Symptome, die nicht der bewussten Wahrnehmung der Patienten zugänglich sind. Bei Kindern ist eine Fremdanamnese unabdingbar (► Kap. 11). Je nach Verdachtsdiagnose kann der Beobachter zu systematischen Verhaltensbeobachtungen herangezogen werden. Insbesondere zur Abgrenzung von Pavor nocturnus, Alpträumen, Schlafwandeln, Enuresis nocturna,

nächtlichen Bewegungsstörungen (inkl. Jactatio capitis nocturna), Sprechen im Schlaf, Bruxismus und neurologischen Schlafstörungen (z. B. nächtlichen zerebralen Anfallsleiden) ist eine systematische Fremdbeobachtung indiziert.

2.1.3 Anamnese von Schläfrigkeit, Müdigkeit und Leistungsvermögen am Tage

Mit Müdigkeit und Schläfrigkeit zusammenhängende Einschränkungen am Tage sind ein häufiges Symptom von Schlafstörungen, können aber auch im Rahmen anderer organischer Erkrankungen oder psychischer Störungen auftreten. Sie können die Lebensqualität der Betroffenen und das Leistungsvermögen am Tage erheblich beeinträchtigen. In der Folge sind Arbeitsfähigkeit und Fahrtauglichkeit nicht selten vermindert. Soziale Interaktionen können durch Schläfrigkeit und auch Müdigkeit so gestört werden, dass sich die Betroffenen von gewohnten Sozialkontakten zurückziehen. Hobbys, Vereinstätigkeiten, Unternehmungen im Familien- und Freundeskreis werden aufgegeben. Insuffizienzgefühle und Selbstunsicherheit infolge des fehlenden Leistungsvermögens sind nicht selten Auslöser und Grundlage sich entwickelnder erheblicher psychasthener und depressiver Störungsbilder.

Obwohl alle Patienten gleichermaßen über **Müdigkeit** oder **Tagesschläfrigkeit** klagen, finden sich bei genauerer Exploration Unterschiede in der Qualität der schlafbezogenen oder müdigkeitsbezogenen Einschränkungen.

Praxistipp

Müdigkeit beschreibt das subjektive Gefühl der Erschöpfung und des „Ausgelaugtseins“, wie es eher bei psychosomatischen Störungen auftritt.

Schläfrigkeit hingegen hat kein psychisches Korrelat. Sie tritt häufig infolge unerholsamen oder reduzierten Schlafes auf. Typisch ist hierbei die erhöhte Einschlafneigung, insbesondere in monotonen Situationen.

Patienten mit **psychogen bedingten insomnischen Schlafstörungen** (► Kap. 3) schildern primär das Symptom Müdigkeit, können aber auch an Schläfrigkeit leiden. Sie erleben eher ein Gefühl der psychischen Erschöpfung, das nicht selten unter Stress verstärkt wird. Es kann als Ausdruck des chronisch erhöhten Anspannungsniveaus verstanden werden. Häufiger tritt ein Gefühl des Überfordertseins auf. Die müdigkeitsbezogenen Einschränkungen stehen selten in Abhängigkeit zu situativen Bedingungen, wie z. B. Autofahren, Besprechungen, Sport oder anderen Tätigkeiten. Vielmehr lassen sich eher intrapsychische Bedingungen, wie z. B. vermehrtes Stresserleben eruieren. Ausgeprägte tageszeitliche Schwankungen sind seltener zu beobachten. In Situationen, welche Schlaf erlauben, tritt Schlaf nicht auf.

So finden sich bei entsprechenden Untersuchungsverfahren zur Erfassung von Schläfrigkeit am Tage, wie dem Multiplen Schlaflatenz-Test (MSLT), dem Multiplen Wachbleibe-Test (MWT) oder auch dem pupillografischen Schläfrigkeitstest (► Abschn. 2.8.1) keine pathologischen Schläfrigkeitstestwerte. Die nächtliche Schlafmenge ist häufig aufgrund von verlängerten Einschlafzeiten und vermehrten Wachphasen während der Schlafperiode vermindert.

Bei **organischen Schlafstörungen** ohne psychogene Auslöser und ohne erhöhtes Anspannungsniveau ergibt sich, häufig infolge unerholsamen Schlafes, ein anderes klinisches Bild der Schläfrigkeit am Tage. Sie ist durch eine deutlich erhöhte Einschlafzeit am Tage gekennzeichnet. Ist Schlaf am Tage möglich, tritt er innerhalb kurzer Zeit ein.

Intrapsychische Anspannung, z. B. Stress, führt bei diesen Patienten eher zur Abnahme der Schläfrigkeit. Ebenso können interessante, motivierende Aufgaben oder Situationen die Schläfrigkeit reduzieren. In monotonen, eher reizarmen Situationen, z. B. beim Fahren auf der Autobahn, beim Fernsehen, Kino- oder Theaterbesuch, bei Vorträgen oder lang andauernden Besprechungen tritt die Schläfrigkeit vermehrt auf. Nicht selten sind ausgeprägte zirkadiane Schwankungen mit vermehrter Schläfrigkeit am Morgen nach dem Aufstehen (Hang-over) und in den frühen Nachmittags- und Abendstunden. Die Menge des Nachtschlafes ist unauffällig oder sogar verlängert. Insbesondere am Wochenende und im Urlaub werden verlängerte Schlafzeiten beobachtet.

In Tagschlafuntersuchungen (MSLT, MWT, ► Abschn. 2.8.1) findet sich sehr häufig eine verkürzte

Einschlafzeit, im pupillografischen Schläfrigkeitstest ein pathologischer Testwert (PUI). Im Polysomnogramm lassen sich feinstrukturell häufig erhöhte Schlaffragmentierung mit gehäuften Stadienwechseln sowie erhöhte Leicht- und reduzierte Tiefschlafanteile feststellen.

Selbstverständlich gibt es zwischen den beiden diametral erscheinenden Formen der Schläfrigkeit und Müdigkeit viele Varianten, in denen organische und psychogene Anteile gemischt und interdependent sind (► Kap. 10). Die dargestellten charakteristischen Merkmalstypen sind jedoch nicht nur theoretischer Natur, sie weisen auch für die Therapie auf unterschiedliche Ansatzpunkte hin. Zu Qualitäten schläfrigkeits- und müdigkeitsbezogener Einschränkungen, ► Tab. 2.1.

2.1.4 Weiterführende Anamnese zur differenzialdiagnostischen Ursachenabklärung von Schlafstörungen

Die allgemeinmedizinische, psychiatrische, neurologische, Medikamenten- und Suchtmittelanamnese fragt nach aktuellen und zurückliegenden Beschwerden, Erkrankungen bzw. Substanzmittelgebrauch, welche die Schlafstörung ausgelöst und aufrechterhalten haben können.

Bei der **allgemeinmedizinischen Anamnese** sind insbesondere somatische Erkrankungen (endokrine Erkrankungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, neurodegenerative Erkrankungen) als Ursache sekundärer Schlafstörungen von Interesse (► Tab. 3.2).

Die **psychiatrische Anamnese** dient der Erfassung psychischer Störungen, in deren Rahmen Schlafstörungen häufig sind (► Kap. 10). Ungefähr 80 % der psychiatrischen Erkrankungen gehen mit Schlafstörungen einher, bei ca. 30 % der Insomnien liegt eine psychiatrische Störung zugrunde. Ein besonderes Augenmerk gilt

- phasenhaft mono- oder bipolar auftretenden Affekterkrankungen
- präpsychotischen Zuständen
- chronifizierten Verstimmungszuständen
- Suchtmittel-Missbrauch
- intrapsychischen Konflikten
- sozialen Belastungssituationen.

■ **Tab. 2.1** Charakteristika von Müdigkeit und Schläfrigkeit^a

Müdigkeit	Schläfrigkeit
Subjektives Gefühl und Erleben von verminderter Leistungsfähigkeit bei körperlichen, psychischen und kognitiven Anforderungssituationen	Reduktion der zentralnervösen Aktivierung, der Wachheit
Intrapsychische Gebundenheit der Müdigkeit: Mattigkeit, Gefühl der Überforderung, unter Stresserleben verstärkt auftretend	Einschlafdrang, kein intrapsychisches Korrelat, unter Stresserleben Reduktion der Schläfrigkeit
In Situationen, in denen Schlaf möglich oder erwünscht ist, tritt Schlaf nicht auf. Keine Tagschlafepisoden	In Situationen, in denen Schlaf möglich oder erwünscht ist, tritt Schlaf auf. Tagschlafepisoden
Keine Monotonie-Intoleranz	Monotonie-Intoleranz
Keine ausgeprägte zirkadiane Rhythmik	Zirkadiane Rhythmik
Monotone Situationen sind kein Schlafstimulus	Monotone Situationen als Schlafstimulus
Schlafmenge in der Nacht normal bis reduziert	Schlafmenge in der Nacht normal bis erhöht, ggf. Schlaf-fragmentierung
Einschlaflatenz am Tage und in der Nacht unauffällig bis verlängert	Einschlaflatenz am Tage und in der Nacht unauffällig bis verkürzt
Schlafmenge am Wochenende oder im Urlaub eher unverändert	Schlafmenge am Wochenende oder im Urlaub eher verlängert

^a Müdigkeit und Schläfrigkeit werden in der internationalen Literatur als **Fatigue** und **Sleepiness** bezeichnet.

Insomnien stellen häufig Prodromi depressiver Störungsbilder dar und gelten auch häufig als das letzte Symptom, das sich bei einer Remission der Depression auflöst. Im diagnostischen Prozess gilt es, die Subtypen der chronischen Insomnie zur adäquaten Indikationsstellung therapeutischer Maßnahmen zu unterscheiden (► Abschn. 3.1).

Die **neurologische Anamneseerhebung** und Untersuchung dient der Erfassung möglicher Erkrankungen des zentralen und peripheren Nervensystems. Von Interesse sind insbesondere

- demenzielle Prozesse,
- Läsionen des zentralen und peripheren Nervensystems,
- entzündliche Prozesse,
- systemische Erkrankungen,
- andere Erkrankungen mit Affektion des Nervensystems.

Bei entsprechender Verdachtsdiagnose können weiterführende Untersuchungen, wie EEG, Langzeit-EEG, evozierte Potentiale, bildgebende Verfahren und Laboruntersuchungen notwendig werden. Die Indikation darf nicht zu eng gestellt werden.

Insbesondere bei neurodegenerativen Erkrankungen mit Affektion des Hypothalamus inkl. Nucleus suprachiasmaticus und subkortikaler cholinerg, dopaminerger, serotonerger Leitungsbahnen, welche an der Schlaf-Wach-Regulation beteiligt sind, können ausgeprägte Schlafstörungen bis zur Auflösung der Schlaf-Wach-Rhythmik beobachtet werden. Die Demenz ist in über 50 % der Fälle mit Schlafstörungen assoziiert. Die Schwere der Demenz und die aufgelöste Tagesrhythmik stehen in enger Beziehung. Es kann eine große Diskrepanz zwischen objektiv vorliegender Schlafstörung und der subjektiven Schlafbewertung festgestellt werden. Schlafstörungen sind bei der Demenz vom Alzheimer-Typ DAT häufiger als bei der Lewy-Körperchen-Demenz (LBD).

Viele Medikamente und medizinische Substanzen haben Auswirkungen auf den Schlaf. Die **Medikamentenanamnese** umfasst alle rezeptpflichtigen, aber auch nicht rezeptpflichtige Medikamente. Verschiedene Medikamente wie Betablocker, Antikonzeptiva, manche Antidepressiva, Appetitzügler oder Hypnotika können den Schlaf negativ beeinflussen. Dabei können viele Substanzen sowohl insomnische

als auch hypersomnische Störungen hervorrufen. Genuss- und Suchtmittel, z. B. Alkohol, Nikotin und andere Drogen, können das Schlafvermögen auch in geringen Dosen erheblich beeinträchtigen. Patienten mit Schlafstörungen werden durch den Konsum derartiger Substanzen noch zusätzlich und häufig nachhaltiger in ihrem Schlafvermögen gestört als Schlafgesunde.

Praxistipp

Von besonderer Bedeutung ist der Zeitpunkt der erstmaligen Medikamenteneinnahme, da eine in der Folge veränderte Schlafqualität Hinweise über medikamentenbedingte Schlafstörungen geben kann.

Bei gutachterlichen Fragestellungen (► Kap. 12), z. B. zur Fahrtauglichkeit oder Arbeits- bzw. Berufsfähigkeit ist zur Vermeidung von Simulation bzw. Dissimulation ein Medikamenten-Screening im Urin auf stimulierende und sedierende Substanzen indiziert.

2.2 Laborparameter bei Schlafstörungen

Da zahlreiche somatische und psychische Erkrankungen sekundär mit Schlafstörungen einhergehen, empfiehlt sich bei entsprechenden anamnestischen Hinweisen die Bestimmung eines Screening-Labors (► Tab. 2.2). Bei differentialdiagnostischer Abklärung einzelner Schlafstörungen und deren Beschwerden kann die Bestimmung weiterführender Laborparameter indiziert sein, so beispielsweise

bei der Unterscheidung zwischen idiopathischem und sekundärem RLS die Bestimmung von Eisen, Folsäure und Vitamin B12. Bei hypersomnischen Störungen kann ergänzend die Bestimmung von Vitamin B12 und Vitamin D sinnvoll sein.

2.3 Schlafragebogen

Validierte Fragebögen stellen ein wichtiges diagnostisches Hilfsmittel dar. Ihre Ergebnisse sind vom Untersucher relativ unabhängig (Objektivität) und sie machen den diagnostischen Prozess ökonomischer. Der Patient kann bereits im Wartezimmer den Fragebogen ausfüllen, und das Assistenzpersonal kann ihn nach entsprechender Schulung auswerten. Die Interpretation hat unter Einbeziehung aller übrigen Befunde durch den Therapeuten zu erfolgen.

Zur Erfassung der Tagesschläfrigkeit gilt die Epworth Sleepiness Scale (► Abschn. 2.8.1) als allgemein akzeptiertes Verfahren in der Routinediagnostik. Diese und einige der nachfolgend beschriebenen schlafbezogenen Fragebögen können auf der Homepage der DGSM (www.dgsm.de) heruntergeladen werden.

2.3.1 Schlaftagebuch

Die Deutsche Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM, ► Wichtige Links) empfiehlt ein umfassendes, standardisiertes und anerkanntes Schlaftagebuch, welches aus der Zusammenarbeit verschiedener Schlaflaboratorien entstanden ist. Es kann kostenfrei von der Homepage der DGSM (www.dgsm.de) heruntergeladen werden.

■ **Tab. 2.2** Laborscreening bei Verdacht auf sekundäre Schlafstörungen (bei entsprechenden Auffälligkeiten weiterführende Diagnostik und allgemeinmedizinische bzw. internistische Abklärung)

Basisparameter	Zusätzliche Parameter bei entsprechendem klinischen Verdacht
Blutbild	Syntheseleistung Leber (Albumin, Cholinesterase, INR)
BSG, CRP	Nierenwerte (Kreatinin, Harnstoff)
Elektrolyte (Natrium, Kalium, Kalzium)	Vitamin B12, Folsäure, Eisenstoffwechsel (Transferrinsättigung, Ferritin)
Glukose	BZ-Tagesprofil, Glukose-Belastungstest, HbA1c
Schilddrüsenparameter (TSH)	–

2.3 · Schlafragebogen

Das Schlaftagebuch wird am Abend vor dem Zubettgehen und am Morgen nach dem Aufstehen vom Patienten zur Erfassung seiner subjektiven Schlafqualität und zur Erhebung von schlafstörenden Verhaltensweisen ausgefüllt. Es dient der Erfassung

- von Schlaf-Wachstörungen jedweder Genese,
- des subjektiven Schlafvermögens,
- der Schlafhygiene (Lebensgewohnheiten und Verhaltensweisen in Bezug auf den Schlaf),
- schlafstörender Verhaltensweisen vor bzw. während der Schlafperiode,
- des Befindens vor und während der Schlafperiode,
- nächtlicher Besonderheiten,
- und des Substanzmittelgebrauchs.

Es sind alle Bett- und Schlafzeiten, auch die während des Tages, aufzuzeichnen. Die Einschätzung der Erholbarkeit des Schlafes ist vom Patienten ebenso zu dokumentieren wie den Schlaf störende Probleme in der beruflichen und privaten Umgebung. Zur Dokumentation gehören auch Angaben über den Konsum von Kaffee oder Tee, Alkohol, Medikamenteneinnahme sowie den Schlaf fördernde Aktivitäten, wie z. B. Spazierengehen etc.

Praxistipp

Das Schlaftagebuch stellt einen Basisstandard in der Diagnostik von Schlafstörungen dar. Es sollte über einen Zeitraum von mindestens 2 Wochen geführt werden.

Wegen der anfänglich verstärkten Selbstbeobachtung in Bezug auf das Schlafverhalten und der daraus resultierenden Irritationen und sekundären Anspannungserhöhungen in der Bettsituation werden die ersten 7 Tage nur eingeschränkt in die Analyse einbezogen.

2.3.2 Pittsburgher Schlafqualitätsindex (PSQI)

Der Pittsburgher Schlafqualitätsindex (PSQI) umfasst 19 Selbstbeurteilungsfragen und 5 Fragen zur Fremdbeurteilung durch den Bettpartner. Anhand der Antworten lassen sich Aussagen treffen

- zur subjektiven Schlafqualität,
- zur Einschlafdauer,
- zur Schlaffeffizienz,
- zum Schlafmittelkonsum,
- zur Tagesmüdigkeit und
- zur Häufigkeit verschiedener Schlafstörungen innerhalb der vergangenen 4 Wochen.

Der PSQI differenziert valide zwischen guten und schlechten Schläfern. Er kann zur Schweregradeinschätzung und damit zur Therapieevaluation herangezogen werden.

Praxistipp

Der PSQI ist ein wichtiger Bestandteil in der Routinediagnostik bei Schlafstörungen dar und gibt Auskunft über die subjektive Schlafqualität.

2.3.3 Landecker Inventar für Schlafstörungen (LISST)

Beim Landecker Inventar zur Erfassung von Schlafstörungen (LISST) handelt es sich um einen fakto-renanalytisch entwickelten Fragebogen zur differentialdiagnostischen Erfassung von Schlafstörungen. Das LISST basiert auf der International Classification of Sleep Disorders (ICSD).

Es werden schlafbezogene Atmungsstörungen, Insomnie, Narkolepsie, Restless-Legs-Syndrom und zirkadiane Rhythmusstörungen unterschieden und schweregradbezogene Aussagen zu den jeweiligen Schlafstörungen getroffen. Auf Itemebene werden Parasomnien wie Pavor nocturnus, Schlafwandeln, Alpträume und andere erfasst. Zwei weitere Skalen erfassen die subjektive Schlafqualität der Patienten und das subjektive Leistungsvermögen am Tage. Zur unterstützenden Abgrenzung von primären versus sekundären Schlafstörungen und zur Erleichterung der Anamneseerhebung beinhaltet das LISST Items zu körperlichen Erkrankungen, zur Medikamenteneinnahme und zum Konsum von Alkohol und anderen Drogen.

Das Inventar ist relativ schnell, in 5–15 min, vom Patienten zu bearbeiten. Aufgrund seiner Standardisierung bezüglich Durchführung und Auswertung kann das LISST als objektiv betrachtet werden. Alle

Diagnosegruppen unterscheiden sich varianzanalytisch in den jeweiligen Skalen hoch signifikant und es ergibt sich ein hoher Grad an Übereinstimmung zwischen polysomnografisch begründeter Diagnosestellung im Schlaflabor und dem LISST.

Die Ergebnisdarstellung erlaubt dem Untersucher, den Patienten sowohl mit Schlafgesunden als auch mit den jeweiligen Gruppen von Schlafstörungen individuell zu vergleichen. Anhand von Prozenträngen lassen sich Wahrscheinlichkeiten für das Vorliegen einer oder auch mehrerer Schlafstörungen erkennen. Außerdem sind auch Aussagen zum Schweregrad der jeweiligen Schlafstörung möglich.

2.3.4 Fragebogen zur Erfassung von Persönlichkeitsmerkmalen bei Schlafstörungen (FEPS)

Dieser Fragebogen liefert einen wichtigen Beitrag zur Diagnostik psychogen bedingter Insomnien, insbesondere der psychophysiologischen Insomnie. In 2 Teilversionen werden typische Persönlichkeitsmerkmale von Insomnikern (FEPS I) und die charakteristischen kognitiven Auffälligkeiten wie Grübelneigung und Fokussierung auf die Schlafstörung standardisiert erfasst (FEPS II).

Die Konzeption des **FEPS I** beruht auf deskriptiven Überlegungen und ist nicht an ätiologische Vorstellungen zur Genese der Insomnien gebunden. Er besteht aus 64 faktorenanalytisch gewonnenen Items, das Antwort-Rating ist 5-fach gestuft. Die einzelnen Skalen sind den Persönlichkeitsmerkmalen

- Lebensgefühl,
- Selbstbewusstsein,
- psychische Erregung,
- physische Erregung,
- Aggressionsverhalten und
- Körperbeachtung

zugeordnet.

Die Zusatzskala „subjektive Schlafqualität“ dient der Unterscheidung von Schlafgesunden zu Schlafgestörten.

Der **FEPS II** besteht aus 23 faktorenanalytisch gewonnenen, 5-fach gestuften Items, die in 2 Skalen zusammengefasst werden. Diese beziehen sich auf Insomnie verstärkende bzw. Insomnie auslösende

Tendenzen von Insomnie-Patienten: Fokussierung auf die Schlafstörung (Skala Focussing) und nächtliche Grübelneigung, verbunden mit der mangelnden Fähigkeit, abzuschalten (Skala Grübeln). Der FEPS II eignet sich zur Therapieevaluation bei verhaltenstherapeutischen Einzel- oder Gruppenprogrammen.

Der gemeinsame Einsatz von FEPS I und FEPS II ermöglicht die Erfassung sowohl allgemeiner als auch spezifischer Persönlichkeitsmerkmale schlafgestörter Patienten.

Praxistipp

Der FEPS ist für schlafmedizinische Einrichtungen, deren Schwerpunkt nicht auf psychologischen und psychiatrischen Insomnien liegt, ein gutes Verfahren zur Ergänzung der Routinediagnostik.

2.3.5 Fragebogen zu schlafbezogenen Kognitionen (FB-SK)

Der Fragebogen zu schlafbezogenen Kognitionen (FB-SK) kann sowohl in der Diagnostik als auch zur Evaluation therapeutischer Maßnahmen in der Therapie von Insomnien eingesetzt werden. Anhand des Fragebogens können im Falle einer psychophysiologischen Insomnie typische schlafbezogene Kognitionen und deren Veränderungen im Therapieverlauf erfasst werden.

Der FB-SK beinhaltet 30 Items, welche faktorenanalytisch 5 Skalen zugeordnet werden:

- Schlafangst (9 Items)
- Katastrophisierung (7 Items)
- Gelassenheit (6 Items)
- positive Selbstinstruktionen (6 Items)
- Schlafmittelkonsum (2 Items)

Auf einer 4-stufigen Antwortskala (1=fast nie bis 4=fast immer) können die Patienten die Häufigkeit angeben, mit der diese schlafbezogenen Kognitionen auftreten.

Bei verhaltenstherapeutisch orientierten Schlaftherapiegruppen in ihren jeweils unterschiedlichen Formen ist der Einsatz des FB-SK, insbesondere aufgrund seiner Veränderungssensitivität, gut

anwendbar. Im Rahmen von wissenschaftlichen Fragestellungen bei Diagnostik- und bei Therapieevaluationsstudien ist ein Einsatz des FB-SK ebenfalls möglich.

2.3.6 Insomnia Severity Index (ISI)

Der Insomnia Severity Index (ISI) umfasst 7 Items, welche die Art und Schwere von insomnischen Beschwerden der vergangenen zwei Wochen anhand einer 5-stufigen-Ratingskala erfassen. Die Insomnie wird nach ihrem Schweregrad, nach ihrer Auswirkung auf das psychosoziale Leistungsniveau am Tage und nach subjektiv erlebten Beeinträchtigungen bewertet. Weiterhin wird die subjektive Zufriedenheit mit dem eigenen Schlafvermögen erfasst.

Es wird ein Summenscore zwischen 0 und 28 ermittelt. Ein Wert von 0–7 gilt als klinisch unauffällig, ein Wert von 8–14 weist auf eine unterschwellige Insomnie hin, ein Wert von 15–21 beschreibt eine mittelgradige und ein Wert über 22 eine schwere Insomnie. Der Vorteil des Verfahrens liegt in der Standardisierung, seiner testtheoretischen Überprüfung und Normierung.

2.3.7 STOP-Bang Fragebogen

Der STOP-Bang-Fragebogen ist ein 8 Items umfassendes validiertes Screening-Verfahren zur Erfassung der obstruktiven Schlafapnoe. Er wurde initial für das präoperative Screening auf eine obstruktive Schlafapnoe entwickelt, wurde zwischenzeitlich aber auch für die Allgemeinbevölkerung validiert. Der Fragebogen beruht auf 6 Fragen und zwei Messwerten:

- S: Snoring / Schnarchen (ja/nein)
- T: Tiredness / Tagesschläfrigkeit (ja/nein)
- O: Observed / Beobachtete Atempausen (ja/nein)
- P: Pressure / hoher Blutdruck (ja/nein)
- B: Body-Mass-Index ($>35 \text{ kg/m}^2$)
- A: Age / Alter (>50 Jahre?)
- N: Neck / Halsumfang auf Höhe des Adamsapfels ($>43 \text{ cm}$ bei Männern bzw. 41 cm bei Frauen)
- G: Gender / Geschlecht (männlich ja/nein)

Er wird gemeinsam mit dem Berliner Fragebogen am häufigsten für das Screening der obstruktiven Schlafapnoe empfohlen. Der STOP-Bang-Fragebogen weist im Vergleich zu anderen Screening-Fragebogen für die mittelschwere und schwere obstruktive Schlafapnoe die höchste Sensitivität und Spezifität auf. In einer Metaanalyse wurde der hohe prädiktive Wert des Fragebogens bestätigt. Für die Allgemeinbevölkerung ergibt sich demnach ein geringes OSA-Risiko, wenn 0–2 Punkte erreicht werden, ein mittleres Risiko bei 3–4 Punkten und ein hohes Risiko bei 5–8 Punkten.

2.3.8 Fragebogen zum Restless-Legs-Syndrom

Zur Unterstützung des diagnostischen Prozesses beim Restless-Legs-Syndrom (RLS) wurde der RLS-Diagnose-Index (RLS-DI) entwickelt. Dieses Instrument erfasst die Diagnose- und Zusatzkriterien des RLS mit jeweils 5 Fragen auf einer 3-stufigen Ratingkala. Aus der Summe der Punktwerte kann die Wahrscheinlichkeit der Diagnose ermittelt werden. Ein RLS-DI-Gesamtscore >11 stellt die Diagnose RLS als wahrscheinlich, >16 als sicher dar.

Praxistipp

Zur Beurteilung des RLS-Schweregrades wird am häufigsten die International RLS Study Group Rating Scale (IRLS) verwendet.

Bei der IRLS handelt es sich um eine Selbstbeurteilungsskala. Sie setzt sich aus 10 Items zusammen, welche die Ausprägung der Beschwerden und ihre Auswirkungen auf das Befinden am Tage erfragt. Die Antworten werden jeweils mit einer Punktzahl zwischen 0 und 4 gewertet, wobei höhere Punktwerte eine stärkere Ausprägung der Beschwerden repräsentieren.

Anhand des Summenscores wird der Schweregrad wie folgt definiert:

- 0 Punkte: symptomfrei
- 1–10 Punkte: leichtes RLS
- 11–20 Punkte: mittelschweres RLS
- 21–30 Punkte: schweres RLS
- 31–40 Punkte: sehr schweres RLS

In einer großen internationalen Validierungsstudie zeigte die IRLS sehr gute testtheoretische Gütekriterien. Die IRLS sollte nur bei Patienten eingesetzt werden, bei denen die Diagnose des Restless-Legs-Syndroms sicher ist, da vor allem bei psychiatrischen und neurologischen Störungen erhöhte IRLS-Scores von den Patienten auch ohne Vorliegen eines RLS angegeben werden.

2.4 Körperliche Untersuchung

Die körperliche Untersuchung ist bei all den Schlafstörungen wichtiger Bestandteil des diagnostischen Prozesses, bei denen eine körperliche Ursache vermutet oder ausgeschlossen werden muss. Je nach Verdachtsdiagnose kommt der Untersuchung von Kopf und Hals, Herz und Lunge oder der neurologischen Untersuchung eine besondere Bedeutung zu. Die körperliche Untersuchung ist insbesondere bei den schlafbezogenen Atmungsstörungen (► Kap. 4), den Bewegungsstörungen im Schlaf (► Kap. 8) und bei Schlafstörungen im Rahmen organischer Erkrankungen (► Kap. 9) indiziert und wird in diesen Kapitel entsprechend dargestellt.

2.5 Aktigrafie

Seit mehr als 30 Jahren steht mit der Aktigrafie eine Methode zur objektiven Aufzeichnung von Bewegungen zur Verfügung, die einfach und über längere Zeiträume fortlaufend anwendbar ist. Der Aktigraf ist ein zumeist am Hand- oder Fußgelenk getragener Messdatenaufnehmer für Bewegungsaktivität. Die häufig über mehrere Tage aufsummierten und gespeicherten Aktivitätsmuster erlauben Rückschlüsse auf den Schlaf-Wach-Rhythmus oder auf die Beinaktivität während der Schlafperiode (► Abschn. 8.2).

Studien auf der Basis reiner Korrelationen zwischen Daten von Aktigrafie und Polysomnografie ergaben bei jungen gesunden Probanden Übereinstimmungen von 91–93 %. Die Validierungsstudien beziehen sich zumeist auf Korrelationen zwischen den wesentlichen Zielparametern der Polysomnografie (PSG) und Aktigrafie, wie z. B. der Gesamtschlafzeit oder der Schlaffeizienz.

Mit der Aktigrafie (► Abb. 2.1) lassen sich Aussagen treffen über

- Schlafgewohnheiten
- Schlafstörungen

- Tagschlafepisodes und
- Therapieerfolg.

