



Handbuch Schlafdiagnostik

Praktische Aspekte der Schlafdiagnostik
für medizinisch-technische Assistenten

PHILIPS

RESPIRONICS

Vorwort	3
Danksagungen	6
Einleitung	7
A. Vorbefundung der Patienten	11
1. Subjektive Methoden: Schlaftagebücher und Fragebögen	12
2. Objektive Methoden: Screening-Geräte	15
B. Verwendung der Aktimetrie in der Schlafmedizin	19
C. Ursprung und praktische Aspekte der physiologischen Messung bei der Polygrafie und Polysomnografie	24
1. EEG	27
2. EOG	33
3. Kinn-EMG	36
4. Atemfluss	39
5. Schnarchsensoren	46
6. EKG	49
7. Atemanstrengung	51
8. Lagesensoren	56
9. Beinbewegungssensoren	57
10. Bein-EMG	58
11. Pulsoxymetrie	60
12. Pulstransitzeit	61
13. Videoaufzeichnung	62
14. Arten von Artefakten	63
15. Übersicht über die Wirkung von Medikamenten auf die Schlafarchitektur	70
D. Praktische Aspekte der AASM-Richtlinien	72
1. Hauptregeln	73
2. Technische und digitale Spezifikationen	73
3. Visuelle Regeln	75
4. Weckreaktionen (Arousals)	81
5. Kardiologische Regeln	82
6. Regeln für Bewegungen	83
7. Respiratorische Regeln	84

Vorwort

Schlaf ist bekanntermaßen ein natürliches Bedürfnis und lebenswichtig für alle Lebewesen. Doch bis vor kurzem war er noch kein Bestandteil des medizinischen Lehrplans.

Zwar verbringen wir ein Drittel unseres Lebens im Schlaf, was bei den meisten von uns gute 25 Jahre ausmacht, doch bis zum Jahr 2000 wurden im Verlauf der durchschnittlich 8 Jahre des Medizinstudiums nur 30 Minuten der Schlafmedizin gewidmet. Dasselbe gilt für verwandte Berufsausbildungen, beispielsweise zur Krankenschwester, zum MTA und zum Physiotherapeuten, zu deren Aufgaben es zählt, sich um Patienten mit Schlafstörungen zu kümmern. Bis vor kurzem standen Ärzten und verwandten Berufen keine angemessenen Informationen über die Pathophysiologie und Behandlung von Schlafstörungen zur Verfügung. Die Schlafmedizin führt zu einem ganzheitlichen Verständnis damit assoziierter Erkrankungen, an denen sich die unterschiedlichsten medizinischen Fachrichtungen wie Neurologie, respiratorische Medizin, Endokrinologie, Psychiatrie, Arbeitsmedizin, Kardiologie, HNO, Sportmedizin und Pädiatrie kreuzen. Die Schlafmedizin stellt ihre Relevanz immer wieder unter Beweis. Diese Entwicklung der Schlafmedizin geht zu einem großen Teil auf die Verbesserung der Aufzeichnungsmethoden und der Fähigkeiten der medizinisch-technischen Assistenten (MTAs) zurück.

In den letzten Jahren wurden Schlafuntersuchungen durch die Informationstechnologie, die es ermöglicht, die Erkenntnisse aus der Forschung ans Krankenbett zu übertragen, erheblich vereinfacht. Vor 15 Jahren wurden Elektroenzephalogramme einfach auf Papier geschrieben. Über 1000