Durch das gleichzeitige Führen eines Verhaltensprotokolls lassen sich z. B. die Einschlaf latenz, nächtliche Wachphasen oder eine verlängerte Schlafdauer abschätzen.

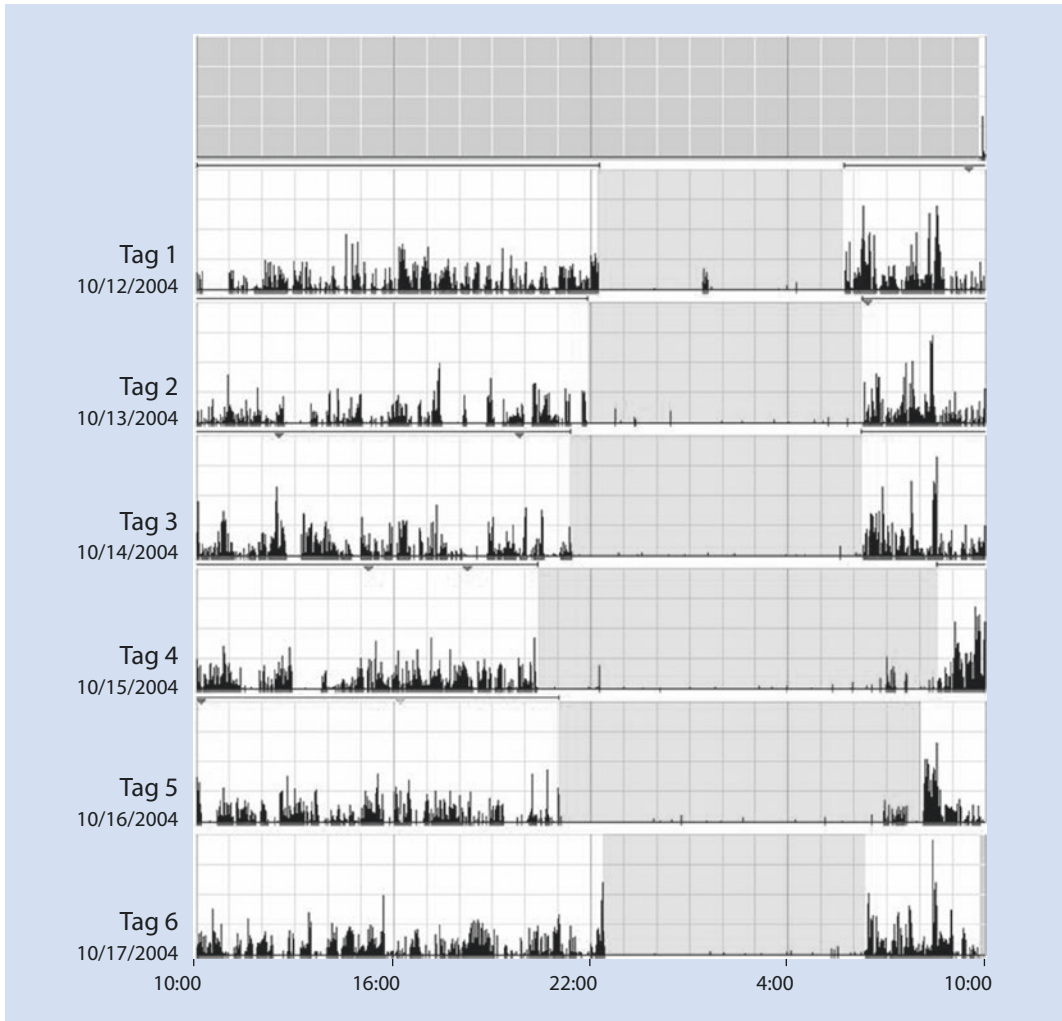
Die Aktigrafie kann trotz dieser Vorteile eine PSG nicht ersetzen. Der Nachteil der Aktigrafie liegt insbesondere in der mangelnden Präzision, da die indirekten Messungen die Schlafkontinuität nur ungefähr widerspiegeln. Ein häufiges Artefakt ist das Ablegen des Gerätes, so dass diese Phasen ebenso wie ruhige Phasen während der Wachzeit, beispielsweise beim Lesen, fälschlich als Schlaf gedeutet werden. Auch überlagerte Bewegungen, die von außen induziert werden, wie bei der Fahrt in einem Kfz, können fehlgedeutet werden. Die Kontrolle der Artefakte ist nur durch die gleichzeitige Anwendung eines Verhaltensprotokolls möglich.

Praxistipp

Beim Vorliegen von Periodic Limb Movements in Sleep (PLMS) kann die Aktigrafie zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken Anwendung finden, da sie in der Lage ist, Auskunft über die Häufigkeit periodischer Beinbewegungen während der Schlafperiode zu liefern. Zubettgeh- und Aufstehzeiten sollten exakt protokolliert werden. Im Rahmen der ambulanten Insomnie-diagnostik kann die Aktigrafie wichtige Hinweise zu gestörter Schlaf-Wach-Rhythmik, Unregelmäßigkeiten in der Bettzeit und nächtlichem Verhalten geben.

2.6 Ambulante Stufendiagnostik bei schlafbezogenen Atmungsstörungen, Polygrafie-Systeme

Die Notwendigkeit einer apparativen Diagnostik bei schlafbezogenen Atmungsstörungen ergibt sich aus der positiven anamnestischen Erhebung deren Symptome. Je mehr charakteristische Symptome vorliegen, umso höher die Verdachtsdiagnose, welche



■ **Abb. 2.1** Aktigraphie. Aufzeichnung über 6 Tage. Die hellgrauen Flächen repräsentieren Schlafperioden

apparativ geprüft wird. Die überwachte kardiorespiratorische Polysomnografie gilt als Goldstandard der apparativen schlafmedizinischen Diagnostik im Schlaflabor. Für die Diagnostik der schlafbezogenen Atmungsstörungen stehen mit Einschränkungen aber auch vereinfachte portable Polygrafiesysteme zur Verfügung.

Die Polygrafiesysteme zur Diagnostik der Schlafapnoe müssen nach der S3-Leitlinie „Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen – Kapitel „Schlafbezogene Atmungsstörungen“ der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM)

- den Atemfluss mit Thermistor oder Staudrucksensor,
- die Atmungsanstrengung mittels Induktionsplethysmografie,
- die Sauerstoffsättigung mit Pulsoximetrie,
- die Pulsfrequenz und die
- Körperlage erfassen.

Zur ausführlichen Beschreibung der Messtechnik, der Messaufnehmer, der Auswerteparameter und deren Definition, ► [Abschn. 2.7.1](#), ► [Abschn. 2.7.8](#). Die Auswertung erfolgt nach den jeweils gültigen Regeln der AASM in ihrer jeweiligen aktuellen Fassung

durch einen schlafmedizinisch ausgebildeten Facharzt. Grundsätzlich wird für eine ausreichende diagnostische Aussagefähigkeit eine Registrierzeit von mindestens 6 h während der Schlafperiode gefordert, ansonsten ist die Wiederholung der Untersuchung indiziert.

Optimale Polygrafie-Geräte zeichnen sich aus durch

- robuste Messtechnik und Messaufnehmer mit langer Lebensdauer,
- einfache, zum Teil durch den Patienten selbst zu applizierende Messaufnehmer,
- geringe Artefaktanfälligkeit,
- valide automatische Auswerteralgorithmen,
- einfache und ökonomische Software zur Überarbeitung der automatischen Analyse,
- einen umfassenden, aber auch übersichtlichen und frei gestaltbaren automatischen Befund,
- eine mögliche Anbindung an die Praxissoftware oder das Krankenhausinformationssystem (KIS) mittels unterschiedlicher Schnittstellentechnologie (z. B. HL7-Schnittstelle).

Nach der oben zitierten S3-Leitlinie der DGSM ist die Diagnosestellung einer SBAS mit unüberwachten Polygrafiesystemen bei starker Verdachtsdiagnose und für die Bestimmung der Schweregrade von SBAS möglich. Die Auswertung soll durch geschultes Personal visuell erfolgen. Die alleinige Auswertung durch die softwareeigenen Algorithmen kann nicht empfohlen werden. Für eine Ausschlussdiagnostik einer SBAS wird die PSG empfohlen, da die Polygrafie dafür nicht als ausreichend valide betrachtet wird. Die Polygrafie soll in der Regel für die Diagnostik der SBAS bei Patienten mit für diese Fragestellung relevanten komorbiden Störungen nicht als Ersatz für die PSG angewendet werden. Komorbide Erkrankungen, welche geeignet sind die Aussagekraft der Polygrafie Systeme zu reduzieren und eine diagnostische Polysomnografie erforderlich machen, sind:

- pulmonale,
- psychiatrische,
- neurologische und
- neuromuskuläre Erkrankungen.

Ebenso wird die Polygrafie beim komorbiden Auftreten von Schlafstörungen, wie z.B.

- zentrale Schlafapnoen,
- Insomnien,

- periodischen Bewegungsstörungen im Schlaf,
- Narkolepsien oder
- zirkadianen Schlaf-Wach-Rhythmusstörungen nicht empfohlen.

Zu beachten ist, dass Polygrafie Systeme bei Überwiegen von Hypopnoen nicht immer valide obstruktive von zentralen Schlafapnoen unterscheiden können (► [Abschn. 2.7.8](#)). Aufgrund des Fehlens von EEG Kanälen sind sie bei der Schweregradeinteilung einer Schlafapnoe weniger genau als eine Polysomnografie. Darüber hinaus können aufgrund des Fehlens eines EEGs physiologische Unregelmäßigkeiten der Atmung beim Schlaf-Wach Übergang (Einschlafapnoe) fälschlich als Apnoe klassifiziert werden und falsch positive Ergebnisse liefern. Ebenso lassen sich mit diesen reduzierten Systemen Differentialdiagnosen der Schlafapnoe nicht erfassen.

Die Gesundheitsbehörden haben im Gemeinsamen Bundesausschuss ein ambulantes Stufenschema (sog. BUB-Richtlinien) für die Diagnostik der SBAS festgeschrieben.

Ambulantes Stufenschema für die Diagnostik von SBAS nach BUB-Kriterien

- 1. Stufe: standardisierter Fragebogen zu spezifischen Symptomen und Folgezuständen der SBAS (► [Abschn. 2.3](#), ► [Abschn. 2.8.1](#)).
- 2. Stufe: klinische Untersuchung mit gezielter Schlafanamnese (► [Abschn. 2.1](#)).
- 3. Stufe: ambulante Untersuchung in der heimischen Umgebung des Patienten mittels 8-kanaligem Polygrafie-System.
- 4. Stufe: Bei eindeutig positivem ambulanten Polygrafie-Befund kann direkt im ambulanten oder stationären Schlaflabor unter polysomnografischer Überwachung eine Therapie mittels nächtlicher Ventilation oder anderer Verfahren eingeleitet werden. Bei nicht eindeutigem Polygrafie-Befund, insbesondere hinsichtlich des Vorliegens einer SBAS oder fehlender differenzialdiagnostischer Aussagemöglichkeiten, wird im ambulanten oder stationären Schlaflabor eine diagnostische Polysomnografie durchgeführt.

2.7 · Polysomnografie (PSG)

In Stufe 3 werden während einer Nacht in der heimischen Umgebung je nach Ableitsystem relevante Biosignale schlafbezogener Atmungsstörungen erfasst.

Die Ergebnisse werden mittels computergestützter Analyse in aller Regel am nächsten Tag ausgewertet (■ Abb. 2.2, ■ Abb. 2.3). Dafür hat die American Academy of Sleep Medicine erstmals Regeln für die standardisierte Auswertung polygrafischer Untersuchungen formuliert (■ Tab. 2.5., ■ Tab. 2.6).

In Stufe 4 kann nach den BUB-Richtlinien in Übereinstimmung mit der S3-Leitlinie „Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen“ – Kapitel „Schlafbezogene Atmungsstörungen“ der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM) und den Empfehlungen der American Academy of Sleep Medicine (AASM) bei einem positiven, unüberwachten Polygrafiebefund in heimischer Umgebung, im Schlaflabor direkt eine Einstellung auf eine nächtliche Ventilationstherapie unter polysomnografischen Bedingungen vorgenommen werden. Ist die Aussagefähigkeit der Polygrafiesysteme aufgrund des Vorliegens oben aufgeführter komorbider Erkrankungen eingeschränkt, erfolgt vor Therapieeinleitung eine diagnostische Polysomnografie. Verlaufs- und Therapiekontrollen können mittels Polygrafie-Systemen erfolgen. Bei Patienten mit unklarem Therapieerfolg, hohem Herz-Kreislauf-Risiko und Patienten mit anderen den Schlafstörenden Erkrankungen können PSG-Kontrollen indiziert sein.

Praxistipp

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass für alle anderen Schlafstörungen außer den SBAS eine Stufendiagnostik mit unüberwachten Polygrafie-Systemen nach den BUB Kriterien nicht erforderlich und sinnvoll ist.

In der jüngeren Vergangenheit wurden weitere ambulante Untersuchungsverfahren entwickelt, welche ebenso geeignet erscheinen, diagnostische Hinweise auf das Vorliegen schlafbezogener Atmungsstörungen zu geben, so beispielsweise die periphere arterielle Tonometrie (PAT) und die Puls-Transit-Zeit bzw. Pulswellen-Analyse. Derzeit sind diese aber in den BUB-Richtlinien noch nicht berücksichtigt.

Die periphere arterielle Tonometrie (PAT) erfasst die Veränderungen des vaskulären Tonus am Finger während des Schlafes. Der periphere Gefäßtonus sowie der periphere Gefäßwiderstand werden durch die sympathische Nervenaktivität beeinflusst. Dabei korrelierten die mittels PAT bestimmten respiratorischen Indizes (Entsättigungsindex, AHI, RDI) signifikant positiv mit den durch Polysomnografie ermittelten schlafbezogenen Kenngrößen. Die AASM beschreibt in der aktuellen Version aus dem Jahr 2016 die PAT als Alternative zu herkömmlichen Polygrafie-Systemen unter der Voraussetzung, dass u. a.

- die Oximetrie und die Herzfrequenz aufgezeichnet werden,
- die Rohdaten einsehbar sind und
- die automatische Analyse einsehbar und editierbar ist.

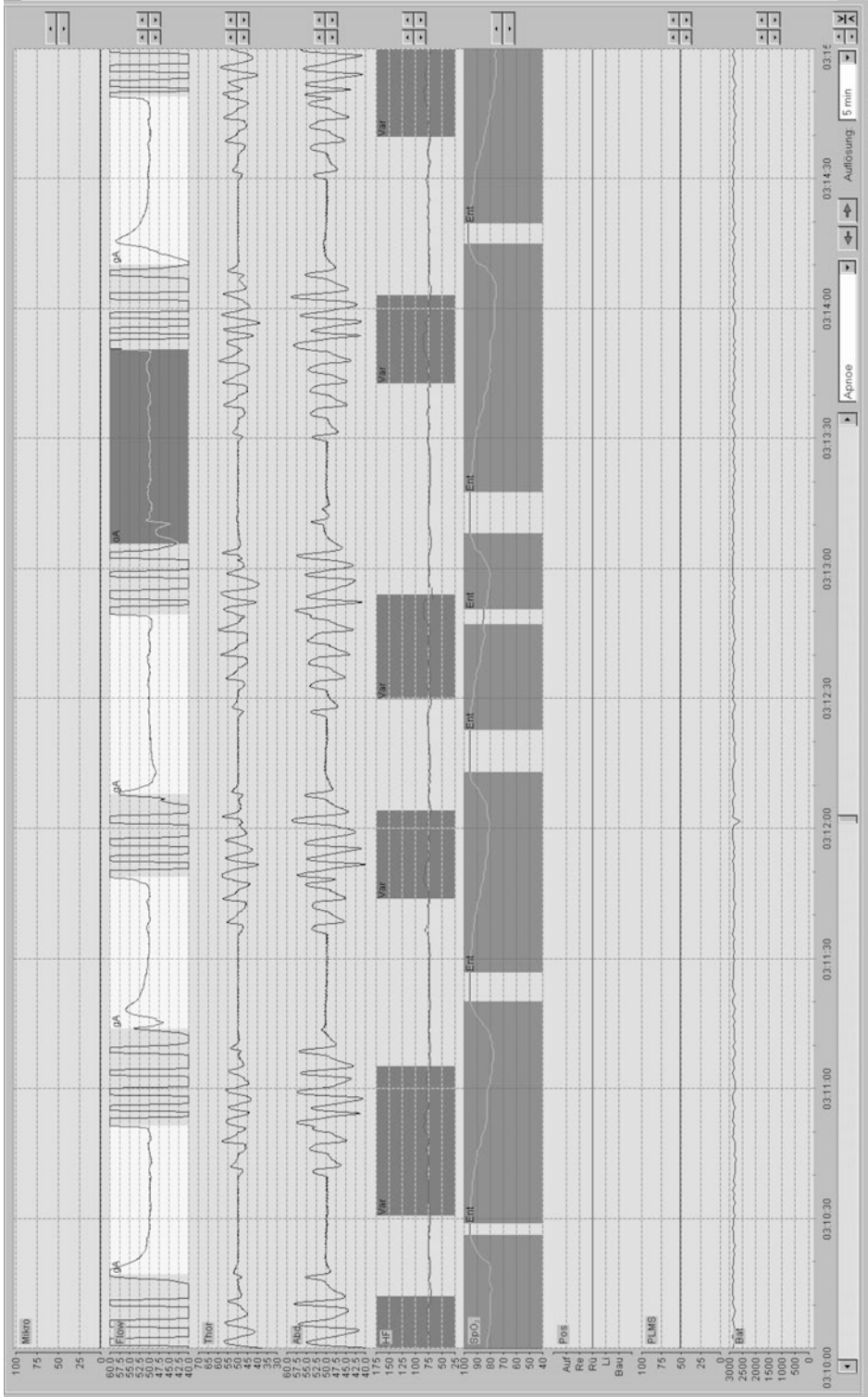
Die PAT könnte zukünftig außerhalb des Schlaflabors ebenso als Methode zur Erfassung von schlafbezogenen Atmungsstörungen Beachtung finden.

2.7 Polysomnografie (PSG)

Die Polysomnografie (PSG) stellt das Kernstück bei der Diagnostik von Schlafstörungen dar. Sie ist in der Lage, den Schlaf und seine pathologischen Veränderungen objektiv zu erfassen. Mit Hilfe der PSG lassen sich Ursachen von Schlafstörungen, z. B. Schlafapnoe, periodische Bewegungen der Gliedmaßen im Schlaf oder auch Schlafwahrnehmungsstörung erkennen und verifizieren, die auf anderem Wege einer Diagnostik nicht zugänglich sind.

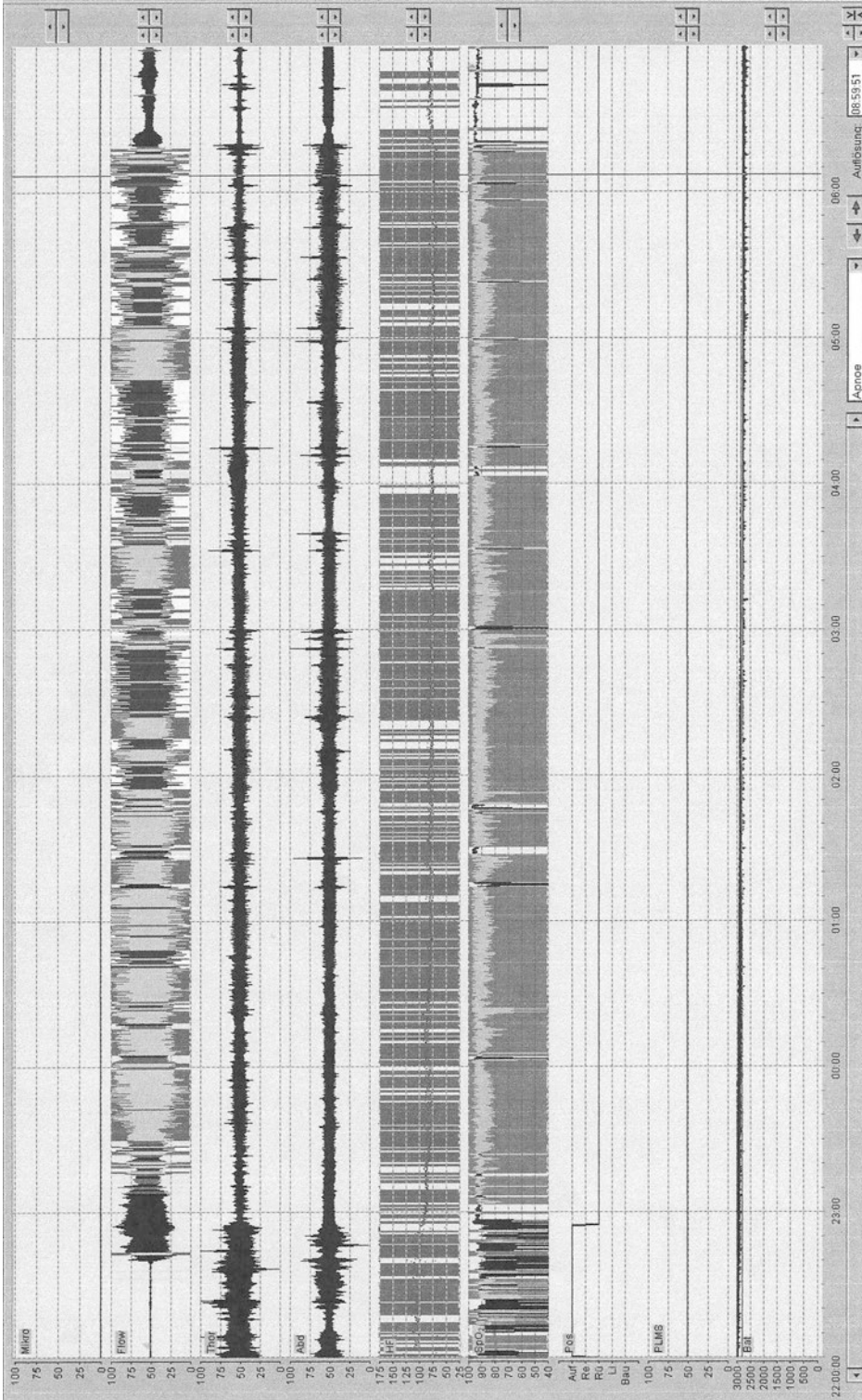
In zahlreichen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass der Anteil von ambulant gestellten Diagnosen nach einer PSG in bis zu 50 % der Fälle modifiziert oder wesentlich ergänzt werden musste. Insbesondere bei schlafbezogenen Atmungsstörungen muss häufig ein Wechsel der Diagnose erfolgen oder eine relevante schlafbezogene Zweitdiagnose gestellt werden.

Nachdem durch eine Expertengruppe der American Academy of Sleep Medicine (AASM) ein neues Klassifikationssystem (International Classification of Sleep Disorders, 3rd Edition; ICSD-3) veröffentlicht wurde, besteht Hoffnung auf ein umfassendes und allgemein anerkanntes Klassifikationssystem für die klinische und wissenschaftliche Schlafmedizin.



2

▣ **Abb. 2.2** 5-min-Darstellung einer Polygrafie-Untersuchung bei obstruktiver Schlafapnoe. Dargestellt sind wiederholte gemischte und obstruktive Apnoen (s. Abb. oben, Flow), assoziierte O₂-Desaturationen (s. Abb. unten, SpO₂) und Apnoe-terminierende Beschleunigungen in der Herzfrequenz (HF) als Ausdruck eines Arousals



▣ **Abb. 2.3** Ganznachtsdarstellung einer Polygrafie-Untersuchung bei obstruktiver Schlafapnoe. Dargestellt sind obstruktive, gemischte und zentrale Apnoen (s. Abb. oben, Flow) im oronasalen Luftfluss. Weiterhin repetitive HbO_2 -Desaturationen (s. Abb. unten, SpO_2) und Variationen in der Herzfrequenz (HF). Der Patient weist einen Respiratory Disturbances Index (RDI) von 46,2/h auf und einen Entsättigungsindex (EI) von 62,1/h.

Die AASM-Kriterien (2007–2016) für die Auswertung des Schlafes und assoziierter Ereignisse (The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events – Rules, Terminology and Technical Specifications) basieren im Wesentlichen auf denjenigen von Rechtschaffen u. Kales (1968), insbesondere im Hinblick auf die Auswahl der Biosignale zur Beschreibung des Schlafes. Die Arousal-Klassifikation einer früheren Arbeitsgruppe der American Sleep Disorders Assoziation (ASDA) wurde gänzlich übernommen. Eigenständige Auswertungskriterien für den Schlaf bei Kindern und ambulante Untersuchungen bei Verdacht auf schlafbezogene Atmungsstörungen wurden formuliert. Ergänzt wurden die Kriterien durch standardisierte Empfehlungen für Verstärkereinstellungen, einheitliche Benutzeroberflächen PC-gestützter Systeme, Datenformate und für die visuelle Auswertung und Befundung der PSG. Alle Aussagen der AASM wurden entweder evidenzbasiert getroffen, basierten auf Literatur-Reviews oder auf Konsensusverfahren.

Die Regeln für die Bewertung des Schlafes wurden gegenüber den Kriterien von Rechtschaffen u. Kales vereinfacht: Zunächst wurde die Anzahl der zu bewertenden Schlafstadien reduziert. Die bei Rechtschaffen u. Kales unterschiedenen Tiefschlafstadien 3 und 4 wurden zu einem Schlafstadium (N3) zusammengefasst. Das Schlafstadium Movement-Time wurde gestrichen. Es erfolgt weiterhin eine epochenhafte Auswertung in 30 s-Blöcken. Eine alleinige automatische Analyse der Schlafstadien ist explizit nicht gewünscht. Die Regeln für das erstmalige Auftreten eines Schlafstadiums zu Schlafbeginn (Einschlaflatenz) wurden präzisiert, die für die Auswertung wenig ökonomische 3-min-Regel beim Schlafstadium N 2 und REM (R) aufgehoben und die Berücksichtigung von **Grafoelementen** (K-Komplexe, Schlafspindeln, Vertex-Wellen) für die Bewertung einzelner Schlafstadien vereinfacht. Grafoelemente sind charakteristische Phänomene in der EEG-Aufzeichnung, die für bestimmte Schlafstadien typisch sind. K-Komplexe und Spindeln z. B. bestimmen das Schlafstadium N 2, während Vertex-Wellen typisch für das Schlafstadium N 1 sind. Die Nomenklatur der einzelnen Schlafstadien wurde gegenüber Rechtschaffen u. Kales, wohl zur besseren Unterscheidung der beiden Auswertesysteme, ebenfalls modifiziert. Charakteristisch ist die Voranstellung

eines „N“ vor die jeweilige numerische Schlafstadienbezeichnung unter den neuen Kriterien. Bei R & K (1968) wurde ein „S“ vor die numerische Schlafstadienbezeichnung gestellt. So wurde beispielsweise aus dem Stadium „S 1“ bei R&K jetzt das Stadium „N 1“.

Kritisch anzumerken bleibt, dass noch präzise Definitionen für Grafoelemente fehlen, oder deren Definitionen nicht immer einer wissenschaftlichen Überprüfung standhalten dürften. So beispielsweise die zeitlichen Kriterien bei AASM für eine Vertex-Zacke. Grundsätzlich sind die Bemühungen der AASM hinsichtlich Standardisierung, Vereinfachung und wissenschaftlicher Begründung der Auswerteregeln sehr zu begrüßen, bedürfen jedoch der regelmäßigen Weiterentwicklung und Anpassung an neue wissenschaftliche Erkenntnisse bzw. technische Möglichkeiten.

Im Folgenden werden

- die Grundlagen der heutigen Schlafstadienklassifikation,
- die abzuleitenden Standard-Biosignale in einer PSG und
- die Auswertung und Bewertung der Ergebnisse der PSG bei den häufigsten Störungsbildern dargestellt.

Von der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM) wurden Qualitätskriterien für die Durchführung von Polysomnogrammen entwickelt. Diese beziehen sich auf die bauliche Grundausstattung eines Schlafzentrums, die technische und personelle Ausstattung und die Prozessabläufe in einem durch die DGSM akkreditierten Schlafzentrum. Die Kriterien können auf der Homepage der DGSM (www.dgsm.de) eingesehen werden.

Jeder polysomnografischen Aufzeichnung hat eine technische und biologische Kalibrierung voranzugehen.

Die **biologische Kalibrierung** dient der

- Abgrenzung physiologischer Ereignisse während des Schlafes gegenüber Artefakten,
- Überprüfung der Verstärkereinstellungen und Polungen einzelner Ableitkanäle und
- Zuordnung spezifischer Verhaltensweisen während des Schlafes zu entsprechenden Ableitmustern.

Biologische Kalibrierung

- Augen auf versus Augen geschlossen für jeweils ca. 20 s (Alpha-Blockierungseffekt)
- Blinzeln
- Blickbewegungen der Augen nach links bzw. rechts bei gerader Kopfhaltung
- Rollende Augenbewegungen
- Schlucken
- Zähne zusammenbeißen
- Schnarchen
- Bis 5 zählen (Differenzierung Sprache gegen Schnarchen bei Verwendung eines Schnarchmikrophons)
- Forciertes Einatmen
- Forciertes Ausatmen
- Luft anhalten, Müller-Manöver (negativer Valsalva-Versuch) zur Erfassung paradoxer Atemexkursionen
- Extension der linken bzw. rechten Großzehe

In der Praxis liegt der Patient während der biologischen Kalibrierung auf seinem Bett und wird über die bidirektionale Sprechanlage gebeten, die oben aufgeführten Maßnahmen unter kontinuierlicher Dokumentation der entsprechenden Biosignale in der PSG durch das medizinische Personal durchzuführen.

Die biologische Kalibrierung mit exakter Beschriftung wird zusammen mit der polysomnografischen Ableitung der zugehörigen Nacht nach den Vorschriften zur Dokumentation für 10 Jahre archiviert.

Eine sorgfältige Dokumentation der polysomnografischen Aufzeichnung ist von größter klinischer Relevanz. Das durch das medizinische Personal erstellte Nachtprotokoll muss eine schnelle und eindeutige Zuordnung von Patient und Ableitungsnacht erlauben.

Die Dokumentation enthält:

- Medikamente,
- Therapieart,
- biologische Kalibrierung,
- alle besonderen Vorkommnisse, wie z. B. technische Defekte, Artefakte etc.

Darüber hinaus enthält sie eine ausführliche Verhaltensbeobachtung; diese beinhaltet z. B.

- Aufstehzeiten,
- emotionalen Zustand,
- Schlafwandeln u. a.

Medizinische Notfallsituationen, z. B. epileptische Anfälle oder kardiale Arrhythmien, können mit der Ableitung und Aufzeichnung zahlreicher Vitalparameter und durch die Anwesenheit geschulten Personals schnell erkannt werden. Damit kommt das Schlaflabor einer intensivmedizinischen Überwachungseinheit sehr nahe. Geschultes Personal ist bereits während der Aufzeichnung in der Lage, auftretende Fehlerquellen, wie z. B. Elektroden- oder Messaufnehmerartefakte, zu beseitigen. Im Falle von therapeutischen PSGs mit Anpassung einer Ventilationstherapie bei schlafbezogenen Atmungsstörungen wird vom medizinischen Personal ein **Titrationprotokoll** erstellt.

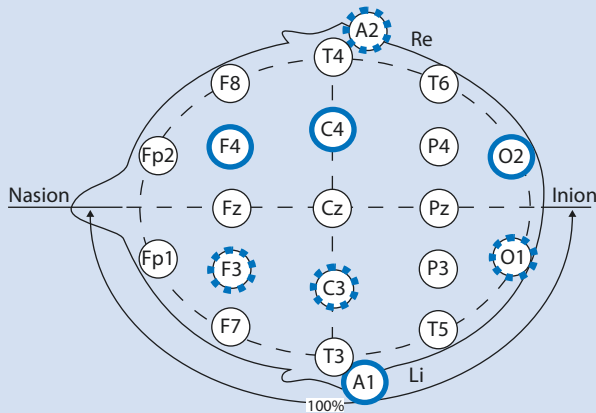
Praxistipp

Das Titrationprotokoll beinhaltet die Art des Therapiegerätes und der verwendeten Maske. Das applizierte Druckniveau, der Beatmungsmodus und seine Veränderungen werden zeitgenau protokolliert, wobei Änderungen im Beatmungsmodus durch das Auftreten von respiratorischen Ereignissen, O₂-Schwankungen und kardiale Parameter begründet werden.

Somit ergibt sich hinsichtlich der diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten und Genauigkeit eine Überlegenheit der stationär durchgeführten PSG gegenüber ambulanten Registrierungen im häuslichen Rahmen des Patienten.

2.7.1 Standardparameter der Polysomnografie (PSG)

Die polysomnografischen Standardbiosignale für die diagnostische PSG beinhalten nach den Kriterien der AASM für die Beurteilung des Schlafes 3 Ableitungen des EEG nach dem internationalen Ten-Twenty-System mit Ableitungen von F4-A1, C4-A1 und O2-A1. Als Backup-Ableitungen oder zur besseren



▣ **Abb. 2.4** EEG-Standard-Elektrodenposition nach dem internationalen Ten-Twenty-System. Gestrichelte Kreise repräsentieren Ersatz- oder Backup-Elektrodenpositionen

Detektion von Seitendifferenzen werden die Ableitungen F3-A2, C3-A2 und O1-A2 zusätzlich empfohlen (▣ **Abb. 2.4**). Es handelt sich dabei um unipolare Ableitungen. Diese Längsreihen-Ableitung ermöglicht die klare Erkennung und Definition von Grafoelementen, die besondere Muster im EEG darstellen. So sind über den frontalen Ableitungen K-Komplexe und Delta-Wellen definiert, über den zentralen Ableitungen Vertex-Zacken und über den okzipitalen Ableitungen Alpha-Wellen, die für die Definition des Einschlafprozesses und der Weckreaktionen (Arousals) von Bedeutung sind.

Weiterhin umfasst die Standard-PSG 2 Ableitungen des EOG und des EMG.

Die Elektroden des **EOG** werden ca. 1 cm vom linken und rechten Orbitalrand des jeweiligen Auges geklebt, wobei die Elektroden in der Vertikalen um ca. 1 cm versetzt aufgebracht werden (▣ **Abb. 2.5**). Diese Elektrodenplatzierung erlaubt neben der Registrierung von Slow Eye Movements (langsame rollende Augenbewegungen) auch die Registrierung horizontaler und, mit geringerer Amplitude, vertikaler Augenbewegungen.

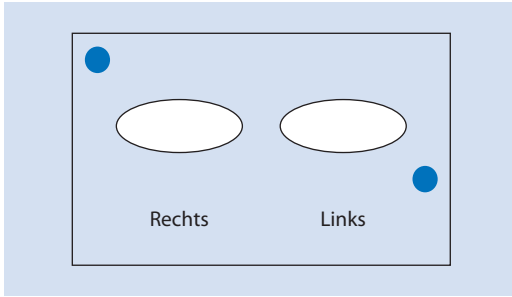
Das **EMG**, am M. mentalis und M. submentalis abgeleitet, gewährleistet eine optimale Erkennung der Atonie der Skelettmuskulatur während des REM-Schlafes und stellt stadienabhängige Variationen in der Amplitude der Muskelspannung dar. Dabei werden 1 Elektrode 1 cm über der Mittellinie

der Kinnschuppe und 2 Elektroden 2 cm unterhalb der Kinnschuppe (eine 2 cm nach rechts und die andere 2 cm nach links) platziert. Es wird eine bipolare Ableitung vom M. mentalis nach M. submentalis vorgenommen. Die verbleibende Elektrode am M. submentalis dient als Reserveelektrode für den Fall einer Verschlechterung des Elektrodenübergangswiderstands einer Elektrode während der Registrierung (▣ **Abb. 2.6**).

Für die Erkennung kardialer Ereignisse wird ein zumindest 1-kanaliges **EKG** aufgezeichnet. Da die klassische Ableitung II Elektroden der rechten Schulter und des linken Beines verwendet, werden die Elektroden am Rumpf parallel zu dieser Achse appliziert. Diese Ableitung dient vornehmlich der Erkennung von Herzrhythmusveränderungen und deren Zuordnung zu anderen PSG-Parametern (z. B. Apnoen).

Weiterhin werden der Atemfluss an Mund und Nase getrennt aufgezeichnet und thorakale bzw. abdominelle Atemexkursionen, die arterielle HbO₂-Sättigung mittels Pulsoximetrie, ein (Schnarch-) Mikrophon sowie ein Körperlagesensor mitgeführt. Sie dienen der Erfassung respiratorischer Ereignisse und ihrer Zuordnung zur Körperlage während des Schlafes.

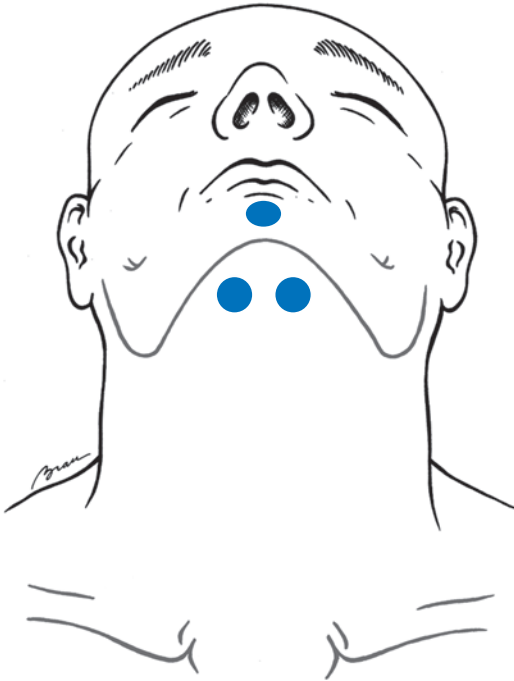
Nach den Kriterien der AASM erfolgt die Registrierung des **oronasalen Luftflusses** für die Detektion von Apnoen mittels Thermistoren (Thermosensoren)



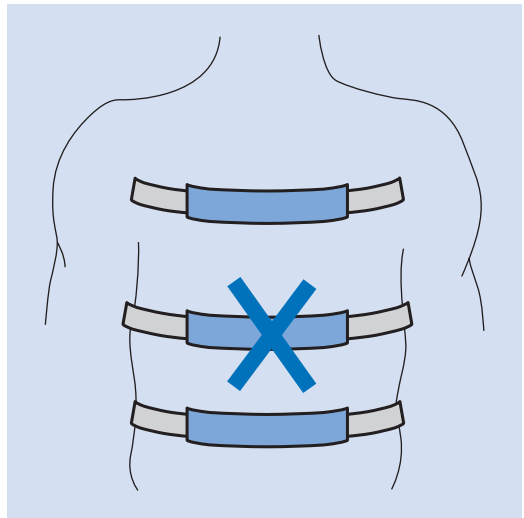
■ Abb. 2.5 EOG-Elektrodenpositionen



■ Abb. 2.7 Staudruckmessung mittels Nasenbrille



■ Abb. 2.6 EMG-Elektrodenpositionen. (Mit freundlicher Genehmigung von Dr. med. G. Bran)



■ Abb. 2.8 Position der Messaufnehmer für thorakale und abdominelle Atemexkursionen

und die Erkennung von Hypopnoen mittels Staudruckmessung (■ Abb. 2.7). Als diagnostischer Standard hat sich trotzdem vielerorts aus praktischen Erwägungen die Staudruckmessung durchgesetzt. Allerdings erlauben die klassischen Nasenbrillen der Staudruckmessung in der Regel nur die Registrierung der Nasenatmung. Deshalb empfiehlt sich bei eindeutiger Mundatmung die zusätzliche Registrierung des oronasalen Luftflusses mittels Thermistor. In jüngerer Vergangenheit wurden auch

Kombisensoren entwickelt, welche den gleichzeitigen Einsatz von Staudruck- und Thermistormessung erlauben. Nach der AASM ist neuerdings auch die rechnerische Schätzung des oronasalen Luftflusses durch thorakale und abdominelle induktionspletysmografische Messaufnehmer (siehe unten) möglich.

Zur Erfassung der **Atemanstrengungen** können piezokeramische Messaufnehmer mit Dehnungsgürteln an Thorax und Abdomen appliziert werden (■ Abb. 2.8). Da diese aufgrund ihrer punktuellen Messtechnik kein quantitatives Signal bieten und nur eingeschränkt geeignet sind, Hypopnoen in zentrale und obstruktive Formen eindeutig zu differenzieren, werden induktionspletysmografische

Messaufnehmer empfohlen. Sie stellen für Thorax und Abdomen Messsensoren dar, welche die Zirkumferenz vollständig umfassen. Das Messsignal ist in diesem Falle nicht abhängig von Länge und Spannung des Sensors, sondern proportional von der Fläche, die der Sensor umfasst.

Während der Titration oder zur Therapieevaluation bei nächtlicher Ventilationstherapie kann ebenso der geräteinterne Flowsensor Verwendung finden.

Die Ösophagusdruckmessung ist der Goldstandard für die Messung der Atemanstrengung. Dabei werden ein oder mehrere Drucksensoren, die in einem dünnen, flexiblen Schlauch an unterschiedlichen Positionen platziert sind, in der Speiseröhre des Patienten eingebracht. Der primäre Druckaufnehmer wird oberhalb, der zweite unterhalb des Zwerchfells positioniert. Der Differenzdruck ergibt das Drucksignal. Die aufgrund der Atemarbeit auftretenden intrathorakalen Druckschwankungen können so, in der Regel quantitativ, gemessen werden.

Die Verwendung einer Ösophagusdrucksonde zur eindeutigen Differenzierung von obstruktiven und zentralen Atmungsstörungen während des Schlafes wird aus praktischen Gründen nicht in der klinischen Routine empfohlen. Spezialisierten Laboren oder Schlafzentren mit pneumologischem Schwerpunkt werden von Seiten der Fachgesellschaft (DGSM) das Bereitstellen der Methode und ihre Anwendung im Bedarfsfall allerdings nahegelegt. Auch in Schlafzentren an HNO-Abteilungen findet die Methode Anwendung, insbesondere als Mehrkanaldrucksonden im Pharynx und oberen Ösophagus zur Erfassung möglicher Obstruktionsorte bei Patienten mit obstruktiver Schlafapnoe.

Periodische Bewegungsstörungen im Schlaf werden anhand zweier Elektromyogramme, die am jeweiligen M. tibialis anterior abgeleitet werden, erfasst. Es handelt sich dabei um eine bipolare Ableitung. Die 1. Elektrode wird 4 Finger breit unterhalb der Tuberositas tibiae und 1 Finger breit lateral der Tibiakante geklebt. Um den jeweiligen anatomischen Verhältnissen gerecht zu werden, sollte die 1. Position vom Patienten selbst, unter Anleitung des Fachpersonals, ausgemessen werden. Der 2. Punkt liegt ca. 5 cm distal. Die tibialen Elektroden sollten möglichst gut fixiert werden, um ein Ablösen aufgrund von nächtlichen Beinbewegungen zu vermeiden (■ Abb. 2.9).



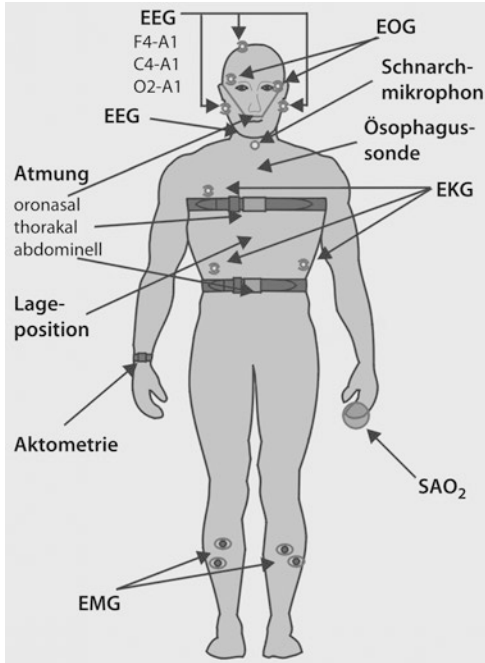
■ Abb. 2.9 EMG-Elektroden am M. tibialis anterior

Die digitale Videometrie dient der Erfassung der Körperlage, vor allem aber von Verhaltensauffälligkeiten während des Schlafes. Mit Ihrer Hilfe lassen sich insbesondere bei Parasomnien und epileptischen Ereignissen während des Schlafes differentialdiagnostische Aussagen valider treffen.

Einen Überblick über die Standardparameter der Polysomnografie gibt ■ Abb. 2.10.

Messgrößen und Ableitungen der Standard-PSG

- 3 EEG: F4-A1, C4-A1 und O2-A1 (als Backup-Ableitungen oder zur besseren Detektion von Seitendifferenzen darüber hinaus: F3-A2, C3-A2 und O1-A2)
- 2 EOG: linker und rechter Orbitalrand
- 1 EMG: 3 Elektroden (1 M. mentalis, 2 M. submentalis)
- (Schnarch-) Mikrophon
- Körperlagesensor
- Oronasaler Luftfluss, Mund-Nase getrennt (Thermistoren, Staudruckmessung)
- Thorakale und abdominelle Atemexkursionen (piezokeramischer Dehnungsgürtel, Induktionspletysmografie)



■ **Abb. 2.10** Schematische Darstellung der Ableitpunkte einiger Parameter der Polysomnografie; mod. nach Weeß. In: Steinberg R, Weeß H-G, Landwehr R (2010) Schlafmedizin. Grundlagen und Praxis. Uni-Med, Bremen

- 2 EMG, Mm. tibiales anteriores
- 1 EKG, mindestens einkanalig
- Pulsoximetrie, HbO₂-Sättigung
- Videometrie mit Zoom und Schwenkneigekopf-Technik

2.7.2 Auswertungsparameter der Polysomnografie (PSG)

Die PSG wird am Morgen nach der nächtlichen Aufzeichnung von einem Somnologen oder Arzt für Schlafmedizin ausgewertet oder bei Vorauswertung durch Assistenzpersonal von ihm überarbeitet. Die Auswertung beruht auf den Kriterien der AASM (► Abschn. 1.3). Weiterhin werden motorische (z. B. PLMS, Periodic Limb Movements in Sleep), respiratorische (z. B. Apnoen), EEG-bezogene (z. B. Arousals) und andere wichtige Ereignisse differenziert klassifiziert.

Statistische Kennwerte des Schlafes

Auf Basis der klassischen Schlafparameter (EEG, EOG, EMG) lässt sich über deskriptiv-statistische Parameter die Qualität des Nachtschlafes beschreiben.

Dabei beziehen sich die statistischen Werte (■ Tab. 2.3) auf

- Einschlaffähigkeit,
- nächtliches Schlafvermögen,
- qualitative Zusammensetzung des Nachtschlafes,
- physiologisch zyklische Abfolge der Schlafstadien (Schlaffragmentierung).

Die **Schlafperiodendauer** (sleep period time, SPT) beschreibt die Zeitspanne vom Einschlafen bis zum morgendlichen Erwachen.

Die **totale Schlafzeit** (total sleep time, TST) gibt Auskunft über die während der Schlafperiode tatsächlich schlafend verbrachte Zeit. Dazu werden von der Schlafperiodendauer die nächtlichen Wachphasen abgezogen.

Die **Schlafeffizienz** beschreibt das Verhältnis der im Bett schlafend verbrachten Zeit zur gesamten Bettzeit. Sie wird in Prozent angegeben. Zusammen mit der totalen Schlafzeit (TST) und der Schlafperiodendauer (SPT) gilt die Schlafeffizienz als Kennwert für das nächtliche Schlafvermögen.

Die **Einschlaf latenzen** für das Schlafstadium N1, insbesondere aber für das Stadium N2, beschreiben die Einschlaffähigkeit. Es wird die Zeit vom Löschen des Lichtes (alternativ Beginn der Aufzeichnung) bis zum Auftreten der 1. Epoche N1 bzw. N2 bestimmt. Engere Auslegungen für das Einschlafen fordern das zusammenhängende Auftreten von 3 Epochen Schlafstadium N2 für die Einschlaf latenzen.

Die **REM-Latenz** (die Zeit zwischen dem 1. Auftreten von N1 bis zum 1. Auftreten von R in Minuten) gibt Auskunft über Störungen der NonREM-REM-Organisation, wie sie beispielsweise bei der Narkolepsie und mit Einschränkungen bei einigen psychiatrisch bedingten Schlafstörungen beobachtet werden können. Deutliche Verkürzungen der normalen REM-Latenz von normalerweise 90 ± 20 min bis unter 10 min (sog. Sleep-onset-REM, SOREM) sind indikativ für die Narkolepsie. Von einigen Autoren wird SOREM auch mit einer Latenz von 15 bzw. 20 min definiert. Bei Depressionen kann die

<p>Tab. 2.3 Statistische Kennwerte der Polysomnografie-Auswertung nach AASM 2016</p>			
Schlafparameter	Berechnung	Funktion/Bedeutung	Orientierende Kennwerte
„Time in bed“ oder Aufzeichnungszeit	Zeitraum von „Licht aus“ bis „Licht an“ (min)	Bettzeit; insomnische Störungen, Schlafmangelsyndrom	–
SPT 1	Sleep period time 1: Zeit vom ersten N1 bis zum endgültigen Aufwachen (min)	Schlafvermögen, insomnische Störungen	Hohe interindividuelle Varianz, 5–9 h, altersabhängig
SPT 2	Sleep period time 2: Zeit vom Einschlafen (N2) bis zum endgültigen Aufwachen (min)	Schlafvermögen, insomnische Störungen	Hohe interindividuelle Varianz, 5–9 h, altersabhängig
TST 1	Total sleep time 1: SPT 1 ohne Wachzeit (min)	Schlafvermögen, insomnische Störungen	Hohe interindividuelle Varianz, 5–9 h, altersabhängig
TST 2	Total sleep time 2: SPT 2 ohne Wachzeit (min)	Schlafvermögen, insomnische Störungen	Hohe interindividuelle Varianz, 5–9 h, altersabhängig
SEI	Sleep efficiency index: $TST1/TIB \times 100$	Schlafvermögen, insomnische Störungen	Altersabhängig, >85–90 %
SOL 1	Sleep onset latency 1: Zeit von „Licht aus“ bis 1. Auftreten N1 (min)	Einschlaffähigkeit, Einschlafstörungen	<30 min
SOL 2	Sleep onset latency 2: Zeit von „Licht aus“ bis 1. Auftreten N2 (min) oder N2 über 3 Epochen zusammenhängend	Einschlaffähigkeit, Einschlafstörungen	<30 min
SOL N3	Sleep onset latency 3: Zeit vom 1. Auftreten N1 bis zum 1. Auftreten von N3 (min)	Schlafqualität, -zyklisch, NonREM-REM-Organisation	–
REM-Latenz	Zeit vom 1. Auftreten N1 bis zum 1. Auftreten von Stadium R (min)	Schlafqualität, -zyklisch, NonREM-REM-Organisation, Narkolepsie	90±20 min
Anteil Wach, N1, N2, N3, R	Prozentualer Anteil einzelner Schlafstadien bezogen auf TST 1	Schlafqualität, organische und psychische Erholungsfunktion, Durchschlafstörungen	Alters- und geschlechtsabhängig (Tab. 2.6)
Arousal-Index (AI)	Durchschnittliche Anzahl aller Weckreaktionen pro Stunde, bezogen auf TST 1	Schlaffragmentierung, global	Alters- und geschlechtsabhängig (Männer 1)

Tab. 2.2 Fortsetzung				
Schlafparameter	Berechnung	Funktion/Bedeutung	Orientierende Kennwerte	
Respiratorischer Arousal-Index (RAI)	Durchschnittliche Anzahl der respiratorisch-bedingten Weckreaktionen pro Stunde, bezogen auf TST 1	Schlafragmentierung, Beitrag respiratorischer Ereignisse, schlafbezogene Atmungsstörungen	<10/h	
PLMS-Arousal-Index (PLMS-AI)	Durchschnittliche Anzahl der PLMS-bedingten Weckreaktionen pro Stunde, bezogen auf TST 1	Schlafragmentierung, Beitrag periodischer Beinbewegungen, RLS, PLMD	<5/h, Schweregradklassifikation: – 5≤20/h: leicht – 20–60/h: moderat – >60/h: schwer	
Endogener Arousal-Index (EAI)	Durchschnittliche Anzahl der endogenen Weckreaktionen pro Stunde, bezogen auf TST 1	Schlafragmentierung, Beitrag endogener Ereignisse, Insomnien, Narkolepsie u. a.	Unklar, zur Orientierung wie Arousal-Index (AI)	
REM-Periodenintervall	Dauer eines NonREM-REM-Zyklus	Schlafzyklus, NonREM-REM-Organisation, Narkolepsie, psychisch bedingte Schlafstörungen	Hohe interindividuelle Varianz 90±20 min	

durchschnittliche REM-Latenz um 50 min, aber auch darunter liegen.

Der prozentuale Anteil einzelner Schlafstadien, bezogen auf die Schlafperiodendauer oder die **Bettzeit** (time in bed, TIB), verändert sich mit dem Alter. Von besonderem Interesse sind dabei der Anteil des Tiefschlafes und der Anteil des REM-Schlafes.

Während dem Tiefschlaf eine wichtige organismische Erholungsfunktion zugeschrieben wird, schreibt man dem REM-Schlaf eine wichtige Bedeutung für das intellektuelle Leistungsvermögen, Lern- und Gedächtnisprozesse und das emotionale Befinden zu (► Kap. 1). Der Wachanteil während der Schlafperiode ist insbesondere bei insomnischen Störungen von Interesse, da er auf charakteristische Weise das Ausmaß der Durchschlafstörung beschreibt. Der Anteil des leichten oder oberflächlichen Schlafes (N1, N2) ist bei vielen Schlafstörungen mit repetitiven Arousal-Reaktionen oder bei chronischem Hypnotikagebrauch erhöht.

Die Normwerte der Schlafstadienanteile (■ Tab. 2.4) verdeutlichen deren Altersabhängigkeit und zeigen für den Anteil des Tiefschlafes (N3) einen deutlichen Geschlechtereffekt zu Ungunsten der Männer mit zunehmendem Lebensalter. Zu beachten ist, dass diese Normwerte auf den ursprünglichen Kriterien von Rechtschaffen u. Kales beruhen. Die

von der AASM (2007 bis 2016) aufgestellten Analyse-kriterien dürften jedoch zu keiner wesentlichen Veränderung existierender Normwerte führen. Allenfalls ist eine Verkürzung der Einschlaf latenz, eine leichte Erhöhung von Stadium N2 zu Ungunsten von Stadium N1 und ein nahezu unveränderter REM- und Tiefschlafanteil zu erwarten. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt stehen aktuellere Normwerte basierend auf den Kriterien der AASM jedoch nicht zur Verfügung.

Phänomenologie und Klassifikation von Weckreaktionen

Unter einem **Arousal** wird eine abrupte Frequenzänderung/Frequenzbeschleunigung im EEG verstanden. Sie beinhaltet Theta-Wellen, Alpha-Wellen oder Frequenzen über 16 Hz. Schlafspindeln mit ihrer charakteristischen Frequenz zwischen 11 und 16 Hz (zumeist 12 und 14 Hz) sind ausgenommen.

Arousals können zu einer partiellen, temporären oder vollständigen Weckreaktion führen. Sie haben auf den Schlaf stets eine unterbrechende Wirkung und stellen für viele Schlafstörungen einen wesentlichen Pathomechanismus dar. Bei der Diagnostik von Schlafstörungen kommt der ätiologischen Zuordnung der Arousals (z. B. respiratorisch, motorisch, vegetativ, endogen) eine wesentliche Bedeutung zu.

■ **Tab. 2.4** Normwerte der Schlafstadienanteile (in%) nach Alter und Geschlecht, basierend auf einer Studie von Redline (2004) an n=2685 schlafgesunden Kontrollen. Auswertung nach den Kriterien von Rechtschaffen u. Kales (1968)

–	Stadium 1		Stadium 2		Stadium 3/4		REM-Schlaf	
	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen	Männer	Frauen
37–54	5,8	4,6	61,4	58,5	11,2	14,2	19,5	20,9
95 % CI	5,2–6,5	4,1–5,3	60,0–62,8	57,1–60,0	9,9–12,6	12,7–15,9	18,8–20,2	20,0–21,8
55–60	6,3	5,0	64,5	56,2	8,2	17,0	19,1	20,2
95 % CI	5,6–7,0	4,4–5,7	63,2–65,9	54,5–57,8	7,1–9,5	15,2–18,9	18,4–19,8	19,3–21,1
61–70	7,1	5,0	65,2	57,3	6,7	16,7	18,4	19,3
95 % CI	6,4–7,9	4,4–5,7	63,9–66,5	55,7–58,9	5,7–7,7	14,8–18,6	17,8–19,1	18,4–20,2
>70	7,6	4,9	66,5	57,1	5,5	17,2	17,8	18,8
95 % CI	6,8–8,5	4,3–5,6	65,1–67,8	55,6–58,7	4,5–6,5	15,5–19,1	17,1–18,5	18,0–19,6

CI Confidence-Intervall

Arousals im Schlaf sind stimulusabhängig. Sie können enterozeptiv (psychophysisch, sensorisch, neuronal, vegetativ) oder exterozeptiv (akustisch, optisch, taktil) ausgelöst sein.

Bei der Diagnostik von Schlafstörungen spielen insbesondere die enterozeptiven Arousals eine bedeutsame Rolle.

- Enterozeptive psychophysische Arousals können Traumerlebnissen, veränderten Blutgasverhältnissen, pH-Veränderungen, Änderungen der Muskel-Dehnungs-Rezeptoren, kinästhetischen Reizen oder Schmerzen entspringen.
- Enterozeptive neuronale Arousals entstehen im Kortex, im Limbischen System, im Hypothalamus oder im retikulären System des Hirnstamms.

Arousals kommen in allen Altersgruppen vor. Ab dem 4. Lebensjahrzehnt nimmt ihre Häufigkeit signifikant zu, die Entwicklung der Arousal-Frequenz je Stunde Schlafzeit ist altersabhängig. Männer weisen mehr Arousals auf als Frauen.

Der **Arousal-Index** (Anzahl der Weckreaktionen pro Stunde Schlaf) gibt Auskunft über die Fragmentierung des Nachtschlafes und die Aufhebung des physiologischen Schlafzyklus. Je höher die Fragmentierung, desto geringer ausgeprägt oder erhalten ist die Schlafzyklik. Wird der Arousal-Index motorischen, respiratorischen oder endogenen Ereignissen zugeordnet, gibt er über den Beitrag einer Erkrankung an der Störung der physiologischen Schlafzyklik Auskunft. In dieser Form bekommt der Arousal-Index eine wichtige Bedeutung für die Schweregradbestimmung und die Therapieevaluation.

Derzeit stehen bei der polysomnografischen Diagnostik von Schlafstörungen EEG-bezogene Arousal-Analysen im Vordergrund. Sie sind im Vergleich zu den Analysemethoden vegetativer Arousals systematisiert, validiert und normiert. Für eine Verbesserung der Arousal-Analyse während des Schlafes ist eine systematische Zuordnung und Validierung von vegetativen Arousal-Reaktionen wünschenswert.

Die American Sleep Disorders Association (ASDA) entwickelte aus diesem Grunde 1992 eine erweiterte EEG-bezogene **Arousal-Klassifikation**, welche einen weltweiten Standard erreichte. Sie begründet sich auf den klassischen Ableitungen von

Rechtschaffen u. Kales. Zusätzlich wurde jedoch die Ableitung von okzipitalen EEG-Ableitungspunkten (O1–A2, O2–A1, Oz–A1/A2) empfohlen, da Arousal-Frequenzen okzipital z. T. besser erkannt werden können. Die Analysekriterien der AASM sehen die Übernahme der Arousal-Klassifikation der ASDA vor. Für die Arousal-Klassifikation sind nach AASM (2016) sowohl Informationen der frontalen, zentralen und okzipitalen Ableitungen zu berücksichtigen.

Arousal-Kriterien der AASM

Unter einem Arousal wird eine abrupte EEG-Frequenzbeschleunigung verstanden, welche Theta, Alpha oder Frequenzen größer als 16 Hz umfassen kann. Schlafspindeln sind davon ausgenommen. Die Mindestdauer der Frequenzbeschleunigung beträgt 3 s.

1. Für die Arousal-Klassifikation müssen mindestens 10 s Schlaf vorausgehen. Arousals können auch in einer Wach-Epoche auftreten, wenn dieses z. B. bis zu 14 s Schlaf enthält. Von der AASM (2016) wird darauf hingewiesen, dass Arousals grundsätzlich auch in einer Wach-Epoche zwischen Licht aus und Licht an auftreten können und in den Arousal-Index einbezogen werden.
2. Zwischen 2 Arousals müssen mindestens 10 s Schlaf liegen (▣ Abb. 2.11).
3. Arousals können im NonREM-Schlaf nur im EEG, also auch ohne Anstieg im Muskeltonus des submentalen EMG auftreten. Im REM-Schlaf muss das Arousal von einer submentalen EMG-Erhöhung von mindestens 1 s Dauer begleitet sein.
4. Ein alleiniger Anstieg im Muskeltonus reicht für die Arousal-Klassifikation nicht aus.
5. Artefakte, K-Komplexe oder Delta-Wellen werden nur dann als Arousals gewertet, wenn mindestens in einem Ableitkanal eine Frequenzbeschleunigung größer 3 s folgt.
6. „Pen-blocking“-Artefakte (Übersteuerung in einem Ableitkanal) werden dann als

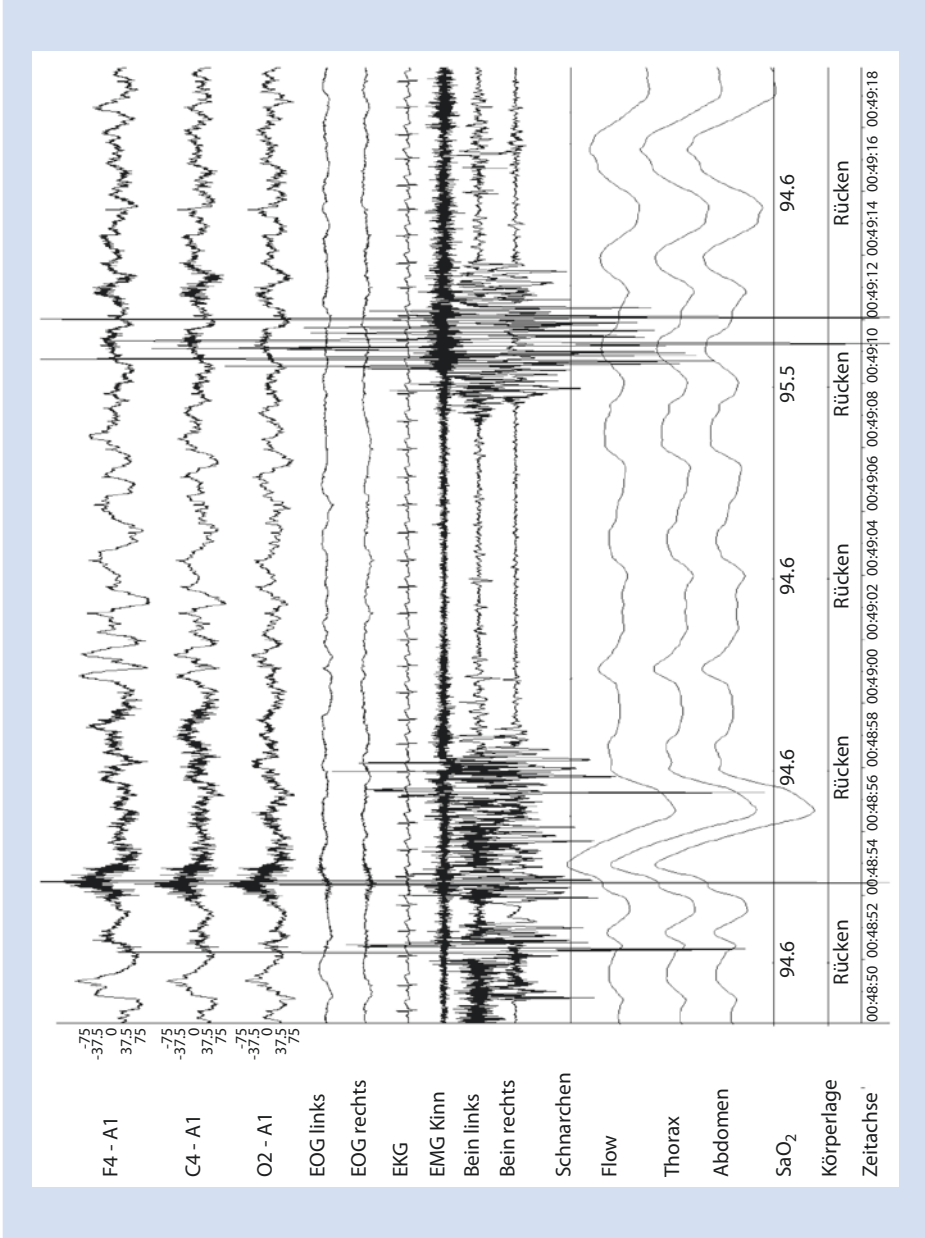


Abb. 2.11 30-s-Epoche einer Polysomnografie. Zwei Arousals mit Bewegungsartefakten innerhalb von 10 s. Das 2. Arousal wird nach den AASM-Kriterien nicht bewertet. Die Frequenzbeschleunigung muss mindestens 3 s andauern.

Arousals klassifiziert, wenn sie von einer Frequenzbeschleunigung gefolgt sind.

7. Aufeinanderfolgende EEG- und EMG-Veränderungen mit einer jeweiligen Dauer <3 s, in der Summe aber >3 s, werden nicht als Arousals klassifiziert.
8. Alpha-Einstreuungen in NonREM-Phasen mit einer Dauer <3 s und einer Frequenz >1/10 s (>0.1 Hz) werden nicht als Arousals klassifiziert.
Alpha-Einstreuungen mit einer Dauer >3 s werden nur dann als Arousals klassifiziert, wenn in den vorausgehenden 10 s keine weitere Alpha-Einstreuung auftrat.
9. Schlafstadienwechsel stellen nicht das Kriterium eines Arousals dar.

Die Kritik an der dargestellten Arousal-Klassifikation bezieht sich in erster Linie auf das Zeitkriterium für die Mindestdauer eines Arousals. In zahlreichen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass respiratorische, motorische oder endogene Arousals auch kürzere Zeitintervalle umfassen können, sie werden dann gelegentlich als Mikroarousal bezeichnet. In diesen Fällen führt die strenge Auslegung der ASDA- bzw. AASM-Kriterien zu einer Unterschätzung der Arousal-Häufigkeit und damit zu einer Unterschätzung des Schweregrades.

2.7.3 Polysomnografie (PSG) bei insomnischen Störungen

Der PSG kommt in vielen, aber nicht allen Fällen eine Schlüsselstellung bei der Diagnostik der Insomnie zu. Im eigenen Patientenkollektiv wurde in ca. 38 % der Fälle die Verdachtsdiagnose nach der Durchführung einer PSG modifiziert. Die AASM hat im Jahr 2003 Empfehlungen formuliert, welche evidenzbasiert anhand wissenschaftlicher Daten die Indikation zur PSG in Diagnostik und Therapie der Insomnien beschreiben.

Nach den Kriterien der AASM stellt die Insomnie eine bedeutsame Erkrankung dar, welche einer akkuraten Diagnostik und Therapie bedarf. In erster Linie wird die Diagnose der Insomnie klinisch, anhand

einer ausführlichen medizinischen, psychiatrischen und pharmakologischen Anamnese und einer ausführlichen Schlafanamnese gestellt (Evidenzlevel I).

Nach der AWMF Leitlinie „Insomnie“ ist die PSG indiziert nach Ausschöpfung anderer diagnostischer Maßnahmen bei Verdacht auf eine organisch bedingte Insomnie, vor allem im Zusammenhang mit Schlafapnoesyndromen oder bei Verdacht auf periodische Beinbewegungen. Sie kann darüber hinaus bei therapieresistenten Fällen wichtige zusätzliche diagnostische und therapeutische Informationen bieten; ebenso bei Risikogruppen in Verbindung mit Eigen- oder Fremdgefährdung, z. B. Berufskraftfahrern oder Patienten, die mit gefährlichen Maschinen arbeiten. Eine Polysomnografie kann auch immer dann weiterführende diagnostische aber auch therapeutische Erkenntnisse ergeben, wenn eine erhebliche Diskrepanz zwischen subjektiv erlebter Schwere der Insomnie und polysomnografischem Befund vermutet werden kann.

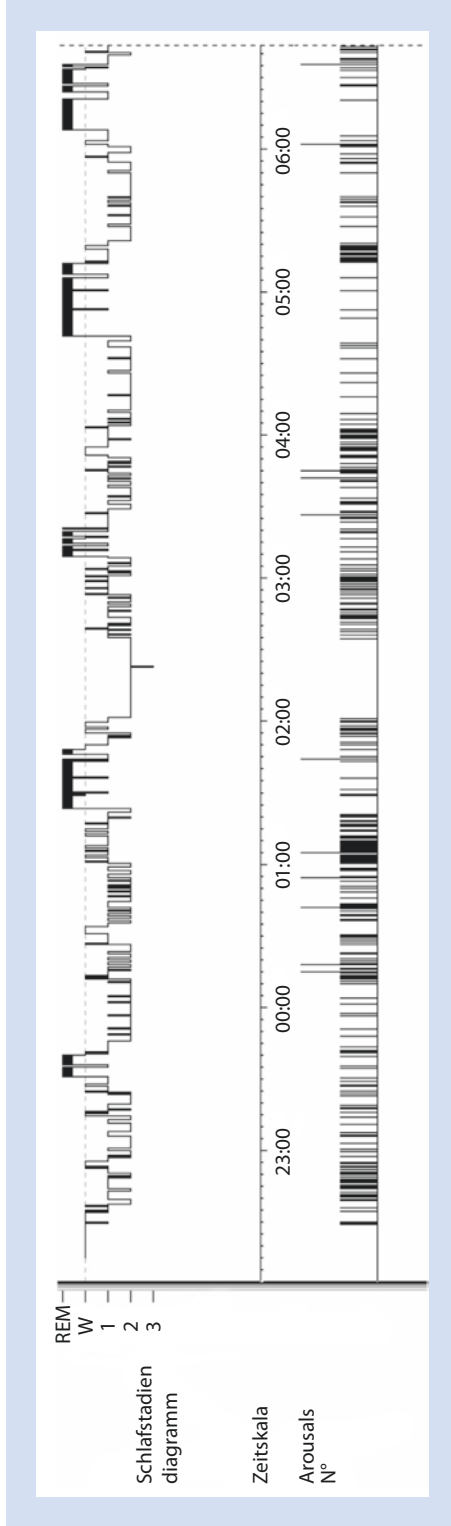
Das typische Schlafprofil eines Insomnie-Patienten ist durch

- eine verlängerte Einschlaflatenz,
- vermehrte endogene Arousals,
- verlängerte nächtliche Wachphasen,
- Tief- und REM-Schlaf-Verminderung,
- und veränderte Schlafzyklen

gekennzeichnet (■ Abb. 2.12). Nicht selten findet sich im Schlaf-EEG eine Alpha-Überlagerung, welche als Ausdruck eines chronisch erhöhten Anspannungsniveaus diskutiert wird. Allerdings stellt sie ein unspezifisches Phänomen dar, welches sich auch bei anderen psychischen Störungen findet.

Auffällig ist die nicht selten zu beobachtende Diskrepanz zwischen objektivem polysomnografischem Befund und der subjektiven Einschätzung des eigenen Schlafvermögens der Patienten. In diesen Fällen lassen sich aber häufig feinstrukturelle Veränderungen des Schlafes, wie Mikroarousals oder o. g. Alpha-Überlagerungen, im Schlaf-EEG beobachten. Nicht zuletzt aufgrund dieser Tatsache werden die Auswertungskriterien der PSG auch nach ihrer neuen Formulierung durch die AASM hinsichtlich ihrer klinischen Anwendbarkeit insbesondere bei Insomnien kritisch diskutiert.

Die scheinbar gestörte Schlafwahrnehmung lässt sich jedoch auch anhand einiger neuerer



▣ **Abb. 2.12** Typisches Schlafprofil einer psychophysiologischen Insomnie. Deutlich zu erkennen der fehlende Tiefschlafanteil bei vermehrtem Schlafstadienwechsel und nächtlichen Wachphasen (Schlafstadien-Diagramm) infolge erhöhter Anzahl nächtlicher Weckreaktionen (Arousal NO). Zu beachten ist, dass der Patient seinen Schlafbeginn um 2 Uhr wahrgenommen hat, als die 1. Schlafperiode ohne intermittierendes Arousal auftrat. Aufgrund der nachfolgend erhöhten Arousal-Zahl nahm er den nachfolgenden Schlaf nicht mehr als solchen wahr und schätzte seine tatsächliche Schlafmenge im Morgenprotokoll auf ca. 1 h ein

experimenteller Befunde bei Schlafgesunden und Schlafgestörten erklären.

So wird während des Einschlafprozesses die Wahrscheinlichkeit der Wahrnehmung des Schlafbeginns erst mit dem Auftreten der 1. Schlafspindel deutlich erhöht. Probanden, die vor dem Auftreten der 1. Schlafspindel geweckt wurden, berichteten signifikant häufiger, nicht geschlafen zu haben. Im Verlauf der Nacht hängt die Schlafwahrnehmung nicht nur von der Schlaftiefe, sondern auch von der Schlafkontinuität ab. Probanden, bei denen in ähnlich kurzen Zeitabständen experimentell Arousal ausgelöst wurden, wie sie bei Insomniepatienten typischerweise auftreten, berichteten von ähnlichen zusammenhängenden Wachphasen, wie dies auch Insomnie-Patienten tun, obwohl zwischen den Arousal objektiv Schlaf festgestellt wurde. Das menschliche Gehirn scheint für die Wahrnehmung von Schlaf zusammenhängende Schlafepisoden ohne Arousal von einer längeren Dauer zu benötigen.

2.7.4 Polysomnografie (PSG) bei periodischen Bewegungen der Gliedmaßen im Schlaf und beim Restless-Legs-Syndrom

Bei periodischen Bewegungen der Gliedmaßen im Schlaf (Periodic Limb Movements in Sleep, PLMS) und beim Restless-Legs-Syndrom (RLS) handelt es sich um 2 eigenständige, zeitlich versetzt oder auch simultan auftretende Störungen vermutlich zentralnervöser Genese.

Nach den Empfehlungen der AASM (Kushida et al. 2005) gilt die PSG als die entscheidende technische Untersuchung, um die PLMS zu bestätigen. Das RLS hingegen gilt in erster Linie als klinische Diagnose. In folgenden Fällen ist jedoch auch hier eine PSG indiziert:

- diagnostisch unklare Fälle,
- Kinder und Jugendliche mit RLS,
- therapieresistentes RLS,
- persistierende Tagesschläfrigkeit oder Schlafstörungen unter Therapie,
- Notwendigkeit komplexer medikamentöser Strategien mit Opiaten, Antikonvulsiva oder andere atypische medikamentöse Behandlungsansätze.

Weiterhin stellt die PSG bei der Therapieevaluation der häufig assoziierten nächtlichen periodischen Arm- und Beinbewegungen das entscheidende Kriterium zur Überprüfung der Wirksamkeit dar. Dies gilt insbesondere für Patienten mit persistierender Insomnie oder Tagesschläfrigkeit unter Therapie (Evidenzlevel I).

PLMS sind durch episodisch auftretende periodische Bein- oder seltener Armbewegungen während des Schlafes gekennzeichnet. Sie können einseitig, beidseitig symmetrisch oder alternierend auftreten (▣ Abb. 2.13, ▣ Abb. 2.14, ▣ Abb. 2.15).

PLMS in Kombination mit RLS werden überwiegend in den Schlafstadien N1 und N2 beobachtet. Im REM-Schlaf treten sie weniger häufig auf.

PLMS treten ebenfalls im Wachen und beim Übergang vom Wachen zum Schlaf auf. PLMS nehmen mit dem Alter zu. Bei Gesunden zwischen 30 und 50 Jahren liegen sie bei etwa 5 %, bei den 50-Jährigen sollen PLMS bei ca. 30 % der untersuchten Personen auftreten.

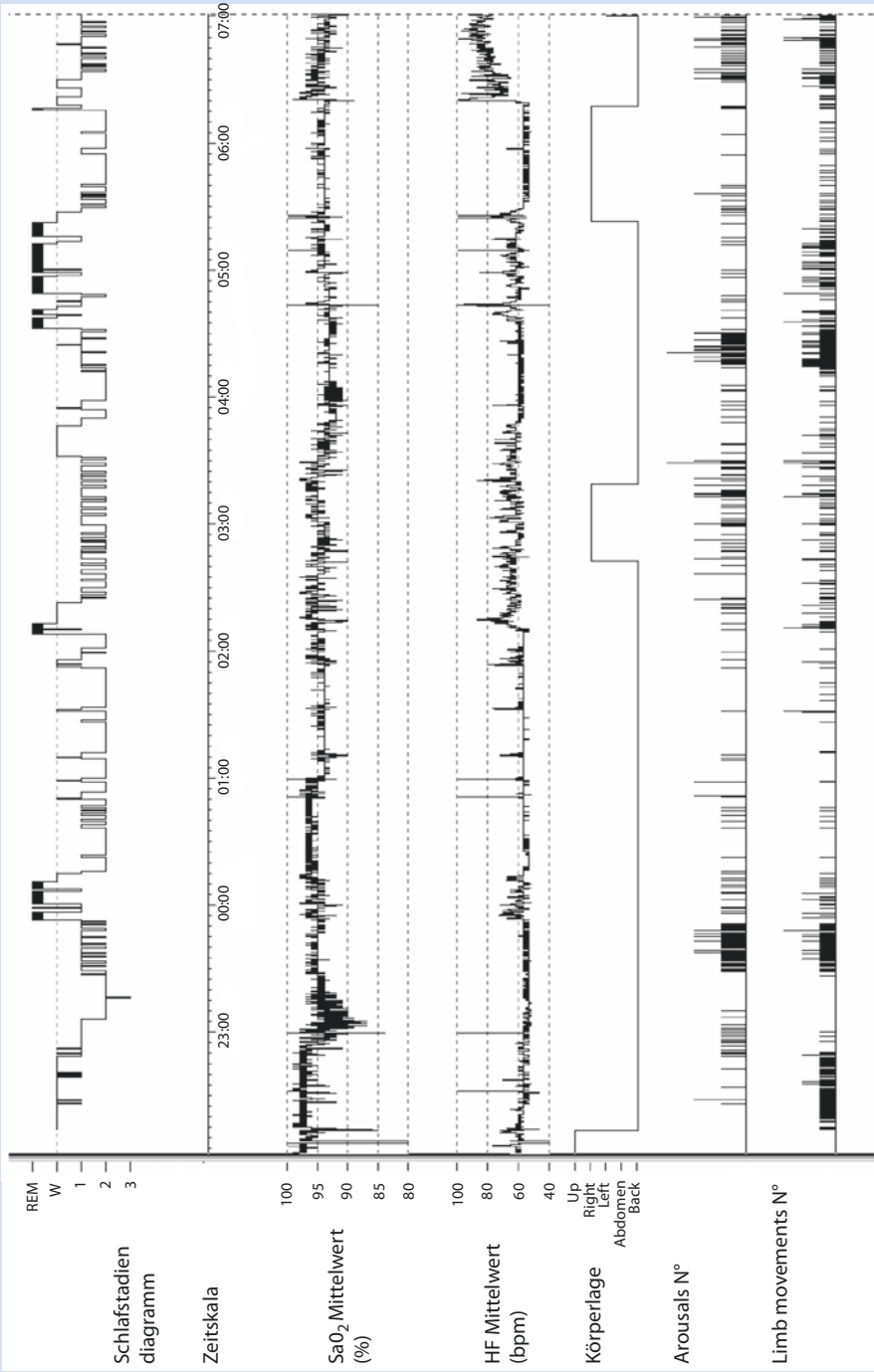
Differenzialdiagnostisch müssen PLMS abgegrenzt werden von

- hypnagogem Fußzittern (Hypnagogic Foot Tremor)
- alternierender Beinmuskulaktivität (Alternating Leg Muscle Activation, ALMA)
- exzessivem fraktionierten Myoklonus im NonREM-Schlaf
- phasischen REM-twitches
- Wadenkrämpfen
- und ebenso von PLMS, die Apnoe-assoziiert bzw. Apnoe-terminierend auftreten.

Letztere sind in der Regel unter suffizienter Ventilationstherapie nicht mehr zu beobachten.

PLMS gehen häufiger mit anderen Schlafstörungen einher. Sie treten bei Insomnie, bei der Schlafapnoe, der Narkolepsie, bei einigen psychiatrischen Erkrankungen und bei der REM-Verhaltensstörung gehäuft auf.

Das typische Schlafprofil bei PLMS ist in der Regel gegenüber dem des Gesunden erheblich alteriert. Die Schlafeffizienz ist deutlich vermindert, es tritt vermehrt Leichtschlaf N1 und N2 auf, Tiefschlaf und REM-Schlaf sind häufig vermindert. Die Periodizität der Schlafzyklen ist aufgrund der häufigen Weckreaktionen und der vermehrten Wachphasen



■ **Abb. 2.13** Typisches Hypnogramm bei PLMS. Das Hypnogramm zeigt die charakteristische Tiefschlafunterdrückung (Stadium N3) und den erhöhten Schlafstadienwechsel infolge repetitiver Arousal-Reaktionen (Arousal N0) bei periodischen Beinbewegungen (limb movements N0). Auffällig ist weiterhin die erhöhte Einschlafzeit. Die erhöhte Anzahl an Weckreaktionen (Arousal N0) findet ebenfalls ihren Ausdruck in der erhöhten Herzfrequenzvariation (HF-Mittelwert, bpm). (NO=Anzahl) Die SaO₂-Abfälle zu Beginn der Schlafperiode sind noch physiologisch und auf den ansatzweise auftretenden Tiefschlaf zurückzuführen. Zu beachten ist weiterhin der Maßstab der y-Achse, welcher eine hohe Aufföschung aufweist und O₂-Desaturationen suggeriert

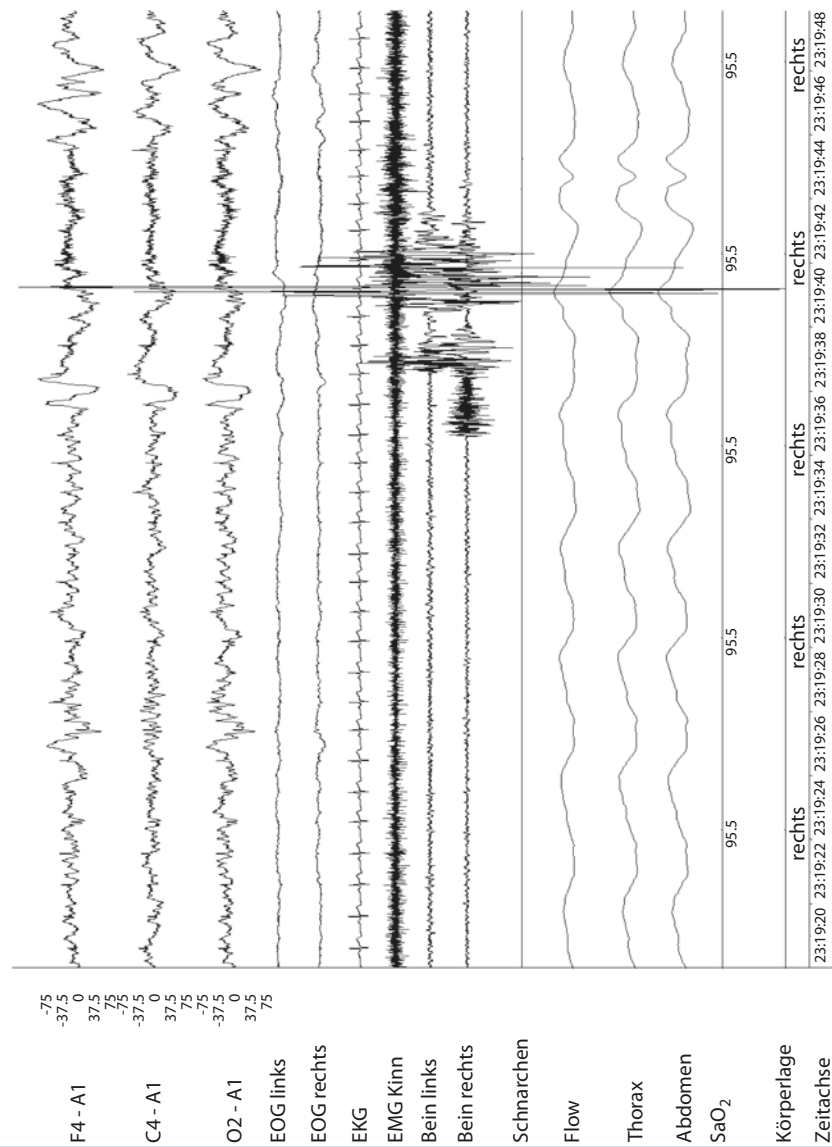


Abb. 2.14 PLMS beidseits mit Weckreaktion während einer 30-s-Epoche der Polysomnografie. Arousals werden als beinbewegungsassoziiert klassifiziert, wenn der zeitliche Abstand zwischen dem Ende des 1. Ereignisses und dem Beginn des 2. Ereignisses <0,5 s beträgt (unabhängig von der Reihenfolge der Ereignisse). Beinbewegungen an beiden Beinen werden dann als eine Bewegung (LM) klassifiziert, wenn weniger als 5 s zwischen den Anfängen beider Bewegungen liegen

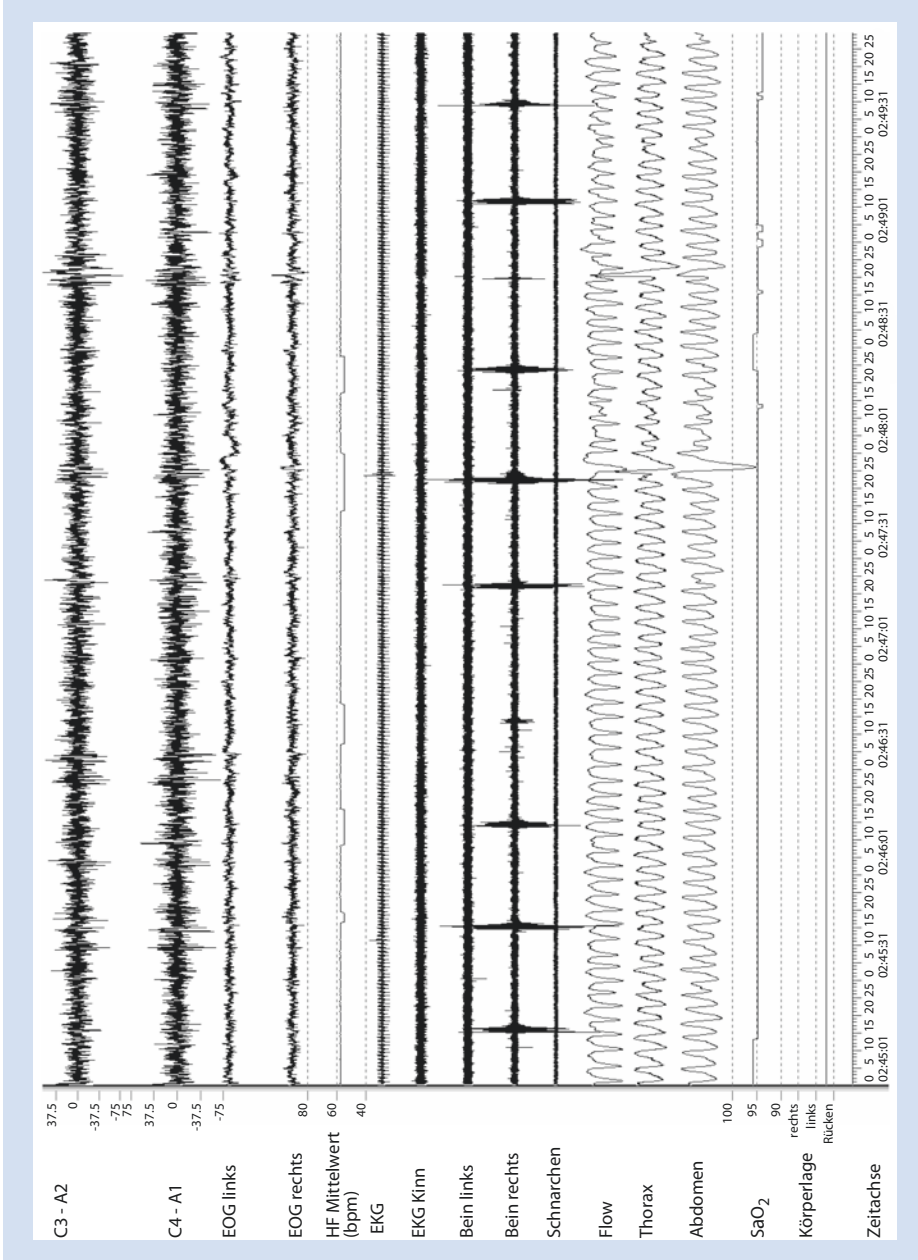


Abb. 2.15 PLMS im rechten M. tibialis anterior mit Weckreaktionen in der 5-min-Darstellung der Polysomnografie. Die assoziierten Arousals sind aufgrund der zeitlichen Komprimierung im EEG nicht mehr erkennbar. Amplitudenanstiege im EEG weisen auf das mögliche Vorhandensein eines Arousals hin

erheblich beeinträchtigt oder sogar aufgehoben (■ Abb. 2.15). Die Atlas Task Force der American Sleep Disorders Assoziation (ASDA) definiert 1993 Dauer, Periodizität und Arousal-Reaktionen der rhythmischen Bewegungen im Schlaf. Sie wurden 2007 von Kriterien der American Academy of Sleep Medicine (AASM) abgelöst. Die ursprünglichen Klassifikationskriterien dürften jedoch noch eine gewisse Zeit Anwendung finden, bis die computer-gestützten Analysensysteme in der Lage sind, die an absoluten Signaleigenschaften orientierten Kriterien der AASM anzuwenden.

Kriterien der AASM für die Klassifikation von PLMS (2016)

- Mindestens 4 Kontraktionen müssen jeweils innerhalb eines Zeitraumes zwischen 5 und 90 s aufeinander folgen (■ Abb. 2.15). Sie werden in allen Schlafstadien und im Wachzustand bestimmt.
- Das Ausgangs-EMG-Signal sollte bei entspanntem M. tibialis anterior bestimmt werden und nicht mehr als 10 μV betragen (zwischen positivem und negativem Ausschlag, $-5 \mu\text{V}$ bis $+5 \mu\text{V}$). Auf den Einsatz von 60 Hz (Notch-)Filtern sollte nach Möglichkeit verzichtet werden. Die Impedanzen müssen unter 10.000 Ω liegen, unter 5.000 Ω ist empfohlen. Der Messbereich sollte zwischen -100 und $+100 \mu\text{V}$ liegen.
- Die zeitliche Dauer eines Leg Movements (LM) liegt zwischen minimal 0,5 und maximal 10 s.
- Der Beginn des LM wird festgelegt, wenn die Zunahme des EMGs 8 μV über dem Ruhesignal liegt. Das Ende des LM wird bei einer Reduktion des EMG-Signals auf $<2 \mu\text{V}$ über dem Ruhesignal für mindestens 0,5 s festgelegt.
- Beinbewegungen an zwei unterschiedlichen Beinen werden dann als eine zusammenhängende Beinbewegung (LM) klassifiziert, wenn weniger als 5 s zwischen den Anfängen beider Bewegungen liegen.

- Wurden bei den ASDA Leg Movements am Ende einer Apnoe oder Hypopnoe, die gemeinsam mit dem Hyperventilationsbeginn auftraten, gesondert als atmungsbezogen gewertet, werden diese nach den Kriterien der AASM nicht mehr bewertet, wenn sie in einem Zeitfenster auftreten, das 0,5 s vor dem Anfang einer Apnoe oder Hypopnoe beginnt und 0,5 s nach dem Ende einer Apnoe oder Hypopnoe endet.
- Arousals werden als beinbewegungs-assoziiert klassifiziert, wenn der zeitliche Abstand zwischen dem Ende des 1. Ereignisses und dem Beginn des 2. Ereignisses $<0,5$ s beträgt (unabhängig von der Reihenfolge der Ereignisse).

Wenn eine Wachphase von geringerer Dauer als 90 s eine Serie von Beinbewegungen trennt, werden Beinbewegungen während der Wachphase nicht gezählt. Aber trotzdem die Serie von Beinbewegungen als solche bewertet.

Die AASM schlägt folgende Analyseparameter vor:

- Bestimmung der Gesamtanzahl der PLMS während der Aufzeichnung und Bestimmung der Gesamtanzahl der PLMS mit Arousals.
- Ermittlung eines PLMS-Index (PLMSI), der durch folgende Formel ermittelt wird: Gesamtanzahl der PLMS während der TST $\times 60 /$ TST (min).
- weiterhin Bestimmung eines PLMS-Arousal-Index (PLMSArI), der festgelegt wird durch die Formel: Anzahl der PLMS mit Arousal $\times 60 /$ TST (min).
- Des Weiteren wird empfohlen, zwischen PLM im Schlaf und im Wachen zu unterscheiden.

Praxistipp

PLMS-Index:

- bis zu 5/h: unauffällig,
- zwischen 5/h und ≤ 20 /h: leichte Störung,
- zwischen 20/h und 60/h: moderate Störung,
- über 60/h: schwere Erkrankung.

Der Vorteil der AASM-Kriterien liegt neben der klareren Präzisierung in der Möglichkeit, computergestützte automatische Analysensysteme eine Auswertung vornehmen zu lassen. Die AASM hat auch erste Kriterien für andere motorische Phänomene und Störungen während des Schlafes beschrieben (► Abschn. 9.1.4).

Der **hypnagoge Fußtremor** (Hypnagogic Foot Tremor; HFT) wird von der AASM als am Schlaf-Wach-Übergang in einer Gruppe zu mindestens 4 Ereignissen auftretenden EMG-Potentialen oder Bewegungen mit einer zeitlichen Dauer zwischen 250 und 1000 ms und einer Häufigkeit zwischen 0,3–4 Hz ohne Amplitudenkriterium definiert. Der HFT wird als ein gutartiges Phänomen ohne klinische Relevanz betrachtet.

Die **alternierende Beinmuskelaktivität** (Alternating Leg Muscle Activation, ALMA) tritt stadienunabhängig arousalassoziiert im Schlaf auf und wird ebenfalls als benignes Phänomen mit einer erhöhten Auftretenswahrscheinlichkeit beim RLS, bei der Schlafapnoe und unter antidepressiver Medikation beschrieben. Für die Bewertung werden mindestens 4 seitenalternierende Muskelentladungen gefordert, die mit einer Minimalfrequenz von 0,5 Hz und einer Maximalfrequenz von 3 Hz auftreten. Die zeitliche Dauer der einzelnen Ereignisse liegt zwischen 100 und 500 ms.

Beim **exzessiven fragmentierten Myoklonus** (EFM) in NonREM handelt es sich um EMG-Einstreuungen, Entladungen einzelner Motorneurone, mit einer maximalen Dauer von 150 ms. Nach den Kriterien der AASM müssen sie über insgesamt mindestens 20 min mit einer Frequenz von mindestens 5/min auftreten. Sie gehen nicht mit Bewegungen einher. Ihnen wird keine klinische Bedeutung zugeschrieben, obwohl sie bei Radikulopathien vermehrt beobachtet werden können.

2.7.5 Polysomnografie (PSG) bei Bruxismus

Erstmals wurden von der AASM Kriterien für die polysomnografische Registrierung und Auswertung von Bruxismus (► Kap. 8) formuliert. Dabei werden die Analyse Kriterien auf das submentale EMG angewandt. Es können jedoch auch zusätzliche

Ableitungen am M. masseter vorgenommen werden. Zur Unterstützung der Diagnose kann auch begleitend eine audiometrische Aufzeichnung in der PSG erfolgen.

Es werden sowohl phasische als auch tonische Erhöhungen der EMG-Aktivität des submentalen EMGs oder des M. masseter gewertet, die mindestens das Doppelte der Amplitude der Hintergrund-EMG-Aktivität aufweisen. Es werden kurze (phasische) Erhöhungen der EMG-Aktivität als Bruxismus-Episode gewertet, wenn ihre Dauer 0,25–2 s beträgt und mindestens 3 solcher Erhöhungen in regelmäßigen Abständen auftreten. Tonische Erhöhungen der Kinnaktivität werden ab einer Dauer von >2 s als Bruxismus gewertet. Nach einer Bruxismusepisode darf eine erneute Episode erst dann gewertet werden, wenn das EMG für mindestens 3 s auf das Niveau der Hintergrundaktivität zurückgekehrt ist. Zu beachten ist eine zweite Form der Bruxismusaktivität. Diese zeichnet sich durch eine tonische Erhöhung aus, welche ihren Ursprung in dem zeitlich überdauernden Zusammenpressen der Kiefer findet.

Von der AASM liegen keine Empfehlungen bezüglich der Indikation zur PSG bei Bruxismus vor.

2.7.6 Polysomnografie (PSG) bei der REM-Verhaltensstörung

Zur Diagnose einer REM-Verhaltensstörung (REM Behavior Disorder, RBD) müssen in der PSG eine oder beide der folgenden Phänomene beobachtet werden:

- Tonische Muskelaktivität in REM, die charakterisiert ist durch eine in mindestens 50 % der Epoche auftretende EMG-Aktivität, die über der niedrigsten Amplitude in NonREM liegt.
- Exzessive transiente (phasische) Muskelaktivität (ETM) während REM im submentalen oder tibialen EMG. Dabei wird verlangt, dass in 5 von 10 Miniepochen (3 s) der jeweiligen Epoche (30 s) mindestens 5 Miniepochen mit ETM auftreten. Bei der REM-Verhaltensstörungen sind ETMs von einer zeitlichen Dauer zwischen 0,1 und 5 s und haben mindestens eine 4-fach höhere Amplitude als die Hintergrundaktivität.

Von der AASM liegen keine Empfehlungen bezüglich der Indikation zur PSG bei der REM-Verhaltensstörung vor.

2.7.7 Polysomnografie (PSG) bei rhythmischen Bewegungsstörungen im Schlaf

Die rhythmischen Bewegungsstörungen im Schlaf (Jactatio capitis nocturna) werden als Bewegungen großer Muskelgruppen mit einer Frequenz zwischen 0,5 und 2 Hz definiert. Dabei wird empfohlen, mindestens 4 Bewegungen zu einer Episode oder einem Cluster zusammenzufassen. Für die Bewertung sollte das EMG mindestens die doppelte Amplitude der Hintergrundaktivität einnehmen. Für die eindeutige Diagnosestellung wird empfohlen, eine begleitende Videometrie durchzuführen und zusätzliche EMG-Oberflächenelektroden an den beteiligten Muskelgruppen zu applizieren.

Von der AASM liegen keine Empfehlungen bezüglich der Indikation zur PSG bei rhythmischen Bewegungsstörungen im Schlaf vor.

2.7.8 Polysomnografie (PSG) bei schlafbezogenen Atmungsstörungen

Zu den schlafbezogenen Atmungsstörungen (► Kap. 4) zählen:

- obstruktive Schlafapnoe,
- zentrale Schlafapnoe-Syndrome,
- schlafbezogene Hypoventilationssyndrome,
- schlafbezogene Hypoxämie.

Prägend für diese Störungen ist das Auftreten einer Apnoe oder einer reduzierten Atmung (Hypopnoe) bzw. von Hypoventilationen oder einer Hypoxämie während des Schlafes. In Assoziation können O₂-Desaturationen und respiratorische Arousals auftreten.

Die PSG wird zur Diagnose, Differenzialdiagnose, Schweregradbestimmung und Therapieüberwachung der schlafbezogenen Atmungsstörungen eingesetzt. Die S3-Leitlinie „Nicht erholsamer Schlaf/Schlafstörungen“ – „Kapitel „Schlafbezogene Atmungsstörungen“ der Deutschen Gesellschaft für

Schlafforschung und Schlafmedizin (DGSM) als auch die im Jahr 2017 erneuerten Kriterien für die Indikation der Polysomnografie bei schlafbezogenen Atmungsstörungen der AASM (Kapur et al., 2017) sehen die Polysomnografie bei allen schlafbezogenen Atmungsstörungen mit Begleiterkrankungen, welche geeignet sind, die Aussagekraft von unüberwachten Polygrafie-Systemen zu reduzieren, als empfohlenen diagnostischen Standard. Nur in klinisch eindeutigen Fällen mit Verdacht auf SBAS ohne relevante komorbide Erkrankungen kann die Diagnosestellung mittels Polygrafie erfolgen. Therapieverlaufkontrollen werden in der Regel durch ärztliche Konsultation mit ggf. apparativer Untersuchung mittels Polygrafie vorgenommen. Bei Patienten mit relevanten komorbiden Erkrankungen kann auch eine polysomnografische Therapiekontrolle indiziert sein (► Abschn. 2.6). Auch wenn bereits eine unüberwachte polygrafische Untersuchung mit uneindeutigem Ergebnis oder technischen Problemen stattgefunden hat, wird die Polysomnografie empfohlen.

Zur Bestimmung von Apnoen können nach den Empfehlungen der AASM oronasale Thermistoren zur Anwendung kommen. Zur Bestimmung von Hypopnoen wird die Anwendung von Staudruckmessaufnehmern gefordert. In jüngerer Vergangenheit wurden auch Kombielektroden entwickelt, welche den gleichzeitigen Einsatz von Staudruck- und Thermistormessung erlauben.

Die Erfassung der Atmungsanstrengung soll über eine ösophageale Drucksonde oder eine Induktionsplethysmografie erfolgen. Dehnungsgürtel mit piezokeramischen Sensoren werden aufgrund der punktuellen Messung (fehlende Zirkumferenzmessung) eher abgelehnt (► Abschn. 2.7.1). Da zur Erfassung von Apnoen und Hypopnoen in praxi nicht in jedem Fall 2 verschiedene Messaufnehmer appliziert werden können, wird zur Erfassung von Apnoen ebenfalls die Staudruckmessung akzeptiert. Zur Registrierung von Hypopnoen können auch oronasale Thermistoren Anwendung finden. Sofern diese Methoden nicht funktionieren oder kein reliables Signal geben, können mit der zweiten Version der AASM Kriterien seit 2012 Apnoen alternativ auch mittels des Summensignals aus thorakaler und abdominaler Induktionsplethysmografie (Abschätzung des Atemzugvolumens) oder des zeitabgeleiteten Summensignals aus thorakaler und abdominaler Induktionsplethysmografie (Abschätzung des

Luftflusses) ermittelt werden. Für die Identifikation von Hypopnoen wird als Alternative zum nasalen Staudrucksensor oder dem oronasalen Thermistors das Summensignal aus thorakaler und abdominaler Induktionsplethysmografie, das zeitabgeleitete Summensignal aus thorakaler und abdominaler Induktionsplethysmografie oder die separate Aufzeichnung der Induktionsplethysmografie an Thorax sowie Abdomen empfohlen. Akzeptabel ist auch die Verwendung des Summensignals aus thorakalen und abdominalen Polyvinylidene-Fluoride-Effortssensoren (Gurte) für die Identifikation von Apnoen oder Hypopnoen. In Nächten zur Titration einer Überdruckbeatmung wird für die Identifikation von Apnoen oder Hypopnoen die Verwendung des Flow-signals des Beatmungsgerätes empfohlen.

Nach den Kriterien der AASM wird ein Ereignis als **Apnoe** gewertet, wenn

- die Reduktion im Signal des Thermistors (oder der Staudruckmessung) $\geq 90\%$ beträgt und
- während mindestens 10 s der Dauer des Ereignisses das Amplitudenkriterium (Reduktion um $\geq 90\%$) zutrifft.

Eine Apnoe wird

- als obstruktiv gewertet, wenn die Atmungsanstrengung unvermindert fortbesteht,
- als zentral, wenn die Atmungsanstrengung sistiert,
- als gemischt, wenn die Atmungsanstrengung zunächst sistiert und in einem 2. Abschnitt des Ereignisses bei weiterhin sistierendem Atemfluss wieder einsetzt (Abb. 2.16, Abb. 2.17, Abb. 2.18).

Nach den Kriterien der AASM (2016) wurden die aus der Version 2007 stammenden alternativen Hypopnoe-Regeln zu einer einzigen Regel zusammengefasst:

Eine Hypopnoe besteht, wenn

- das Flow-Signal (Staudruckmessung, Thermistor) um mindestens 30 % im Vergleich zum Ausgangswert fällt,
- diese Verminderung mindestens 10 s andauert und
- die Sauerstoffsättigung um wenigstens 3 % im Vergleich zum Ausgangswert fällt oder das Ergebnis Arousal-korreliert ist (siehe Abb. 2.19).

Ein Ereignis wird als Apnoe gewertet, wenn im Verlauf einer Hypopnoe zeitweise das Kriterium einer Apnoe erfüllt wird.

Hypopnoen können seit der AASM-Version aus dem Jahr 2012 wieder in obstruktive und zentrale Formen unterschieden werden.

Vorteil der neuen AASM-Kriterien ist u. a. die exakte Definition des Beginns und des Endes eines respiratorischen Ereignisses:

- Der Beginn einer Apnoe oder Hypopnoe wird am Tiefpunkt der Atemzugkurve, die dem 1. reduzierten Atemzug vorausgeht, festgelegt.
- Das Ende des respiratorischen Ereignisses wird am Anfang des 1. Atemzuges, der sich hinsichtlich der Amplitude wieder der Ausgangsamplitude nähert, festgelegt. Bei unklarer Ausgangsamplitude, z. B. bei hoher Atemzugsvariabilität, wird das Ende an dem Punkt festgelegt, an dem eine klare Zunahme der oronasalen Atemzugsamplitude beobachtet wird. Alternativ wird auch empfohlen, bei begleitender Desaturation das Ende an dem Punkt festzulegen, an dem eine Resaturation von $\geq 2\%$ eintritt.

Dieses letzte Kriterium dürfte jedoch aufgrund der zeitlichen Verschiebung zwischen Apnoe und assoziierter Desaturation infolge der Herz-Kreislauf-Zeit zu einer nicht unerheblichen Verlängerung der respiratorischen Ereignisse führen und ist aus diesem Grunde eher abzulehnen.

Auch die Berücksichtigung von respiratorischen Ereignissen, die nicht das Kriterium einer Apnoe oder Hypopnoe erfüllen, aber trotzdem die Schlafqualität beeinträchtigen und als pathologisch gewertet werden müssen, ist ein Verdienst der AASM: Die atemungsanstrengungsbezogenen Arousals (Respiratory Effort Related Arousal, RERA) sind definiert durch eine Zunahme der Atmungsanstrengung und/oder eine Abflachung des Staudrucksignals über einen Zeitraum von ≥ 10 s. Dabei wird zwingend gefordert, dass das fragliche Ereignis zu einem Arousal führt und dabei die Kriterien einer Apnoe oder Hypopnoe nicht erfüllt werden (Abb. 2.20).

Bei der primären oder sekundären alveolären Hypoventilation und der zentralen Apnoe kann ein

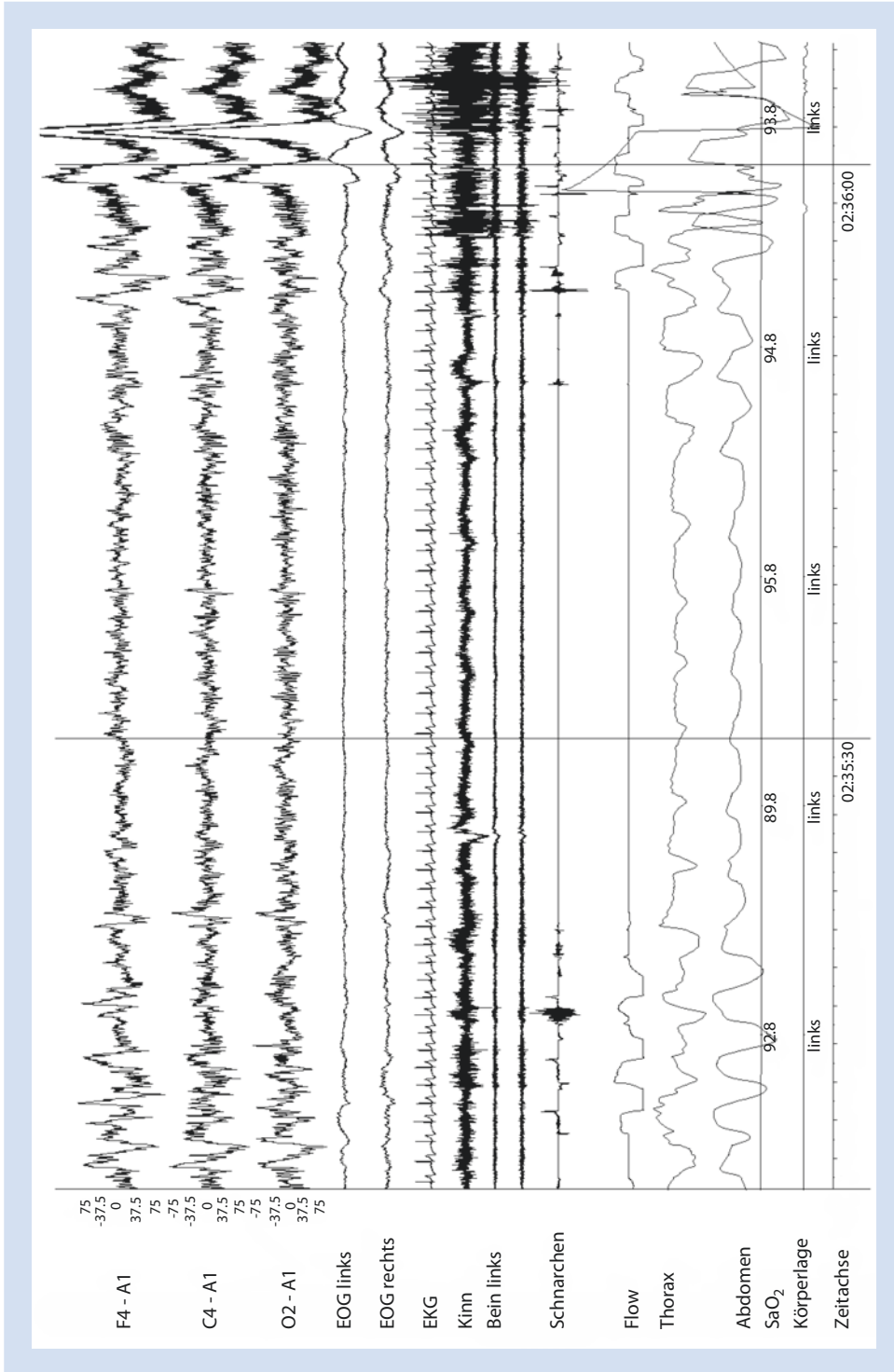


Abb. 2.16 Obstruktive Apnoe von ca. 20 s Dauer mit paradoxen thorakalen und abdominalen Atemexkursionen. Am Ende der Apnoe finden sich ein Apnoe-terminierendes Arousal (Frequenzanstieg im EEG und Bewegungsartefakte) und ein gradueller HbO₂-Abfall, der sich in der Folgeperiode (nicht sichtbar) noch weiter fortsetzt. Der HbO₂-Abfall am Anfang der Apnoe wie auch das vorausgehende Arousal entspringen einer unmittelbar vorangehenden Apnoe

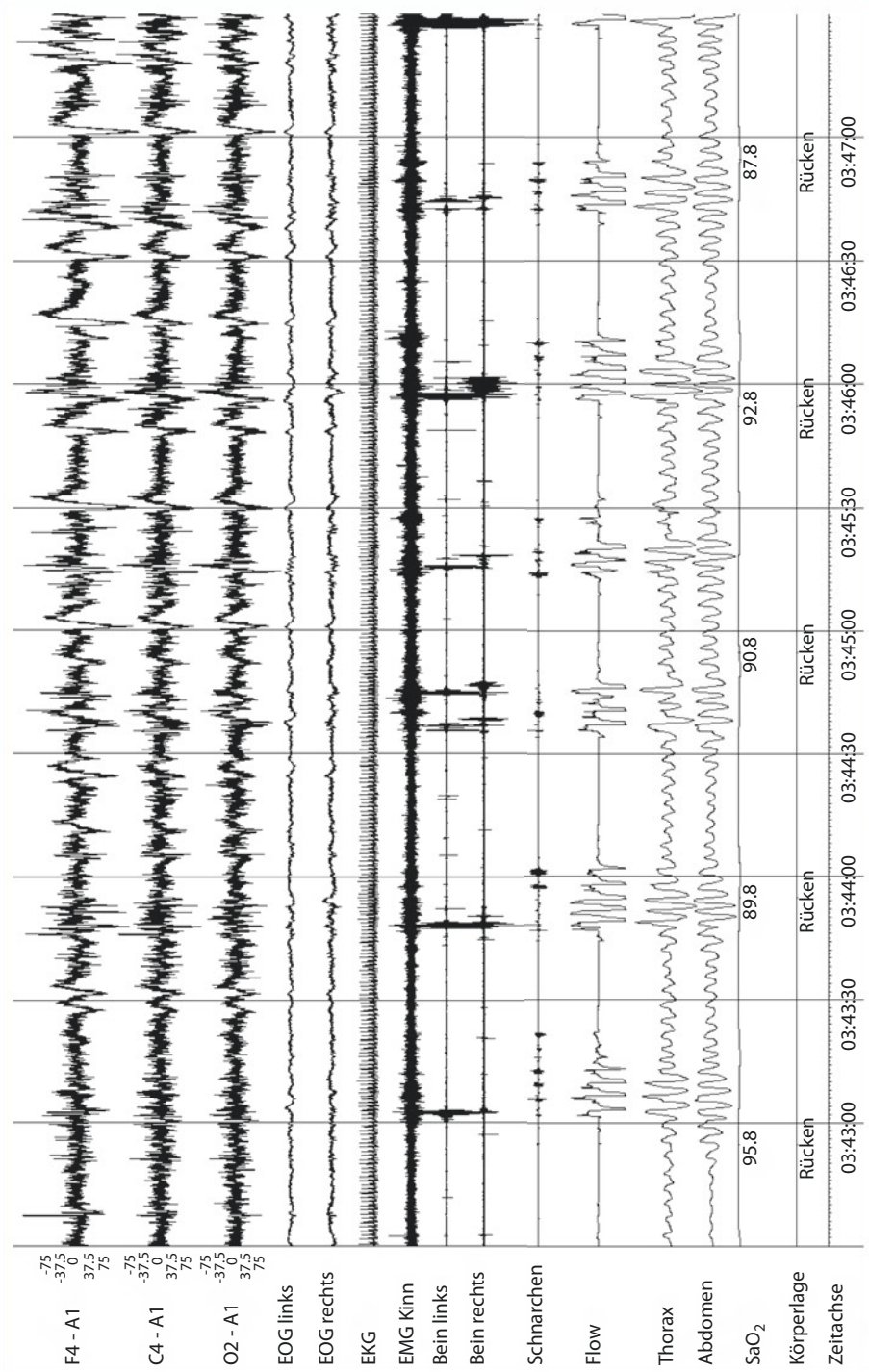


Abb. 2.17 Wiederholte obstruktive Apnoen in der 5-min-Darstellung. Aufgrund der komprimierten Darstellung sind die Apnoe-terminierenden Arousal-Reaktionen im EEG nur noch anhand des intermittierenden Amplitudenanstiegs am jeweiligen Ende der Apnoe zu erkennen.

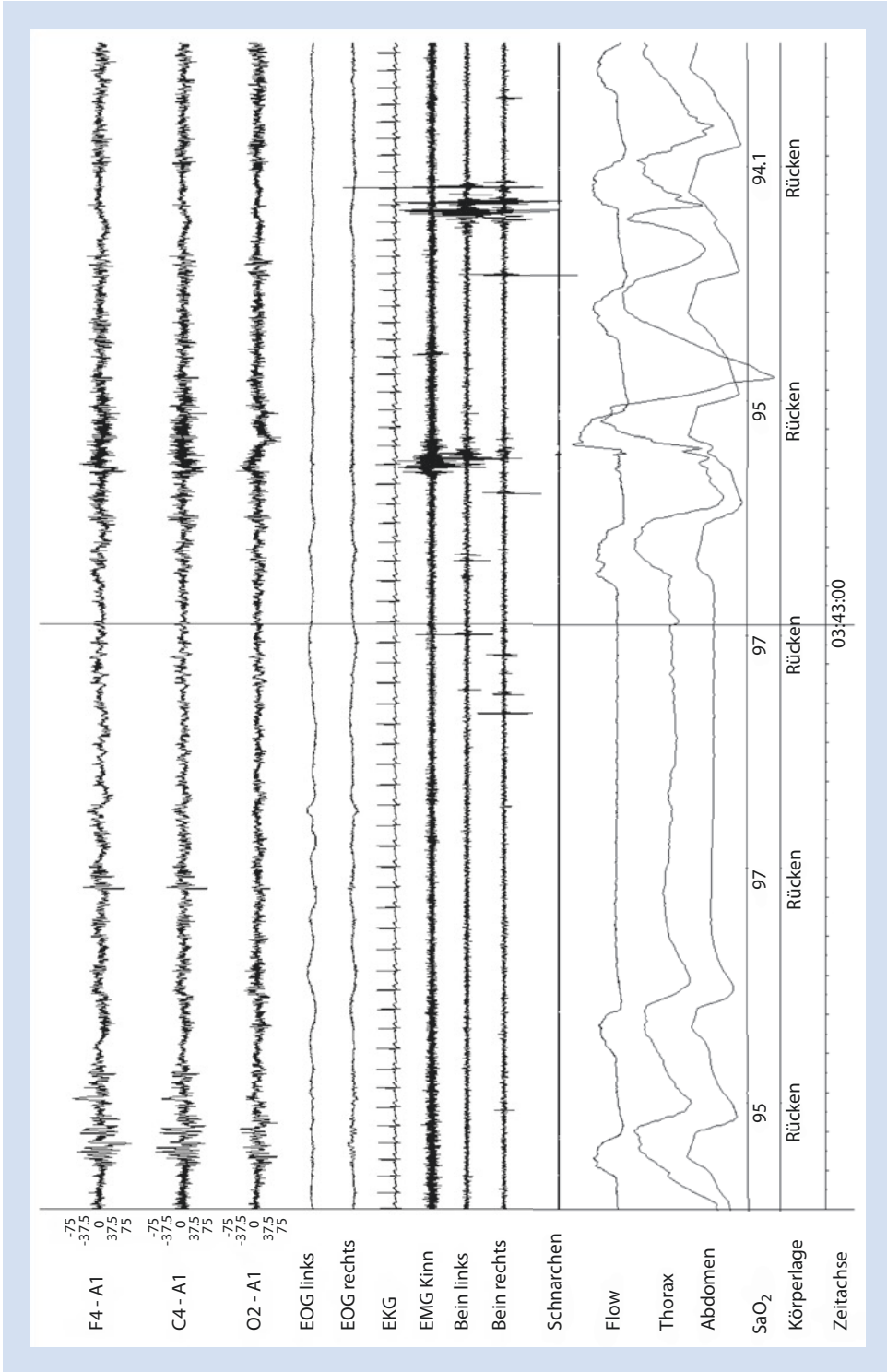


Abb. 2.18 Zentrale Apnoe von ca. 10 s Dauer mit anschließender Arousal-Reaktion (Frequenzbeschleunigung im EEG und Bewegungsartefakte)

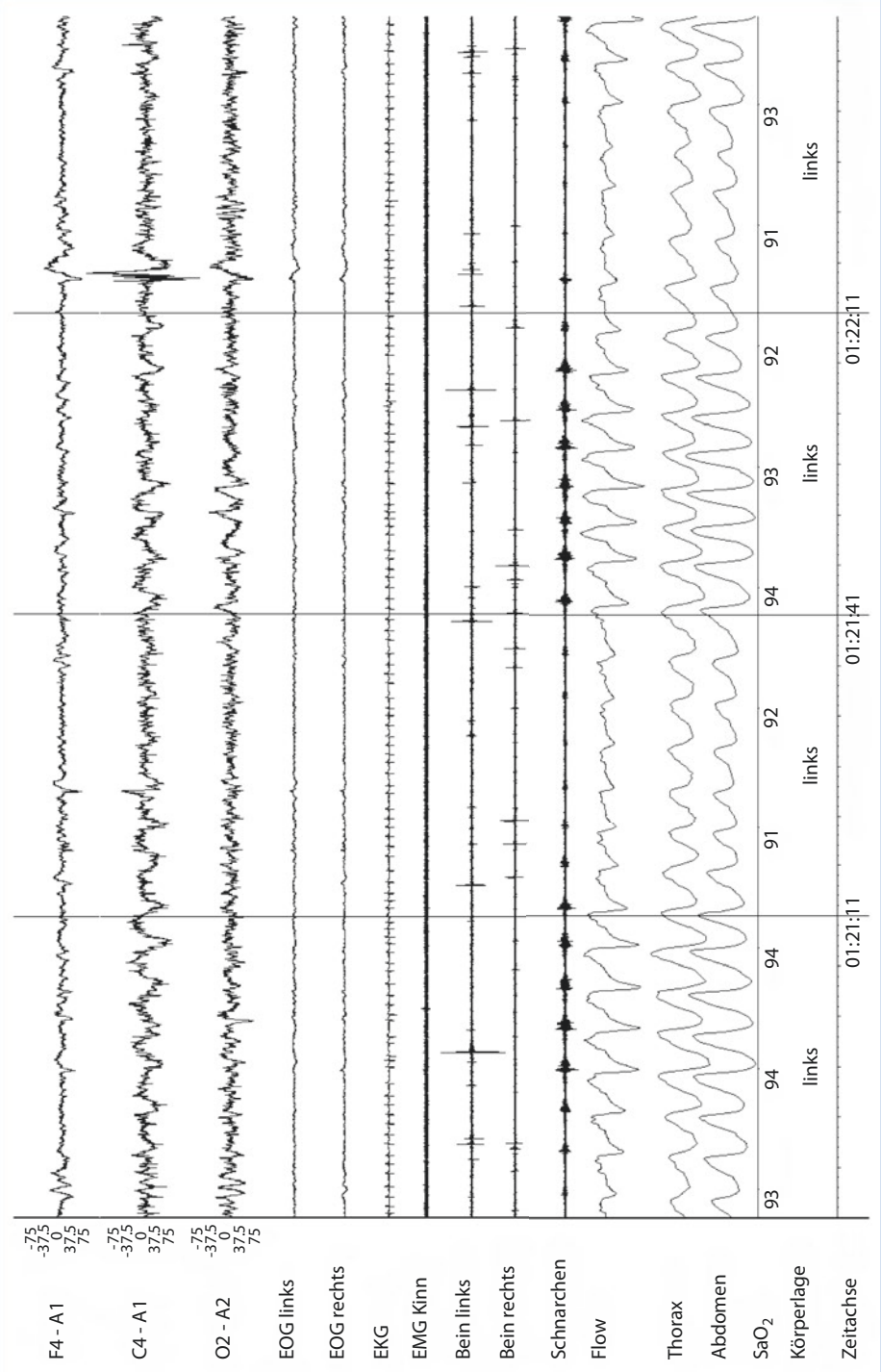
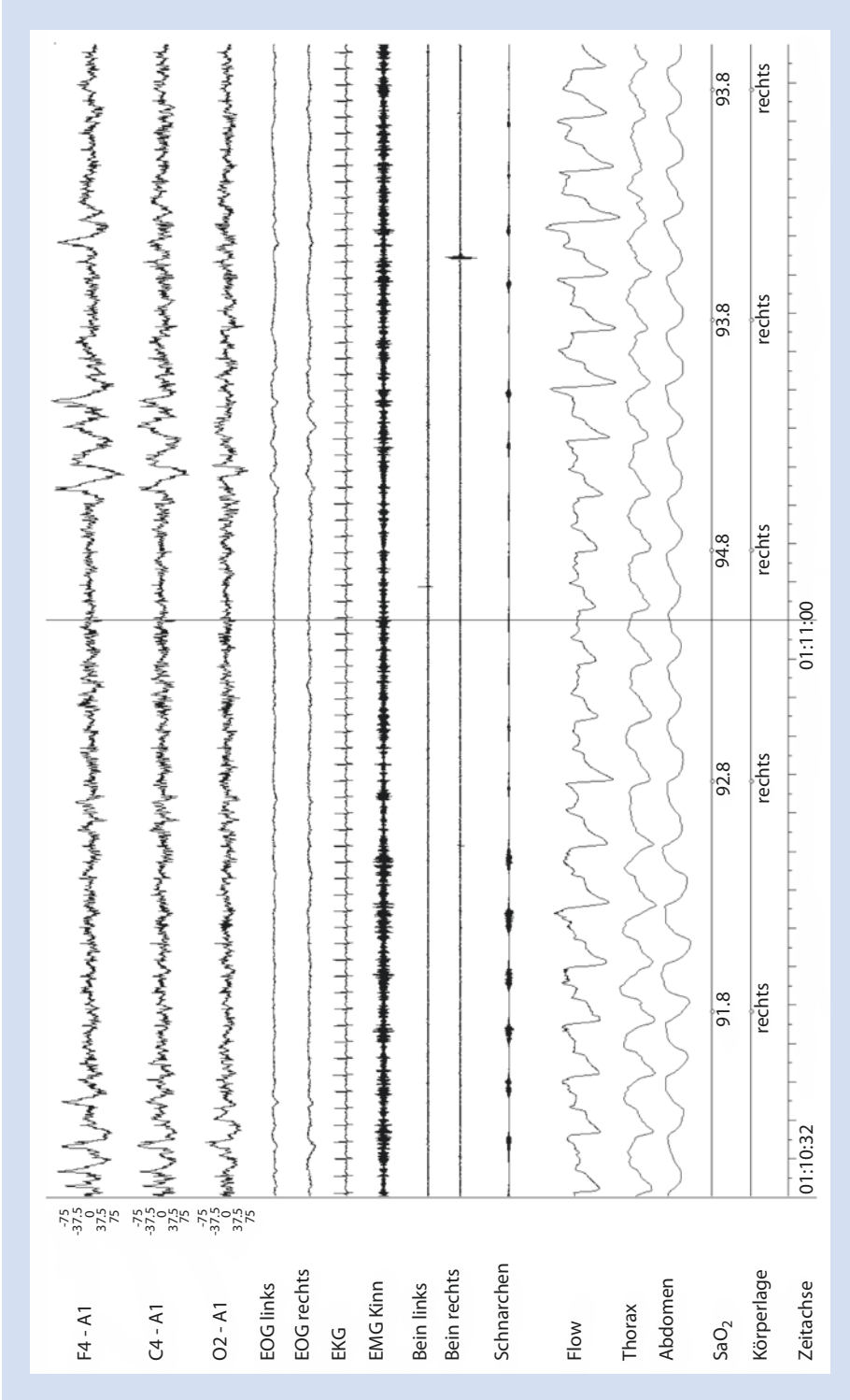


Abb. 2.19 Hypnopten in der 2-min-Ansicht. Reduktion der Amplitude im oronasalen Thermistor >30% und in den thorakalen und abdominalen Atemexkursionen. Weiterhin Abfall der HbO₂-Sättigung >4%



■ **Abb. 2.20** RERA (Respiratory Effort Related Arousal). Abflachung des Kurvenverlaufs und der Amplitudenreduktion im oronasalen Thermistor <30 % mit einhergehender EEG-Frequenzbeschleunigung, die durch höher amplitudige Wellen (Delta-Wellen) inklusive einem K-Komplexes eingeleitet wird

gradueller oder vollständiger Verlust des Atemflusses bei offenen Atemwegen und reduzierten bzw. fehlenden thorakalen und abdominellen Atemanstrengungen beobachtet werden.

Ein Ereignis wird als **Hypoventilation** bewertet, wenn

- der PaCO_2 mindestens 55 mmHg für eine zeitliche Dauer von mindestens 10 min beträgt, oder
- eine Zunahme von mindestens 10 mmHg PaCO_2 , für mindestens 10 min über einen Wert von 50 mmHg beobachtet wird.

Eine persistierende O_2 -Desaturation reicht nicht zur Dokumentation einer Hypoventilation aus (► Abschn. 4.1.1). Ein erhöhter PaCO_2 unmittelbar nach dem Erwachen ist ein deutlicher Hinweis auf das Vorliegen einer schlafbezogenen Hypoventilation. Sowohl transkutane als auch endtitale (endexpiratorische) Messungen können zur Bestimmung von PaCO_2 herangezogen werden.

Im Rahmen von zentralen Schlafapnoe-Syndromen (► Kap. 4) treten nicht selten typische Atemflussmuster auf, die als Cheyne-Stokes-Atmung bezeichnet werden. Die AASM Kriterien definiert die Bewertungsregeln für die Cheyne-Stokes-Atmung wie folgt:

- es treten mindestens drei aufeinanderfolgende Apnoen und/oder Hypopnoen auf, zwischen denen crescendo-decrescendoartige Atemzüge liegen, wobei die Zykluslänge dieses Atemmusters mindestens 40 s beträgt und
- mindestens 5 oder mehr zentrale Apnoen oder Hypopnoen pro Stunde Schlaf treten in einem Aufzeichnungszeitraum von mindestens 2 h auf und diese mit der Cheyne-Stokes-Atmung assoziiert sind (► Abb. 2.21).

Eine Übersicht über die respiratorischen Ereignisse im Schlaf gibt [Tab. 2.5](#).

In Abhängigkeit vom Schweregrad der Erkrankung findet sich infolge Apnoe-terminierender Weckreaktionen ein fragmentiertes Schlafprofil mit Tief- und REM-Schlaf-Suppression bei gleichzeitiger Erhöhung oberflächlicher Schlafstadien. Koinzidierend zu den Apnoe- oder Hypoventilationsphasen

treten phasische HbO_2 -Desaturationen auf, die aber wegen der physiologischen HbO_2 -Sättigungskurve phasenverschoben erscheinen ([Abb. 2.22](#)).

Die AASM schlägt statistisch-deskriptive Kenngrößen zur Beschreibung schlafbezogener Atmungsstörungen vor ([Tab. 2.6](#)). Als typische Schweregradmaße werden

- der Apnoe-Hypopnoe-Index (AHI),
- der Entsättigungsindex (Anzahl der HbO_2 -Desaturationen $>3\%$ pro Stunde Nachtschlaf) und
- der Respiratory-Effort-Related-Arousal-Index (RERA-I) bestimmt.

Bei unüberwachten Polygrafien ist die Erfassung von Schlaf und RERAs aufgrund des fehlenden EEGs nicht möglich. Aus diesem Grunde werden für die Beschreibung der respiratorischen Schweregradmaße alternative Berechnungsformeln und Bezugsgrößen gebildet und eine andere Nomenklatur der Schweregradmaße im Vergleich zur PSG verwendet. Der Respiratorische Ereignis Index (REI) wird anstatt des RDI verwendet, welcher Apnoen, Hypopnoen und RERAs berücksichtigt. Der ODI anstatt des EI:

- Der REI beschreibt die Anzahl aller Apnoen und Hypopnoen bezogen auf die Aufzeichnungszeit.
- Der ODI beschreibt die Anzahl aller O_2 -Desaturationen (i. d. Regel $>3\%$) bezogen auf die Aufzeichnungszeit.

Zu weiteren Schweregradmaßen [Tab. 2.3](#), [Tab. 2.6](#).

Wurde in der Vergangenheit bei der Schweregradeinteilung schlafbezogener Atmungsstörungen ausschließlich das Ausmaß des Auftretens nächtlicher Apnoen und Hypopnoen berücksichtigt, wird aktuell auch das Auftreten von respiratorischen Weckreaktionen und das Befinden am Tage, insbesondere das Ausmaß der Tagesschläfrigkeit berücksichtigt ([Tab. 2.7](#)).

Zu beachten ist, dass basierend auf der neuen Schweregradklassifikation auch bei Fällen mit einem niedrigen RDI (respiratorische Ereignisse pro Stunde Schlaf), aber ausgeprägter Tagesschläfrigkeit mit schweren Aufmerksamkeitsstörungen

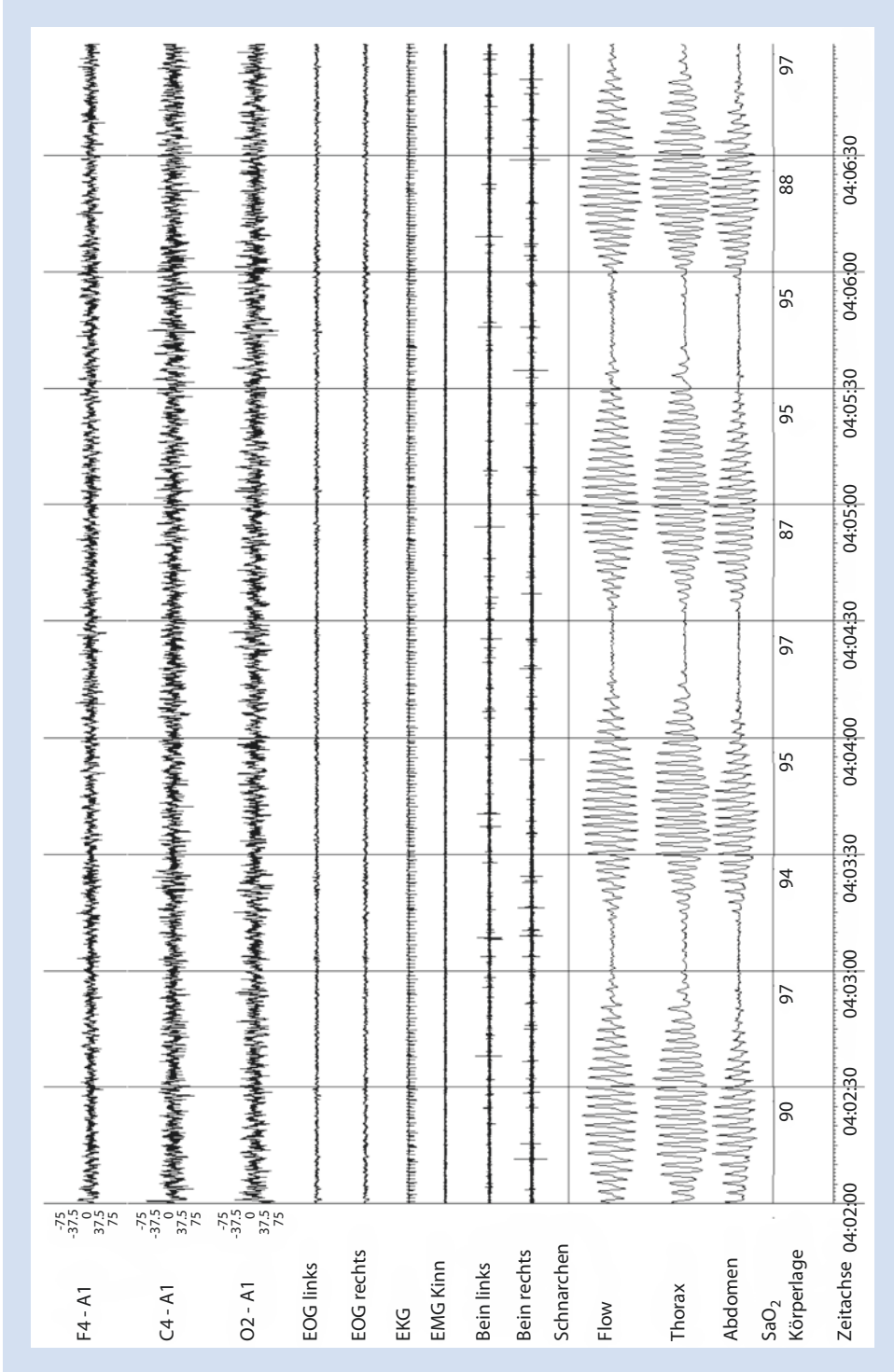
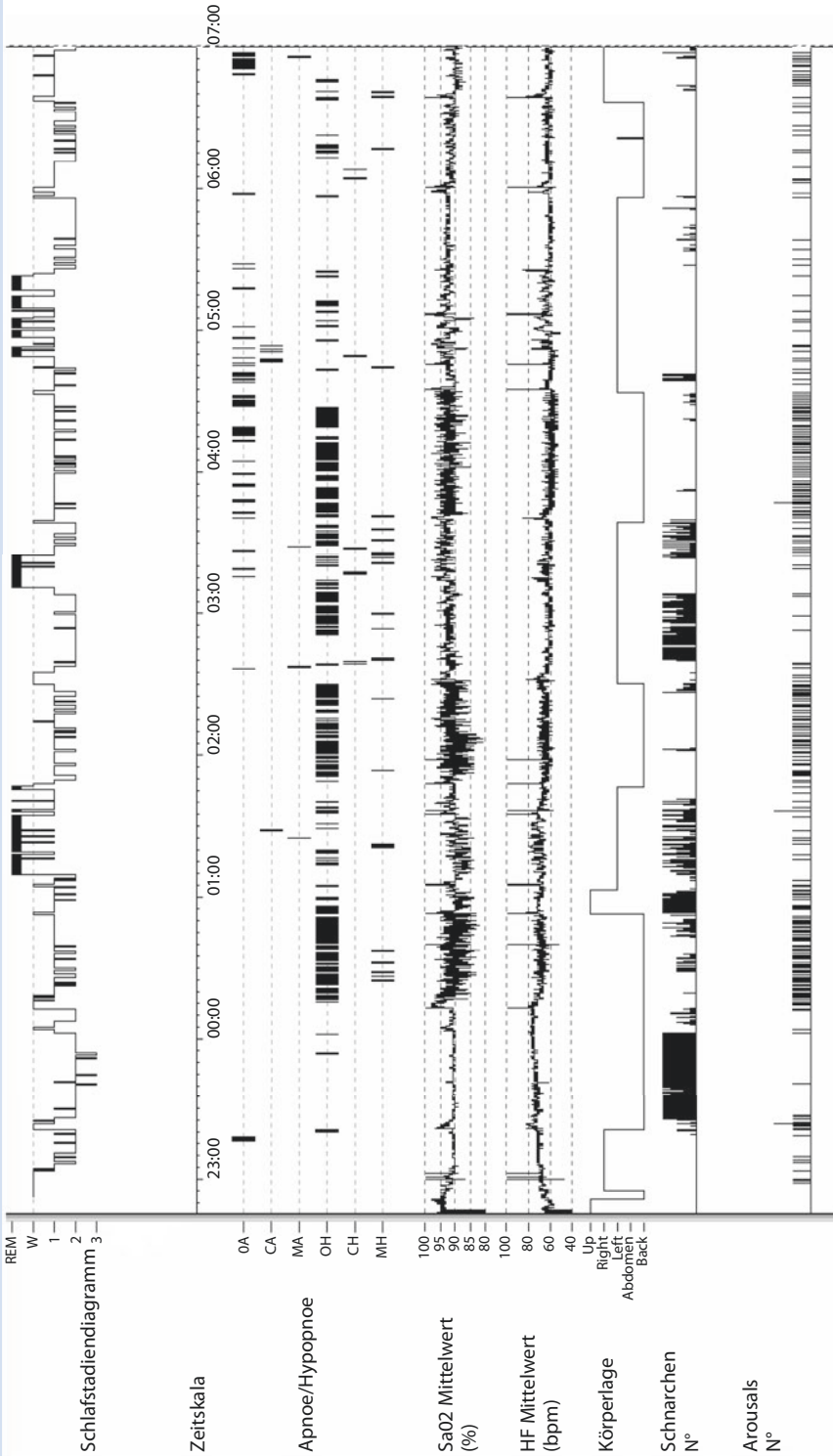


Abb. 2.21 Cheyne-Stokes-Atmung in der 5-min-Ansicht einer Polysomnografie. Es folgen Crescendo- und Decrescendo-Phasen der Atmung aufeinander. Zentrale Apnoen zwischen den Ereignissen und Arousal-Reaktionen zum Zeitpunkt des Amplitudenmaximums. Die Arousal-Reaktionen stellen sich anhand der erhöhten Amplitude im EEG (okzipital) nur angedeutet dar



■ **Abb. 2.22** Typisches Hypnogramm bei schwerer obstruktiver Schlafapnoe. Das Hypnogramm zeigt die charakteristische Tiefschlafunterdrückung (Stadium 3 fehlt) und den erhöhten Schlafstadienwechsel infolge repetitiver Apnoe-terminierender Arousal-Reaktionen (*Arousal/N0=Anzahl/Arousal*). Die erhöhte Anzahl von Weckreaktionen (*Arousal/N0*) findet ebenfalls ihren Ausdruck in der erhöhten Herzfrequenzvariation (HF-Mittelwert, bpm). Es treten überwiegend obstruktive Hypoventilationsphasen (OH) und obstruktive Apnoen (OA) unabhängig von der Körperlage auf. Infolge der respiratorischen Störung können intermittierende HbO_2 -Abfälle (SaO_2 -Mittelwert, %) bis nahezu 80 % festgestellt werden. Der Kanal *Schnarchen* gibt die erhöhte Schnarchaktivität wieder.

■ **Tab. 2.5** Systematische Darstellung respiratorischer Ereignisse im Schlaf

Respiratorisches Ereignis	Oronasaler Luftfluss	Atmungsanstrengung
Obstruktive Apnoe	Fehlt ($\geq 90\%$)	Erhalten
Zentrale Apnoe	Fehlt ($\geq 90\%$)	Fehlt
Gemischte Apnoe	Fehlt ($\geq 90\%$)	Fehlt zunächst, dann einsetzend
Hypopnoe	$\geq 30\%$ (und 3% HbO ₂ -Desaturation oder Arousal)	Erhalten
Respiratory Effort Related Arousal (RERA)	Diskrete Reduktion ($< 30\%$), nicht zwingend	Erhalten
Cheyne-Stokes-Atmung	Crescendo-/decrecendoartiger Verlauf	Crescendo-/decrecendoartiger Verlauf

■ **Tab. 2.6** Statistisch-deskriptive Kenngrößen zur Beschreibung schlafbezogener Atmungsstörungen

Schweregradmaß	Definition
Apnoen	Gesamtzahl aller Apnoen während TST
Apnoe-Index (AI)	Durchschnittliche Apnoe-Zahl pro Stunde bezogen auf TST
Hypopnoen	Gesamtzahl aller Hypopnoen während TST
Hypopnoe-Index (HI)	Durchschnittliche Hypopnoe-Zahl pro Stunde bezogen auf TST
Apnoen und Hypopnoen	Gesamtzahl aller Apnoen und Hypopnoen während TST
Apnoe-Hypopnoe-Index (AHI)	Durchschnittliche Apnoe-Zahl und Hypopnoe-Zahl pro Stunde bezogen auf TST
Respiratory Effort Related Arousal (RERA)	Gesamtzahl aller Ereignisse während TST
Respiratory-Effort-Related-Arousal-Index (RERA-I)	Durchschnittliche Anzahl Ereignisse pro Stunde Schlaf bezogen auf TST
Respiratory Disturbances Index (RDI)	Durchschnittliche Apnoe-Zahl und Hypopnoe-Zahl und RERA-Zahl pro Stunde bezogen auf TST
Bei ambulanten Polygrafien: Respiratorischer Ereignis Index (REI)	Anzahl aller Apnoen und Hypopnoen bezogen auf die Aufzeichnungszeit
Sauerstoffsättigungen $> 3\%$	Gesamtzahl aller Ereignisse
Sauerstoffsättigungsindex $> 3\%$	Gesamtzahl aller Ereignisse pro Stunde Schlaf bezogen auf TST
Bei ambulanten Polygrafien: Sauerstoffdesaturationsindex	Anzahl aller O ₂ Desaturationen bezogen auf die Aufzeichnungszeit
Mittlere Sauerstoffsättigung	Mittelwert der O ₂ -Konzentration ohne Entsättigungen in Prozent während TST
Auftreten von Hypoventilation	ja/nein
Auftreten von Cheyne-Stokes-Atmung	ja/nein

TST total sleep time = totale Schlafzeit inklusive N1

■ **Tab. 2.7** Schweregradeinteilung der obstruktiven Formen schlafbezogener Atmungsstörungen (In dieser Schweregradklassifikation werden in den RDI die RERAs mit einbezogen)

Dimension	Leicht	Moderat	Schwer
Schläfrigkeit oder nicht intendierte Schlafepisoden am Tage	Während Aktivitäten, die wenig Aufmerksamkeit fordern, z. B. Fernsehen	Während Aktivitäten, die Aufmerksamkeit verlangen, z. B. Besprechungen	Während Aktivitäten, die aktive Aufmerksamkeit verlangen, z. B. Autofahren
Respiratorische Ereignisse pro Stunde Schlaf (RDI)	5–15	15–30	>30

RERA Respiratory Effort Related Arousal

und Einschlafneigung von einer schweren Schlafapnoe ausgegangen wird.

Kritisiert wird an der Schweregradeinteilung vor allem, dass Alterseffekte und auch methodische Effekte unberücksichtigt bleiben. So findet sich beispielsweise bei gesunden Älteren nicht selten ein höherer RDI als 5/h. Wünschenswert wäre weiterhin, dass in die Schweregradeinteilung das individuelle kardiopulmonale Risiko mit einfließt. Auch ist die Sensitivität von Methoden der Messung des oronasalen Luftflusses deutlich unterschiedlich. In zahlreichen Studien konnte gezeigt werden, dass oronasale Thermistoren zu einem geringeren RDI führen, als dies im Vergleich bei der nächtlichen Staudruckmessung der Fall ist.

2.8 Untersuchung schläfrigkeits- und müdigkeitsbezogener Einschränkungen am Tage

Tagesschläfrigkeit und daraus resultierende Einschränkungen am Arbeitsplatz, der Fahrtüchtigkeit oder in anderen sozialen Anforderungssituationen stellen ein wesentliches Symptom vieler Erkrankungen und speziell vieler Schlafstörungen dar. Ein mit 31 % nicht unwesentlicher Teil der Bevölkerung über 16 Jahren gibt unspezifisch an, manchmal oder häufig an Schläfrigkeit zu leiden (Falkenstetter et al. 2011). In einem schon fast literarischen Beispiel wird in einer Studie des HUK-Verbandes (eines Versicherungsunternehmens) berichtet, dass ca. 25 % aller tödlichen Unfälle auf bayerischen Autobahnen auf Schläfrigkeit am Steuer zurückgeführt werden können. Verkehrsstatistiken belegen, dass auf deutschen Straßen

doppelt so viele tödliche Unfälle infolge Sekundenschlaf als infolge Alkohol am Steuer auftreten. Etwa 20 % aller kritischen Ereignisse in der Luftfahrt werden auf Schläfrigkeit beim Sicherheitspersonal, Piloten und Towerpersonal zurückgeführt. Zahlreiche Katastrophen, z. B. der Untergang der Exxon Valdez, der Absturz der Challenger Raumfähre oder industrielle Unfälle, wie Tschernobyl, Three Mile Island und Bophal werden u. a. auch mit Arbeitsfehlern aufgrund von Tagesschläfrigkeit begründet.

Das wissenschaftliche Interesse an der Tagesschläfrigkeit nimmt in den letzten Jahren deutlich zu, allerdings stellt die Tagesschläfrigkeit einen jungen Forschungsbereich mit noch geringem Erkenntnisstand dar. Eine einheitliche wissenschaftliche Definition und Begriffsbestimmung ist derzeit noch nicht gegeben. Auch eine Abgrenzung gegenüber dem im Englischen als **fatigue** bezeichneten verwandten Phänomen der Müdigkeit ist bislang nicht eindeutig erfolgt.

Unter Berücksichtigung des gegenwärtigen wissenschaftlichen Erkenntnisstandes kann unter Tagesschläfrigkeit eine verminderte Wachheit oder eine Reduktion der zentralnervösen Aktivierung verstanden werden. Variationen der zentralnervösen Aktivierung sind eine universelle menschliche Erfahrung und im zirkadianen Rhythmus physiologisch.

Kennzeichen einer reduzierten zentralnervösen Aktivierung oder einer erhöhten Tagesschläfrigkeit können sein:

- Aufmerksamkeitsstörungen,
- Monotonieintoleranz,
- Einschlafneigung,
- Sekundenschlaf,
- imperative Einschlafattacken.

Diese stehen in direktem Zusammenhang zum Leistungsvermögen in sozialen Anforderungssituationen, wie sie z. B. am Arbeitsplatz oder im Straßenverkehr gegeben sind.

In der Schlafmedizin steht der nichterholbare Schlaf als Ursache der Tagesschläfrigkeit im Mittelpunkt der diagnostischen und therapeutischen Bemühungen. Aus differenzialdiagnostischen Gründen gilt es, neben Schlafstörungen, körperlichen Erkrankungen und situativen Faktoren auch die zirkadiane Phasenlage als potentielle Ursache der Tagesschläfrigkeit in die diagnostischen und therapeutischen Bemühungen zu integrieren.

Ein theoretisches Zusammenhangsmodell zwischen nichterholbarem Schlaf und dem Leistungsvermögen zugrunde liegenden aufmerksamkeitsbezogenen Prozessen wird nachfolgend dargestellt. In diesem neuropsychologischen Modell, das hinsichtlich der aufmerksamkeitsbezogenen Komponenten auf Posner u. Rafal zurückgeführt werden kann und im Rahmen zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen Bestätigung fand, werden 5 aufmerksamkeits- bzw. schläfrigkeitsbezogene Aspekte, die der Leistungsfähigkeit zugrunde liegen, unterschieden. Elaboriertere Modelle dürften eher wissenschaftlichen Fragestellungen vorbehalten sein und für praxisbezogene Fragestellungen der Schlafmedizin als zu komplex betrachtet werden.

Zur schematischen Darstellung der Zusammenhänge zwischen Schlafqualität und schläfrigkeitsbezogenen Einschränkungen am Tage, [Abb. 2.23](#).

Das Modell beinhaltet die nicht der bewussten Kontrolle unterliegende tonische und phasische zentralnervöse Aktivierung:

- Unter der tonischen Komponente versteht man den allgemeinen Grad der Wachheit, der zirkadianen Schwankungen unterliegt.
- Die phasische Komponente beinhaltet die Fähigkeit, das tonische Aktivitätsniveau auf eine Anforderung, einen kritischen Reiz hin zu erhöhen.

Das neuronale Substrat der Wachheit oder auch des zentralnervösen Aktivierungsniveaus wird in der Formatio reticularis des Hirnstamms angenommen. Deren Aktivitätsniveau spiegelt sich u. a. im Frequenzbild der elektrischen Hirnaktivität, in der Herzfrequenz, im Hautwiderstand und in der Pupillenweite wider ([Tab. 2.8](#)).

Die Aktivierung geht den bewussten Anteilen der Aufmerksamkeit, der Vigilanz, der geteilten und selektiven Aufmerksamkeit voraus.

Unter **Vigilanz** wird in der neuropsychologischen Terminologie die Fähigkeit verstanden, die Aufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum auf einem höheren oder hohen Niveau zu halten. Auf selten und zufällig auftretende Reize wird eine adäquate Reaktion gefordert. Hohe Anforderungen an die Vigilanz stellen z. B. Steuerungs- oder Überwachungsaufgaben in Kraftwerksanlagen oder längere Autofahrten dar. Wichtig ist, dass diese Vigilanzdefinition nicht mit physiologischen Definitionen in Übereinstimmung steht. Dort wird der Begriff Vigilanz im Sinne der zentralnervösen Aktivierung (Grad der Wachheit) verwandt ([Tab. 2.8](#)).

Geteilte Aufmerksamkeit beschreibt als neuropsychologischer Terminus die Fähigkeit zur schnellen, automatisierten und kontrollierten

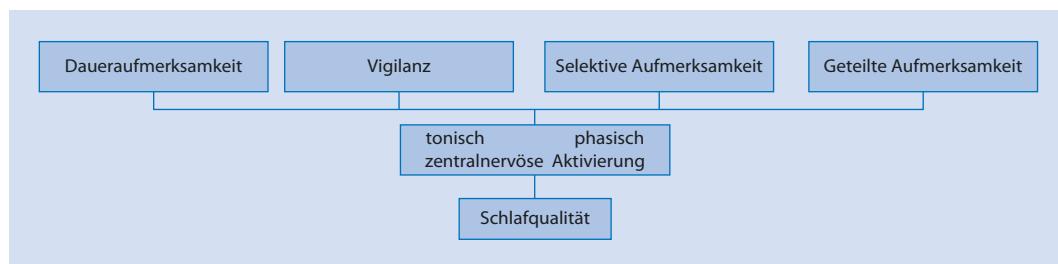


Abb. 2.23 Zusammenhang zwischen Schlafqualität und schläfrigkeitsbezogenen Einschränkungen am Tage. Die bei Schlafstörungen verminderte Schlafqualität, z. B. infolge Slow-Wave-Sleep- (SWS) oder REM-Suppression, hat eine Verminderung der nicht der bewussten Kontrolle unterliegenden tonischen, phasischen zentralnervösen Aktivierung (Tagesschläfrigkeit) zur Folge. Diese reduziert wiederum die der bewussten Kontrolle unterliegende Vigilanz, die geteilte und selektive Aufmerksamkeit.

■ Tab. 2.8 Definition Schläfrigkeit und assoziierte Aufmerksamkeitsprozesse

Aufmerksamkeitskomponente	Merkmale
Tonische Aktivierung	<ul style="list-style-type: none"> – Zirkadianer Aspekt des allgemeinen Erregungsniveaus, der Wachheit – Unterliegt nicht der bewussten Kontrolle – Der Vigilanz, der selektiven und geteilten Aufmerksamkeit vorausgehend
Phasische Aktivierung	Fähigkeit, das tonische Aktivierungsniveau auf einen kritischen Stimulus hin zu erhöhen
Selektive Aufmerksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> – Fähigkeit, unter hohem Tempo die Aufmerksamkeit über längere Zeiträume für eine bestimmte Aufgabe aufrecht zu erhalten – Fähigkeit, Störreize, Interferenzen und Ablenkungen auszublenden
Geteilte Aufmerksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> – Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung – Fähigkeit zu geteilter und paralleler Informationsverarbeitung – Fähigkeit zu automatisierter und kontrollierter Verarbeitung
Vigilanz	<ul style="list-style-type: none"> – Unspezifische organismische Reaktionsbereitschaft, über lange Zeiträume auf seltene und zufällig auftretende Reize zu reagieren – Unterliegt der bewussten Kontrolle
Daueraufmerksamkeit	<ul style="list-style-type: none"> – Fähigkeit, über lange Zeiträume auf zufällig auftretende Reize zu reagieren – Unterliegt der bewussten Kontrolle

Informationsverarbeitung einschließlich der Fähigkeit zu serieller und paralleler Handlungsbereitschaft, wie z. B. beim Autofahren in unübersichtlichen, verkehrsreichen Situationen. So muss bei der Anfahrt an eine Kreuzung der PKW-Führer sich bewegende und stehende Fahrzeuge wahrnehmen, muss Beschilderungen, Ampelanlagen, Fußgänger etc. beachten und gleichzeitig motorische Handlungen wie Lenken, Blinken, Kuppeln und Bremsen koordiniert durchführen (■ Tab. 2.8).

Unter **selektiver Aufmerksamkeit** wird die Fähigkeit verstanden, aus der Summe aller auf das Individuum einströmender Reize eine (selektive) Auswahl relevanter Stimuli zu treffen. Ein klassisches Beispiel ist der Lehrer, der bei einer unruhigen Klasse mit vielen Nebengeräuschen sich auf seinen Unterricht zu konzentrieren hat. Er hat sich (selektiv) auf seine Aufgabe, konkrete Inhalte zu vermitteln, zu konzentrieren und Störungen (Interferenzen) auszublenden, die durch die Nebengespräche der unruhigen Schulklasse gegeben sind (■ Tab. 2.8).

Daueraufmerksamkeit beschreibt die Fähigkeit, auf zufällig auftretende Reize hoher zeitlicher Dichte über längere Zeiträume hinweg korrekt zu reagieren. Der Unterschied zur Vigilanz steckt in der deutlich höheren Reizdichte der kritischen Ereignisse.

Tagesschläfrigkeit wird durch eine Vielzahl von intrinsischen und extrinsischen Bedingungen, wie z.

B. Lärmeinfluss, Temperatur, Aktivität, Körperhaltung, Tageszeit, Motivationslage, Einschlaffähigkeit, psychophysiologisches Arousal oder Einnahme von sedierenden bzw. aktivitätssteigernden Substanzen beeinflusst. Diese gilt es, in der Untersuchungssituation zu beachten und zu kontrollieren.

Vorausgehend wurden definitorische Grundlagen bei der Erfassung der Tagesschläfrigkeit für das bessere Verständnis des Lesers dargestellt. In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen diagnostischen Methoden ausführlich erläutert. In Deutschland haben sich einige Schlafzentren und andere medizinische Einrichtungen auf die aufwändige Diagnostik von Tagesschläfrigkeit, Arbeitsfähigkeit und Fahrtauglichkeit bei Schlafstörungen spezialisiert. Bei entsprechenden Fragestellungen können Patienten dorthin verwiesen werden.

Allerdings wird bereits aus rechtlichen Gründen von einem nicht auf die Tagesschläfrigkeit spezialisierten Arzt oder Therapeuten gefordert, dass er in der Lage ist, das Risiko für eine pathologische Tagesschläfrigkeit und deren negative Auswirkungen auf das soziale Leben methodengestützt abzuschätzen und den Patienten über ein erhöhtes Eigen- oder Fremdgefährdungspotential beispielsweise im Straßenverkehr nach Facharztstandard aufzuklären. Bei positivem Befund kann zur weiteren Abklärung die Überweisung in ein spezialisiertes Schlafzentrum

bzw. zu einem Facharzt für Arbeits- oder Verkehrsmedizin angeraten sein.

Für die Bestimmung der Fahrtüchtigkeit bei Führerscheibewerbern oder Führerscheibesitzer mit SBAS und Tagesschläfrigkeit hat die EU im Jahr 2015 Richtlinien herausgegeben, welche von den Mitgliedsstaaten bis zum 31.12.2016 in nationales Recht umgewandelt werden mussten. Hierzu hat die Bundesanstalt für Straßenwesen, gemeinsam mit Experten aus der DGSM, im Kapitel Tagesschläfrigkeit der Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahreignung entsprechende Empfehlungen herausgebracht. Diese werden im ► Kap. 12 erläutert.

2.8.1 Diagnostik der Tagesschläfrigkeit

Ergibt sich aus den Fragebogendaten oder der Anamneseerhebung (► Abschn. 2.1, ► Abschn. 2.3) der begründete Verdacht auf das Vorliegen von pathologischer Tagesschläfrigkeit, kommen insbesondere bei Risikopatienten objektive Untersuchungsverfahren (► Tab. 2.9) zur Anwendung. Überprüft werden schläfrigkeitsbezogene Funktionen:

- zentralnervöse Aktivierung
- selektive Aufmerksamkeit
- geteilte Aufmerksamkeit

■ Tab. 2.9 Diagnostische Verfahren zur Erfassung schläfrigkeitsbedingter Einschränkungen

Aufmerksamkeitskomponente	Geeignete Testverfahren
Tonische Aktivierung	Einschlafneigung, z. B. Multipler Schlaflatenz-Test (MSLT) Fähigkeit, wach zu bleiben, z. B. Multipler Wachbleibe-Test (MWT) LZ-EEG (mit und ohne Verhaltensprotokoll) Schwankungen des Pupillendurchmessers im Dunkeln Pupillografischer Schläfrigkeitstest (PST) Reaktionszeitmessungen mit Auslassungen, z. B. Psychomotorischer Vigilanztest (PVT), Osler Test (OT) EEG Untersuchungen, z. B. Alpha Attenuation Test (ATT) Andere Reaktionszeitmessungen, z. B. Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP), Wiener Testsystem (WT)
Phasische Aktivierung	Reaktionszeitmessungen mit Warnreiz, z. B. TAP EKP, z. B. CNV, SN
Selektive Aufmerksamkeit	Z. B. Arbeitsleistungsreihe, Test Selektive Aufmerksamkeit der TAP
Geteilte Aufmerksamkeit	Wiener Determinationsgerät Test Geteilte Aufmerksamkeit der TAP
Vigilanz	Z. B. Test Vigilanz des WT oder der TAP, Vigimar
Daueraufmerksamkeit	Aufgaben mit hoher Reizdichte über längere Zeiträume Z.B.: Daueraufmerksamkeitstest des WT, Testset Sleep des WT
Selbsteinschätzungsverfahren	Epworth Sleepiness Scale (ESS) Stanford Sleepiness Scale (SSS) Pittsburgh-Sleep-Quality-Index (PSQI) Landecker Inventar für Schlafstörungen (LISST) Fragebogen zur Erfassung von Schläfrigkeit und Müdigkeit (FSM)

EKP: ereigniskorrelierte Potentiale; CNV: Contingent Negative Variation; SN: Sharp Negative Variation; FCRT: Four Choice Reaction Time Task; TAP: Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung; WT: Wiener Testsystem

- Vigilanz
- Daueraufmerksamkeit

Ergibt sich aus der Anamneseerhebung der begründete Verdacht auf das Vorliegen von Müdigkeit, kommen aufgrund mangelnder Sensitivität (► Abschn. 2.1, ► Abschn. 2.8) keine objektiven Verfahren zur Erfassung der Tagesschläfrigkeit in Betracht. Vielmehr wird die Diagnosestellung Müdigkeit ggf. durch den Einsatz entsprechender standardisierter psychologischer Fragebogenverfahren, wie z. B. Fragebogen zur Erfassung von Schläfrigkeit und Müdigkeit, Befindlichkeitsskalen, State Trait Anxiety Inventory, Beck Depressionskala, Stressverarbeitungsfragebogen oder Landecker Inventar für Schlafstörungen weiter gesichert.

Für die Erfassung schläfrigkeitsbedingter Einschränkungen stehen eine Reihe diagnostischer Methoden zur Verfügung (■ Tab. 2.9). Die Untersuchungsverfahren erfassen jeweils Teilaspekte der Tagesschläfrigkeit auf verschiedenen physiologischen, kognitiven und subjektiven Funktionsebenen. Sie unterliegen in sehr unterschiedlichem Ausmaß der bewussten Kontrolle. Es ist charakteristisch, dass die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungsmethoden, wenn sie unterschiedliche Funktions- oder Leistungsbereiche erfassen, meist nur geringe Korrelationen aufweisen. Es ist aufgrund der genannten Unterschiede bisher nicht gelungen, ein einzelnes Verfahren zu etablieren, das als Standard für die Validierung anderer Methoden dienen kann.

Grundsätzlich scheinen PC-gestützte neuropsychologische Verfahren, wie sie z. B. in der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) oder im Wiener Testsystem vorkommen, hinsichtlich des Vorliegens einer wissenschaftlichen Normierung elektrophysiologischen Methoden, wie dem Multiplen Schlaf latenz-Test (MSLT), dem Multiplen Wachbleibe-Test (MWT), eher überlegen zu sein. In Einzelfällen liegen hier sogar alters- und intelligenzbereinigte Normwerte vor. Darüber hinaus ist die ökologische Validität dieser Verfahren gegenüber MSLT und MWT eher höher einzuschätzen. Trotzdem stellen auch sie laborexperimentelle Verfahren dar, deren Übertragbarkeit auf konkrete Alltagssituationen, wie z. B. die Überprüfung der Fahrtauglichkeit, als begrenzt gilt.

Die einzelnen Komponenten der Tagesschläfrigkeit (zentralnervöse Aktivierung, selektive und

geteilte Aufmerksamkeit, Vigilanz; Daueraufmerksamkeit) sind abhängig von zahlreichen Faktoren, die es im diagnostischen Prozedere zu berücksichtigen bzw. zu kontrollieren gilt.

Untersuchungsvoraussetzungen der Diagnostik von Tagesschläfrigkeit

- Dem Untersuchungstag sollte ein ungestörter und normaler Nachtschlaf vorausgehen (Polysomnografie-Kontrolle). Unregelmäßige Schlafzeiten und Schichtarbeit sollten in den Tagen vor der Untersuchung ebenfalls vermieden werden.
- Der Untersuchungstag sollte nicht direkt der Adaptationsnacht (first night effect) im Schlaflabor folgen.
- Die Medikamenten- und Suchtmittelanamnese sollte Schläfrigkeit verstärkende oder reduzierende Medikamente und Substanzen erfassen. Insbesondere bei gutachterlichen Fragestellungen kann ein Urin-Screening indiziert sein.
- In der Untersuchungssituation darf nicht geraucht werden; das Rauchen sollte mindestens 30 min vor der jeweiligen Untersuchung eingestellt werden.
- Grundsätzlich nehmen die Patienten am Untersuchungstag keinen Alkohol oder andere stimulierende Substanzen zu sich. Entgegen anders lautenden Empfehlungen in der Literatur sollte bei gewohnheitsmäßigem regelmäßigem Konsum von Koffein dieser nicht vollständig vermieden, sondern am Untersuchungstag im üblichen Maße konsumiert werden.
- Der Untersuchungsraum sollte wohltemperiert, geräuschisoliert und im Falle von Untersuchungsverfahren, welche die Einschlaf latenz als Zielgröße beinhalten, abdunkelbar sein.
- Übermäßige körperliche Aktivitäten oder emotionale Belastungen, insbesondere vor der jeweiligen Untersuchung, sind zu vermeiden. In diesem Zusammenhang sollte auch erwähnt werden, dass die Mitteilung des medizinischen Untersuchungsbefundes

oder die tägliche Visite eine emotionale Anspannung beim Patienten und in der Folge ein verändertes Untersuchungsergebnis hervorrufen können.

- Eine wesentliche Bedingung, die kontrolliert werden muss, ist die Tageszeit der Untersuchung, da es im Tagesverlauf zu ausgeprägten, zirkadian und homöostatisch bedingten Schwankungen der Schläfrigkeit (zentralnervösen Aktivierung) kommt.

Diagnostische Verfahren zentralnervöser Aktivierung

Für die meisten Verfahren zur zentralnervösen Aktivierung, mit Ausnahme des pupillografischen Schläfrigkeitstests PST, liegen entweder nur unzureichende Normdaten vor oder es zeigt sich bei Gesunden eine derart breite Streuung der Ergebnisse (z. B. beim MSLT), dass eine diagnostische Trennung zwischen normalen und pathologischen Werten für den Einzelnen nur in extremen Fällen gelingt. Für eine diagnostische Beurteilung ist daher in der Regel eine Synopsis aus mehreren Verfahren erforderlich, die unterschiedliche Messebenen erfassen. Bei den meisten Verfahren muss dabei die Motivationslage des Patienten berücksichtigt werden.

Zu den klinisch-diagnostischen Verfahren der zentralnervösen Aktivierung gehören

- der Multiple Schlaflatenz-Test (MSLT),
- der Multiple Wachbleibe-Test (MWT),
- der pupillografische Schläfrigkeitstest (PST),
- der psychomotorische Vigilanztest (PVT),
- der Osler Test,
- andere Reaktionszeitmessungen, wie sie z. B. in der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) und dem Wiener Testsystem (WT) vorkommen.

Weitere Verfahren, wie z. B. die evozierten Potentiale, das LZ-EEG und der Alpha Attenuation-Test finden eher bei wissenschaftlichen Fragestellungen Anwendung.

Multipler Schlaflatenz-Test (MSLT)

Der Multiple Schlaflatenz-Test (MSLT) beruht auf der Annahme, dass sich die Einschlaflatenz mit zunehmender Schläfrigkeit verkürzt darstellt.

Er wurde erstmals 1977 von M. Carskadon u. W.C. Dement als Verfahren zur Messung der Tagesschläfrigkeit vorgeschlagen. Durchschnittliche Einschlaflatenzen <5 min galten lange Zeit als Hinweis auf das Vorliegen einer pathologischen Tagesschläfrigkeit. Gesunde erwachsene Schläfer besitzen nach Carskadon Einschlaflatenzen zwischen 10 und 20 min. Einschlaflatenzen zwischen 5 und 10 min gelten als auffällig, aber nicht sicher pathologisch.

Die American Sleep Disorders Association (ASDA) hat Anfang der 1990er Jahre angesichts der zunehmenden Bedeutung der Tagesschläfrigkeit und deren sozialmedizinischen Risiken ebenfalls eine fragwürdige, nicht evidenzbasierte Zuordnung zwischen Einschlaflatenzen im MSLT und der Schwere der Tagesschläfrigkeit getroffen.

Demnach entsprechen Einschlaflatenzen

- zwischen 10 und 15 min einer leichten,
- zwischen 5 und 10 min einer moderaten und
- zwischen 0 und 5 min einer schweren Tagesschläfrigkeit.

Bei den angegebenen Grenzwerten handelt es sich nicht um empirisch gewonnene Grenzwerte, vielmehr basierten sie auf Erfahrungswissen und hielten bislang empirischen Überprüfungen nicht stand.

Der MSLT hatte sich seit seiner Einführung bis in die jüngere Vergangenheit weltweit als Standardverfahren zur Erfassung der Tagesschläfrigkeit in der Schlafmedizin etabliert (sog. experimenteller MSLT). Eine Metaanalyse, die von der Atlas Task Force der AASM im Jahr 2005 publiziert wurde, ergab jedoch eine sehr eingeschränkte Aussagekraft und Validität des MSLT hinsichtlich der Erfassung von Tagesschläfrigkeit. Auf Basis dieser Metaanalyse wurden für den MSLT nachfolgende Empfehlungen für die deutlich eingeschränkte Indikation, seine standardisierte Durchführung und Auswertung getroffen. Die Ergebnisse dieser Metaanalyse haben ihn als Standardverfahren zur Erfassung der Tagesschläfrigkeit abgelöst. Allerdings bleibt seine hohe diagnostische Validität für die Narkolepsie (klinischer MSLT) unbestritten.

Empfehlungen zur Durchführung und Auswertung des MSLT gemäß der AASM

- Der MSLT besteht aus 5 Durchgängen, welche in 2-h-Intervallen 1,5–3 h nach Beendigung der nächtlichen PSG durchgeführt werden. Es können auch 4 Durchgänge durchgeführt werden, wobei der MSLT dann für die Diagnosestellung Narkolepsie nur reliabel ist, wenn in diesen 4 Durchgängen 2-mal SOREM auftritt.
- Der MSLT wird nach einer polysomnografischen Registrierung, die während der Hauptschlafperiode des Patienten stattfand, durchgeführt. Die Nützlichkeit des MSLT zur Unterstützung der Diagnose Narkolepsie ist deutlich eingeschränkt, wenn die totale Schlafzeit (TST) in der vorausgehenden Schlafperiode unter 6 h lag. Ein MSLT sollte nicht nach einer Split-night (Diagnostik und Therapie in einer Nacht bei SBAS) durchgeführt werden.
- Ein Schlaftagebuch sollte zur Erfassung des Schlaf-Wach-Rhythmus für 1 Woche vor dem MSLT vom Patienten geführt werden.
- Die strikte Beachtung der standardisierten Durchführungsbedingungen des MSLT ist für valide Ergebnisse von entscheidender Bedeutung: Das Patientenzimmer muss während der Durchführung dunkel und ruhig, die Raumtemperatur für den Patienten angenehm sein.
- Stimulantien und hinsichtlich der antriebssteigernden Wirkung verwandte Substanzen und REM-suppressive Medikamente sollten im Idealfall 2 Wochen vor der Untersuchung abgesetzt werden. Die Einnahme der für den Patienten üblichen Medikamente (z. B. Antihypertensiva, Insulin etc.) muss vor der MSLT-Durchführung kritisch bedacht werden, um stimulierende und sedierende Nebenwirkungen dieser Medikamente und deren Einfluss auf die Einschlaflatenz kontrollieren oder reduzieren zu können. Ein Drogen-Screening kann durchgeführt werden, um auszuschließen, dass evtl. verkürzte Einschlaflatenzen nicht das

Ergebnis pharmakologischer Wirkungen sind. Das Drogen-Screening wird üblicherweise am Morgen vor der Untersuchung, in begründeten Fällen jedoch auch zu anderen Zeitpunkten durchgeführt. Das Rauchen sollte jeweils 30 min vor dem MSLT eingestellt werden.

- Außergewöhnliche körperliche Aktivität sollte am Untersuchungstag vermieden und stimulierende Aktivitäten vom Patienten ebenfalls 15 min vor dem jeweiligen MSLT eingestellt werden. Der Patient sollte keine koffeinhaltigen Getränke zu sich nehmen und helles Sonnenlicht meiden. Ein leichtes Frühstück 1 h vor dem 1. Durchgang und ein leichtes Mittagessen unmittelbar nach dem 2. Nachmittagsdurchgang werden empfohlen. Zu beachten ist, dass auch diagnostisch-therapeutische Gespräche mit dem Patienten am Untersuchungstag stimulierende Wirkung haben können, z. B. wenn er über das Vorhandensein einer Schlafapnoe oder anderweitiger Krankheiten aufgeklärt wird.
- Der MSLT sollte nur von geschultem und erfahrenem Personal durchgeführt werden.
- Die Standardelektroden-Montage (C3–A2, C4–A1) wird nach den Kriterien von Rechtschaffen u. Kales, zusätzlich okzipitale (O1–A2, O2–A1) Ableitungen zur besseren Erkennung des Schlaf-Wach-Übergangs vorgenommen. Weiterhin wird ein EOG vom linken und rechten Orbitalrand des jeweiligen Auges abgeleitet, darüber hinaus ein mentales/submentales EMG und ein einkanaliges EKG.
- Vor jedem Durchgang werden die Patienten gefragt, ob sie die Toilette aufsuchen möchten oder noch andere Dinge für ihr Wohlbefinden benötigen. Die Biosignaleichung vor jedem Durchgang umfasst folgende standardisierte Instruktionen:
 1. Bitte liegen Sie bei geöffneten Augen 30 s ruhig und entspannt.
 2. Bitte schließen Sie beide Augen für 30 s.

3. Bitte blicken Sie, ohne dabei den Kopf zu bewegen, nach rechts, dann nach links, dann wieder rechts, links, rechts, links und noch einmal nach rechts.
 4. Blinzeln Sie bitte langsam 5-mal und
 5. beißen Sie dann die Zähne fest zusammen.
- Unmittelbar vor jedem Durchgang wird der Patient wie folgt angewiesen: „Bitte liegen Sie ruhig, nehmen Sie eine bequeme Position ein, halten Sie Ihre Augen geschlossen und versuchen Sie, einzuschlafen.“ Sofort danach werden die Lichter als Zeichen des Untersuchungsbeginns im Patientenzimmer gelöscht. Zwischen den Durchgängen ist der Patient nicht im Bett und wird am Schlafen gehindert. Diese Prozedur verlangt eine kontinuierliche Überwachung durch das Personal.
 - Der Schlafbeginn im klinischen MSLT ist nach dem Lichtlöschen durch das Auftreten einer Epoche mit Schlaf, inklusive Stadium S1 (nach Rechtschaffen u. Kales), definiert, d. h. durch die erste 30-s-Epoche mit mehr als 15 s kumulierten Schlafes. Im sog. experimentellen MSLT wird der Schläfer nach 3 zusammenhängenden Schlafepochen geweckt. Die Abwesenheit von Schlaf während eines Durchgangs wird mit einer Schlaflatenz von 20 min bewertet. Diese Schlaflatenz geht ebenfalls in die Berechnung der mittleren Schlaflatenz mit ein. Für die Erfassung von REM-Schlaf wird der klinische MSLT nach der 1. Epoche mit Schlaf um weitere 15 min durchgeführt,

unabhängig vom Auftreten von Schlaf. Die REM-Latenz wird ermittelt vom Zeitpunkt des Auftretens der 1. Epoche mit Schlaf bis zum 1. Auftreten einer Epoche mit REM-Schlaf unabhängig davon, ob dazwischen Wach oder Schlaf auftrat.

- Ein MSLT-Durchgang wird nach 20 min beendet, wenn kein Schlaf aufgetreten ist.
- Der MSLT-Befund beinhaltet den Start- und Endzeitpunkt jedes einzelnen Durchgangs, die Latenz von „Licht aus“ bis zum Auftreten der 1. Epoche mit Schlaf, die mittlere Schlaflatenz (arithmetisches Mittel aller Durchgänge) und die Anzahl der SOREM-Perioden. Für die Diagnose Narkolepsie werden in 5 MSLT-Durchgängen mindestens 2 MSLT mit SOREM gefordert.
- Ereignisse und Bedingungen die Abweichungen vom Standard erforderlich machen, müssen vom durchführenden Personal sorgfältig protokolliert werden, so dass diese vom Auswerter bei der Interpretation berücksichtigt werden können.

Für die Interpretation der mittleren Einschlaflatenz wurden für MSLTs mit 4 und 5 Durchgängen mittlere Einschlaflatenzen von Gesunden dargestellt (■ Tab. 2.10).

Da die mittlere Einschlaflatenz im MSLT deutlich altersabhängig ist, wurden sowohl für die klinische als auch die experimentelle Version gemeinsame altersabhängige Normen ermittelt (■ Tab. 2.11).

■ **Tab. 2.10** Mittlere Einschlaflatenzen von Gesunden und Narkolepsie-Patienten für MSLTs mit 4 und 5 Durchgängen

Durchführungsbedingung	Mittelwert	± SD (min)
MSLT mit 4 Durchgängen	10,4	± 4,3*
MSLT mit 5 Durchgängen	11,6	± 5,2*
MSLT bei Narkolepsie	3,1	± 2,9

Tab. 2.11 Altersabhängigkeit des experimentellen und klinischen MSLT bei Gesunden

Altersgruppe	Mittlere Einschlaflatenz (min)	SD	Anzahl Studien	Bemerkungen
10–20-Jährige	10,0	4,5	25	–
20–30-Jährige	10,4	5,4	284	Sign Diff zu 50-/80-Jährigen
30–40-Jährige	10,8	3,9	192	Sign Diff zu 50-/80-Jährigen
40–50-Jährige	11,7	4,4	72	Sign Diff zu 80-Jährigen
50–60-Jährige	12,1	1,1	11	Sign Diff zu 80-Jährigen
60–70-Jährige	11,2	5,2	54	Sign Diff zu 80-Jährigen
70–80-Jährige	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
80–90-Jährige	15,2	6,0	22	Sign Diff zu allen

Sign Diff zu: signifikante Differenz zu; k. A.: keine Angaben

Die Meta-Analyse der AASM ergab zwischen klinischer und experimenteller Version des MSLT, mit Ausnahme für die Gruppe der 30–39-Jährigen, entgegen theoretischer Annahmen keine signifikanten Unterschiede. Aus diesem Grunde wurden die Werte beider Versionen in [Tab. 2.11](#) gepoolt.

Indikationen für den MSLT gemäß der AASM

- Der MSLT ist bei Patienten mit der Verdachtsdiagnose Narkolepsie zur Diagnosesicherung indiziert.
- Der MSLT kann als Teil des diagnostischen Prozesses zur Abgrenzung einer idiopathischen Hypersomnie von einer Narkolepsie indiziert sein.
- Der MSLT ist in der klinischen Routine bei der Diagnosestellung oder Therapieevaluation der obstruktiven Schlafapnoe nicht indiziert.
- Der MSLT ist in der klinischen Routine zur Bestimmung der Schläfrigkeit bei medizinischen und neurologischen Störungen (ausgenommen die Narkolepsie), der Insomnie und der zirkadianen Rhythmusstörungen nicht indiziert.

Praxistipp

Der MSLT scheint ein Verfahren zu sein, das die Fähigkeit einzuschlafen erfasst. Die Einschlaf-fähigkeit wird von Tagesschläfrigkeit, aber auch von anderen Bedingungen, wie z. B. der Fähigkeit zu entspannen und abzuschalten, beeinflusst. Die Fähigkeit, rasch einzuschlafen, ist nicht zwingend ein pathologisches Phänomen, sondern kann auch adaptives physiologisches Verhalten sein, das erlaubt, sehr rasch von Aktivität auf Ruhe umzuschalten. Der MSLT sollte deshalb zur Einschätzung der Tagesschläfrigkeit allenfalls als eines von mehreren Verfahren herangezogen werden. Für Aussagen am Einzelfall, insbesondere zur Arbeitsfähigkeit oder Fahrtauglichkeit, ist seine Aussagekraft stark eingeschränkt. Bei der Narkolepsiediagnostik gilt die Validität des Verfahrens als unbestritten.

Multipler Wachbleibe-Test (MWT)

Der Multiple Wachbleibe-Test (MWT) entwickelte sich aus dem MSLT und ist eine Abwandlung desselben. Methodisch basiert er auf identischen elektrophysiologischen Parametern wie der MSLT: EEG, EOG und EMG.

Dem MWT liegt die Annahme zugrunde, dass in der Schlafmedizin, insbesondere bei Hypersomnien, weniger die Fähigkeit einzuschlafen, als vielmehr die Fähigkeit wachzubleiben interessiert. Der MWT besitzt im Vergleich zum MSLT eine höhere Augenscheinvalidität oder auch ökologische Validität.

Deshalb wird die Untersuchung in Abwandlung zum MSLT im Sitzen, z. B. in einem bequemen Lehnstuhl, durchgeführt und der Patient instruiert, wach zu bleiben. Grundsätzlich unterliegt der MWT denselben beeinflussenden Faktoren wie der MSLT.

Die Atlas Task Force der AASM gibt folgende Empfehlungen zur Durchführung und Auswertung des MWT. Den Empfehlungen liegen Erkenntnisse einer Studie von Doghramji u. Mitarbeitern zugrunde, die durch Expertenmeinungen aus einem Konsensusprozess ergänzt wurden.

Empfehlungen der Atlas Task Force der AASM zur Durchführung und Auswertung des MWT

- Der MWT sollte mit 4 Durchgängen a 40 min in 2-h-Intervallen 1,5–3 h nach dem gewöhnlichen morgendlichen Erwachen des Patienten durchgeführt werden. Üblicherweise sollte der 1. Durchgang um 9 oder 10 Uhr morgens stattfinden.
- Der Untersucher entscheidet abhängig von den klinischen Bedingungen, ob in der Nacht zuvor eine PSG-Ableitung erforderlich ist.
- Der Untersuchungsraum muss maximal abdunkelbar sein. Eine Lichtquelle wird knapp hinter dem Patienten angebracht, so dass diese sich gerade außerhalb seines Gesichtsfeldes befindet. Die Lichtquelle sollte eine Leuchtstärke zwischen 0,10 und 0,13 Lux auf Ebene der Kornea aufweisen. Dies wird üblicherweise erreicht, wenn eine 7,5-Watt-Birne ca. 30 cm oberhalb des Bodens und ca. 90 cm seitlich des Kopfes des Patienten platziert wird. Die Raumtemperatur sollte vom Patienten als angenehm empfunden werden. Der Patient befindet sich während der Untersuchung in einem bequemen

Lehnstuhl oder mit erhöhtem Rückenteil im Bett, so dass er sich entspannt mit Rücken und Kopf anlehnen kann (alternativ können auch entsprechende Sitzkissen verwendet werden).

- Ein möglicher Konsum von Alkohol, Koffein und anderen Substanzen vor oder während des MWT wird vom Untersucher vor dem MWT festgelegt. Ein Drogen- und Medikamenten-Screening kann indiziert sein, um abzuklären, ob eine festgestellte Wachheit oder Schläfrigkeit durch andere als verschriebene Medikamente beeinflusst wird. Das Drogen- und Medikamenten-Screening wird in der Regel am Morgen vor der Untersuchung durchgeführt, kann jedoch je nach klinischen Gegebenheiten vom Untersucher modifiziert werden.
- Ein leichtes Frühstück wird ca. 1 h vor dem 1. Durchgang empfohlen, ein leichtes Mittagessen gleich nach dem 2. Durchgang.
- Der MWT sollte nur von geschultem und erfahrenem Personal durchgeführt werden.
- Die Standardelektroden-Montage des MWT beinhaltet 2 zentrale EEG-Ableitungen (C3–A2, C4–A1) und okzipitale (O1–A2, O2–A1) Ableitungen, 1 EOG am linken und rechten Auge, 1 mentales/submentales EMG und ein 1-kanaliges EKG.
- Vor jedem Durchgang werden die Patienten gefragt, ob sie die Toilette aufsuchen möchten oder noch andere Dinge für ihr Wohlbefinden benötigen. Die Biosignaleichung vor jedem Durchgang umfasst folgende Standardinstruktionen:
 - Bitte liegen Sie bei geöffneten Augen 30 s ruhig und entspannt.
 - Bitte schließen Sie beide Augen für 30 s.
 - Bitte blicken Sie, ohne dabei den Kopf zu bewegen, nach rechts, dann nach links, dann wieder rechts, links, rechts, links und noch mal nach rechts.
 - Blinzeln Sie bitte langsam 5-mal und
 - beißen Sie dann die Zähne fest zusammen.
- Der Patient wird vor jedem Durchgang angewiesen: „Bitte sitzen Sie ruhig und

bleiben Sie solange wie möglich wach. Schauen Sie geradeaus und nicht direkt in das Licht“. Dieselbe Anweisung sollte vor jedem Durchgang gegeben werden. Unmittelbar darauf werden die Lichter als Zeichen des Untersuchungsbeginns im Patientenzimmer gelöscht.

Den Patienten wird nicht erlaubt, Selbststimulationen vorzunehmen, wie z. B. zu singen oder sich ins Gesicht zu schlagen oder zu kneifen. Eine Videoüberwachung während des MWT kann hilfreich sein.

Zwischen den Durchgängen ist der Patient nicht im Bett und wird am Schlafen gehindert. Diese Prozedur verlangt eine kontinuierliche Überwachung durch das Personal.

- Schlafbeginn wird durch die erste 30-s-Epoche mit mehr als 15 s kumuliertem Schlaf definiert.
- Der Durchgang wird nach 40 min beendet, wenn kein Schlaf auftritt oder nach eindeutigem Schlaf, der durch 3 aufeinander folgende Epochen Stadium 1 oder eine Epoche eines anderen Schlafstadiums definiert ist.
- Folgende Daten werden protokolliert:
 - Beginn und Ende jedes Durchgangs
 - Einschlaf latenz
 - Totale Schlafzeit (TST)
 - Schlafstadien, die im jeweiligen Durchgang erreicht wurden
 - Die mittlere Schlaf latenz über alle 4 Durchgänge (arithmetisches Mittel)
- Ereignisse und Bedingungen, die Abweichungen vom Standard erforderlich machen, müssen vom durchführenden Personal sorgfältig protokolliert werden, so dass diese vom Auswerter bei der Interpretation berücksichtigt werden können.

Die AASM legt wie beim MSLT keine Grenzwerte für das Vorliegen einer pathologischen Einschlaf latenz im MWT dar. Vielmehr wird auf die unbefriedigende Studienlage bezüglich Normwerten und den mannigfaltigen Einflüssen auf die

Einschlaf latenz verwiesen. Die Mittlere Einschlaf latenz (Aufreten 1. Epoche mit Schlaf) im MWT (40-min-Protokoll) wurde bei Kontrollpersonen mit $30,4 \pm 11,2$ min angegeben. Die obere Grenze des 95-%-Vertrauensintervall (ceiling effect) lag hierbei bei 40,0 min, die untere Grenze bei 12,9 min.

Einschlaf latenzen unterhalb eines Wertes von 13 min werden als pathologisch gewertet. Diese Art der Grenzwertbildung entspringt statistischen Konventionen und begründet sich nicht auf Normierungsstudien mit hypersomnischen Patienten.

Indikationen für den MWT gemäß der Atlas Task Force der AASM

- Beim MWT handelt es sich um ein objektives und valides Untersuchungsverfahren zur Erfassung der Fähigkeit, über einen bestimmten Zeitraum wachzubleiben.
- Der MWT wird in Verbindung mit der klinischen Anamnese zur Erfassung der Fähigkeit wachzubleiben durchgeführt.
- Das 40-min-Protokoll des MWT wird zur objektiven Erfassung der individuellen Fähigkeit wachzubleiben gefordert.

Um eine valide Erfassung von Schläfrigkeit oder Wachheit zu gewährleisten, muss der MWT unter angemessenen Bedingungen (Ableittechnik, anerkannte Durchführungsprotokolle, erfahrener und qualifizierter Auswerter) durchgeführt werden.

Der MWT ist als alleinige Methode zur Erfassung der Schläfrigkeit ungeeignet. Vielmehr wird empfohlen, weitere Testverfahren anzuwenden und die klinische Symptomatik des Patienten zu berücksichtigen.

Praxistipp

Der MWT ist ein wichtiger Baustein in der Diagnostik der zentralnervösen Aktivierung. Im Gegensatz zum MSLT bietet er eine höhere Augenscheinvalidität, da in der Schlafmedizin häufiger die Fähigkeit wachzubleiben als die Fähigkeit einzuschlafen interessiert. Ähnlich wie der MSLT ist der MWT ein personal- und zeitintensives Verfahren.

Empirisch gewonnene Norm- bzw. Grenzwerte liegen nur sehr eingeschränkt vor. Aussagen am Einzelfall erscheinen, wie beim MSLT, nicht unproblematisch und bedürfen zumindest der Bestätigung durch andere Verfahren zur Tagesschläfrigkeit.

Pupillografischer Schläfrigkeitstest

Blickt eine gesunde wache Person ins Dunkle, erweitert sich ihre Pupille unmittelbar. Im wachen Zustand bleibt die Pupillenweite unter Ausschluss von Licht für lange Zeit stabil.

Bei starker Tagesschläfrigkeit treten dagegen bereits nach wenigen Minuten starke Schwankungen der Pupillenweite auf. Diese Wellenphänomene wurden von ihrem Erstbeschreiber Löwenstein „fatigue waves“ genannt. Die niederfrequenten Pupillenoszillationen nehmen mit dem Ausmaß der Schläfrigkeit stark zu, dabei steigt ihre Amplitude bis zu mehrere Millimetern an.

Dem pupillografischen Schläfrigkeitstest (PST) liegt die Messung der spontanen Pupillenmotorik in Dunkelheit zugrunde. Er gibt Auskunft über den Grad der unbewusst kontrollierten, zentralnervösen Aktivierung. Eine stabile Pupillenweite zeigt ein hohes Aktivierungsniveau an, dagegen drückt Instabilität der Pupillenweite Schläfrigkeit aus.

Bei der Durchführung sitzt der Patient in einem bequemen Stuhl am Messtisch, der Kopf ruht auf einer kombinierten Kinn-Stirn-Stütze. Die Augen sind mit einer weichen, lichtdichten Brille (Infrarotgläser) vor Lichteinfluss geschützt. Das typische schläfrigkeitsbezogene Verhalten der Pupille wird beim PST mittels infrarotempfindlicher

Videokamera und anschließender PC-gestützter Auswertung erfasst.

Zielvariablen sind sowohl der Pupillenunruhe-Index (PUI) in mm/min als auch das Amplitudenspektrum $\leq 0,8$ Hz als Maß für die Schwankungen der Pupillenweite. Sie beschreiben Pupillenschwankungen unterschiedlicher Amplitude kleiner 0,8 Hz als Maß für die Reduktion der zentralnervösen Aktivierung.

In einem Normkollektiv von 349 Personen zwischen 20 und 60 Jahren fand sich ein Mittelwert für den Zehnerlogarithmus (ln) des PUI von $1,50 \pm 0,39$ mm/min (zum Normwertbereich, [Tab. 2.12](#)). Damit ergeben sich auffällige Werte ab einem ln PUI > 1,89 und pathologische Werte ab einem ln PUI > 2,28. Diese kritische Grenzwertbestimmung entspricht statistischen Konventionen und resultiert weniger aus inhaltlichen Überlegungen.

Gegenüber den klassischen Verfahren der Schlafmedizin, wie dem MSLT und dem MWT, besitzt der PST eine deutlich höhere Ökonomie. Unter Berücksichtigung der kurzen Entwicklungsdauer des Verfahrens liegt bereits eine umfangreiche Prüfung test-theoretischer Gütekriterien vor.

Diagnostische Verfahren zur Erfassung der Vigilanz

Unter Vigilanz wird als neuropsychologischer Terminus die Fähigkeit verstanden, in langandauernden und monotonen Situationen auf seltene und zufällig auftretende Reize rasch und adäquat zu reagieren.

Grundsätzlich sei angemerkt, dass sich einige Untersuchungsverfahren auf dem Markt befinden, deren Reizdichte so hoch ist, dass sie weniger eine Vigilanz überprüfen, als vielmehr eine Daueraufmerksamkeitsaufgabe darstellen. Auch ist auf die Aufgabendauer streng zu achten. Methoden, deren

Tab. 2.12 Perzentile des Normwertbereiches für ln PUI und PUI

Wertebereich	MW-2SD	MW-SD	MW	MW+SD	MW+2SD
ln PUI [mm/min]	0,73	1,11	1,50	1,89	2,28
Perzentilen [%]	2,3	15,9	50	84,1	97,7
PUI [mm/min]	2,07	3,05	4,50	6,64	9,80

ln: Logarithmus



▣ **Abb. 2.24** Aufgabenstellung des Vigilanztests nach Quatember u. Maly

Aufgabendauer deutlich unter 30 min liegt, können häufig, vermutlich aufgrund motivationaler Einflüsse, nicht zwischen Gesunden und Schlafgestörten unterscheiden bzw. maskieren die Vigilanzeinschränkungen bei Kranken.

Vigilanztest nach Quatember u. Maly

Das computergestützte Testverfahren Vigilanz aus dem Wiener Testsystem (▣ **Abb. 2.24**) basiert auf dem Clocktest, der 1950 von Mackworth zur Messung der Vigilanz bei amerikanischen Soldaten entwickelt wurde. Anhand des Verfahrens konnten Soldaten ermittelt werden, die eine gute Entdeckungsleistung bei der Radarüberwachung zeigten.

Der Patient hat einen springenden Lichtpunkt entlang einer Kreisperipherie am Computerbildschirm zu beobachten. Immer dann, wenn der Lichtpunkt einen doppeltweiten Sprung macht, muss der Patient rasch mit dem Drücken einer Taste reagieren. Es liegen 3 verschiedene Testversionen vor, die sich im Aufbau, in der Gesamtdauer, der Anzahl der kritischen Reize, der Schrittdauer, der Anzahl der Teilzeiten, der Schritte und Sprünge unterscheiden.

Die Testdauer bei Verdacht auf eine Einschränkung der Vigilanz, z. B. bei schlafbezogenen Atmungsstörungen, sollte optimal zwischen 60 und 90 min, mindestens aber 30 min betragen. Eine Testdauer von weniger als 30 min führt häufig zu einer starken Gewichtung motivationaler Effekte und damit zur Maskierung von Vigilanzeinschränkungen.

Eine Normierung des Vigilanztests ist gegeben, allerdings nur eingeschränkt in der Version mit einer Testdauer von 66 min. Eine Version des Vigilanztests nach Quatember u. Maly wurde von der Siesta-Gruppe Wien gemeinsam mit der AG Vigilanz der DGSM an 200 Schlafgesunden normiert. Die dort gewählte Reizdichte entspricht jedoch eher einer Daueraufmerksamkeitsaufgabe.

Untertest Vigilanz der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung

Zur Bearbeitung der Vigilanzaufgabe sitzt der Patient vor einem Bildschirm. Vier Aufgaben mit verschiedenen Reizen (optisch, akustisch, optisch/akustisch) stehen zur Verfügung. Alle Verfahren können mit hoher oder niedriger Reizdichte durchgeführt werden. Die bei der Erfassung der Vigilanz insbesondere zu berücksichtigende Dauer der Untersuchung kann bis zu 60 min variiert werden. Eine ausreichende Normierung mit guter Beschreibung der Normstichprobe liegt vor.

Es stehen noch weitere Verfahren zur Erfassung der Vigilanz, wie z. B. der Vigimar der Marburger Arbeitsgruppe zur Verfügung.

Diagnostische Verfahren zur Erfassung der selektiven Aufmerksamkeit

Die selektive Aufmerksamkeit beinhaltet die Fähigkeit eines Individuums, aus der Summe aller auf das Individuum einströmenden Reize eine selektive Auswahl relevanter Reize zu treffen. Die Reize können unterschiedlichen Modalitäten entspringen. Nachfolgend werden beispielhaft die 2 am häufigsten in der Schlafmedizin verwandten computergestützten Verfahren vorgestellt. Sie werden auch in der Arbeitsmedizin und zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit häufig verwendet.

Arbeitsleistungsserie Pauli-Test, Version 3.00 des Wiener Testsystems

Die Probanden haben bei der Arbeitsleistungsserie des Wiener Testsystems je nach Schwierigkeitsstufe unterschiedliche Rechenaufgaben zu lösen. Je nach Testversion stehen ihnen 10–20 min zur Verfügung. Der Test gilt als intelligenzunabhängig. Eine ausreichende Normierung ist gegeben.

Go/NoGo der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung

Die selektive Aufmerksamkeit kann mit dem Subtest Go/NoGo der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) geprüft werden. Es werden 2 Durchführungsvarianten angeboten, wobei die 2. Variante speziell die selektive Aufmerksamkeit misst. Auf einem Bildschirm werden 5 Quadrate mit unterschiedlichem Füllmuster dargeboten. Der Patient hat dann zu reagieren, wenn eines der 5 Quadrate mit den 2 vorgegebenen Quadraten, den kritischen Reizen, übereinstimmt. Eine ausreichende Normierung ist gegeben.

Diagnostische Verfahren zur Erfassung der geteilten Aufmerksamkeit

Situationen, in denen geteilte Aufmerksamkeit gefordert wird, sind eher die Regel als die Ausnahme. Prüfbar ist die geteilte Aufmerksamkeit mittels sog. Dual-task-Aufgaben, bei denen Probanden gleichzeitig 2 Reizdarbietungen, z. T. unterschiedlicher Modalität beachten müssen. Nachfolgend werden beispielhaft 2 computergestützte Verfahren vorgestellt, die sowohl in der Schlafmedizin als auch in der Arbeitsmedizin und zur Beurteilung der Fahrtauglichkeit häufig Anwendung finden.

Test Geteilte Aufmerksamkeit der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung

Der Proband sitzt vor einem Computerbildschirm und muss reagieren, wenn aus einer Reihe sich in ihrer Position rasch verändernder Kreuze ein Quadrat entsteht. Gleichzeitig wird als akustische Aufgabe die Überprüfung einer monotonen Tonabfolge gestellt. Es kann zwischen 4 verschiedenen Reizfolgen gewählt werden, um u. a. Lerneffekte bei der Testwiederholung zu vermeiden. Eine ausreichende Normierung ist gegeben.

Wiener Determinationsgerät

Das computergestützte Wiener Determinationsgerät (Wiener Testsystem, WDG) bietet ein Verfahren zur Messung sensorisch-motorischer Funktionen im Wahlreaktionsverhalten. Optische Reize mit Lämpchen in 5 verschiedenen Farben sind durch Drücken ihnen zugeordneter Tasten zu beantworten. Auf das Aufleuchten zweier zusätzlicher weißer Lämpchen

muss mit dem linken und rechten Fußpedal reagiert werden. Zwei akustische Reize, ein hoher und ein tiefer Ton, erfordern das Drücken einer jeweils eigenen Taste. Bis zu 4 Reize können gleichzeitig angeboten werden. Eine ausreichende Normierung ist gegeben.

Subjektive diagnostische Verfahren zur Beurteilung schläfrigkeitbezogener Einschränkungen

Selbstbeurteilungsverfahren werden zur qualitativen wie quantitativen Erfassung des subjektiven Leidensdruckes der Patienten mit schläfrigkeitbezogenen Störungen eingesetzt.

In wissenschaftlichen Untersuchungen finden sich häufig nur geringe Beziehungen zwischen subjektiven und objektiven Maßen. Dies gilt insbesondere für den MSLT und den MWT, aber auch für neuropsychologische Untersuchungsverfahren. Hintergrund dürfte sein, dass subjektive Verfahren unsystematisch sowohl bei Schläfrigkeit als auch bei Müdigkeit zur Anwendung kommen. Weiterhin werden mit objektiven Verfahren in der Regel Aspekte der Schläfrigkeit erfasst, wohingegen subjektive Verfahren eher auf das subjektiv belastende Phänomen Schläfrigkeit in seiner Gesamtheit abzielen. Grundsätzlich hängen die Ergebnisse subjektiver Fragebogendaten von der Introspektionsfähigkeit der Patienten ab.

Grundsätzlich sollten subjektive Angaben und Beschwerden auch bei unauffälligen objektiven Befunden nicht vernachlässigt werden, zumal einige in der Schlafmedizin eingesetzte objektive Verfahren testtheoretischen Gütekriterien kaum genügen. Bei gutachterlichen Fragestellungen ist auch auf die Verfälschbarkeit der Ergebnisse (Simulation oder Dissimulation) bei Fragebogendaten zu achten.

Nachfolgend werden Fragebogenverfahren zur Erfassung der subjektiven Schläfrigkeit und ein Fragebogen zur differenzialdiagnostischen Erfassung von Schläfrigkeit und Müdigkeit vorgestellt. Beide werden in der Schlafmedizin international angewendet.

Stanford Sleepiness Scale (SSS)

Die Stanford-Schläfrigkeitsskala (SSS) wird in der klinischen Routine und v. a. bei wissenschaftlichen Untersuchungen im Intra- oder Intergruppen-Vergleich eingesetzt.

Patienten schätzen in regelmäßigen Zeitabständen, z. B. auch vor jeder Durchführung des MSLT, den Grad ihrer Wachheit anhand einer 7-stufigen Skala ein. Zur Erfassung des zirkadianen Verlaufs der subjektiven Schläfrigkeit wird die Bewertung von 1 h in 15-min-Intervallen innerhalb von 3-h-Blöcken über den Tag verteilt empfohlen.

Untersuchungen zur Sensitivität ergaben, dass bereits Bewertungen in 15-min-Intervallen diskrete Veränderungen des Grades der Wachheit wiedergeben. Aus den Punktwerten für jedes Zeitintervall wird ein Summenwert gebildet.

Validitätsprüfungen im eigentlichen Sinne sind dem Autor nicht bekannt. Der Test korreliert nur schwach mit der Einschlafzeit im MSLT. Aufgrund der fraglichen Validität des MSLTs dürfen derartige geringe Korrelationen jedoch nicht überbewertet werden.

Praxistipp

Die SSS ist ein gutes, weit verbreitetes Fragebogenverfahren zur Erfassung des individuellen zirkadianen Verlaufs der subjektiven Tagesschläfrigkeit. Da eine Normierung aussteht, ist eine interindividuelle Bewertung der Ergebnisse nur eingeschränkt möglich.

Für den intraindividuellen Vergleich, z. B. bei der Therapieevaluation, dürfte es ein gut geeignetes Verfahren darstellen.

Epworth Sleepiness Scale (ESS)

Die Epworth-Schläfrigkeits-Skala (ESS) ist ein einfaches Verfahren zur Quantifizierung der Einschlafneigung in Alltagssituationen.

Aufgrund verhaltensnaher Fragen (Items) ist von einer ausreichenden interindividuellen Vergleichbarkeit auszugehen. Die Patienten werden nach der Wahrscheinlichkeit ihres Einschlafens in 8 typischen Alltagssituationen befragt. Die Einzelergebnisse werden zu einem Gesamtwert zwischen 0 und 24 summiert. Aufgrund einiger klinischer Studien wird ein Punktwert >10 als pathologisch betrachtet.

Die Ergebnisse müssen allerdings dann zurückhaltend interpretiert werden, wenn Patienten gewisse abgefragte Alltagssituationen gar nicht erleben, z. B.

Theaterbesuche, Beifahrer oder Fahrer im Auto etc., da die dann niedrigeren Werte der ESS das eigentliche Ausmaß der Störung verschleiern. Validitätsprüfungen und Normierungsstudien im eigentlichen Sinne liegen nicht vor.

Praxistipp

Bei der ESS handelt es sich um das am meisten verwendete und am besten akzeptierte Verfahren zur Erfassung der subjektiven Schläfrigkeit und Einschlafneigung in monotonen Alltagssituationen. Es wird durch Angaben zur Wahrscheinlichkeit, in bestimmten Alltagssituationen einzuschlafen, operationalisiert. Summenwerte >10 gelten als pathologisch.

Landecker Inventar für Schlafstörungen (LISST)

Bei dem Landecker Inventar für Schlafstörungen (LISST, ► Abschn. 2.3.3) handelt es sich um ein fakten- und clusteranalytisch entwickeltes diagnostisches Fragebogenverfahren, das nicht nur zur differenzialdiagnostischen Erfassung von verschiedenen Schlafstörungen und deren Auswirkungen auf das Erleben und Verhalten am Tage eingesetzt werden kann, sondern auch zur Erfassung von Leistungseinschränkungen am Tage.

Praxistipp

Die Risikoabschätzung der pathologischen Tagesschläfrigkeit umfasst

- eine ausführliche Schläfrigkeitsanamnese mit besonderem Augenmerk auf Risikofaktoren in der Vergangenheit, unterstützt durch ein Verfahren zur subjektiven Einschätzung der Tagesschläfrigkeit, z. B. ESS (► Kap. 11.2). Ergibt sich aus Anamnese und/oder Fragebogen ein erhöhtes Risiko am Arbeitsplatz oder im Straßenverkehr, ist der Einsatz
- eines objektiven Verfahrens zur zentralnervösen Aktivierung, z. B. MWT oder PST

oder

- eines Verfahrens zur Überprüfung der Vigilanz mit einer Testdauer von mindestens 30 min erforderlich.
- Im Bedarfsfall hat die Aufklärung des Patienten über eine potentielle Eigen- oder Fremdgefährdung im Straßenverkehr oder am Arbeitsplatz zu erfolgen. Dies sollte auch zur Rechtssicherheit des Behandlers schriftlich dokumentiert werden.

Dabei ist zu beachten, dass die beiden Verfahren zur zentralnervösen Aktivierung und zur Vigilanz nach Möglichkeit zu 2 Tageszeitpunkten (Vormittag: Leistungshoch, Nachmittag: Leistungstief) Anwendung finden sollten.

2.9 Fragen

1. Nennen Sie die Regeln für die Klassifikation respiratorischer Ereignisse im Schlaf!
2. Welche Indikationen für die Durchführung eines ambulanten Apnoe-Screenings sind Ihnen bekannt?
3. Welche Indikationen für eine Polysomnografie beim RLS sind gegeben?
4. Welche Aspekte der Tagesschläfrigkeit werden unterschieden?
5. Welche Formen der Anamneseerhebung bei Schlafstörungen werden unterschieden?

Literatur

American Academy of Sleep Medicine (2014) International classification of sleep disorders, 3. Aufl: Diagnostic and coding manual. Westchester, IL

American Academy of Sleep Medicine (2016) The AASM-Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology and Technical Specifications. Version 2.3. American Academy of Sleep Medicine, Darien

Carskadon MA, Dement WC (1977) Sleep tendency: an objective measure of sleep loss. *Sleep Res* 6:200

Falkenstetter T, Frauscher B, Anderer P, Bolitschek J et al (2010) Erhöhte Tagesschläfrigkeit in Österreich. *Somnologie*, 14 (1):15

Kapur VK, Auckley DH, Chowdhuri S, Kuhlmann DC et al (2017) Clinical Practice Guideline for Diagnostic Testing for Adult Obstructive Sleep Apnea: An American Academy of Sleep Medicine Clinical Practice Guideline. *JCSM* 13(3):479–504

Kryger M, Roth T, Dement WC (2017) Principles and Practice of Sleep Medicine. Elsevier, Philadelphia

Kushida CA, Littner MR, Morgenthaler TM et al (2005) Practice parameters for the indications for polysomnography and related procedures: An update for 2005. *Sleep* 28:499–519

Park CY, Hong JH, Lee JH, Lee KE, Cho HS, Lim SL, Kwak JW, Kim KS, Kim HJ (2014) Clinical usefulness of watch-PAT for assessing the surgical results of obstructive sleep apnea syndrome. *J Clin Sleep Med*;10(1):43–47

Portable Monitoring Task Force of the American Academy of Sleep Medicine: Collop N A (Chair), McDowell Anderson A, Boehlecke B et al (2007) Clinical guidelines for the use of unattended portable monitors in the diagnosis of obstructive sleep apnea in adult patients. *J Clin Sleep Med (JCSM)* 3(7):737–774

Rechtschaffen A, Kales A (1968) A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages in human subjects. US Government Printing Office, National Health Institute of Health Publication, Washington, DC

Redline S, Kirchner HL, Quan SF et al (2004) The effect of age, sex, ethnicity and sleep disordered breathing on sleep architecture. *Arch Intern Med* 164:406–418

Weeß HG, Sauter C, Geisler P et al (2000) Vigilanz, Einschlafneigung, Daueraufmerksamkeit, Müdigkeit, Schläfrigkeit – Diagnostische Instrumentarien zur Messung müdigkeits- und schläfrigkeitsbezogener Prozesse und deren Gütekriterien. *Somnologie* 4:20–38

Weeß HG (Hrsg) (2015) Update Schlafmedizin. UniMed, Bremen

Praxis der Schlafmedizin

Diagnostik, Differenzialdiagnostik und Therapie bei
Erwachsenen und Kindern

Stuck, B.; Maurer, J.T.; Schlarb, A.; Schredl, M.; Weeß,
H.-G.

2018, XVIII, 333 S. 67 Abb., 52 Abb. in Farbe. Book +
eBook., Hardcover

ISBN: 978-3-662-54382-5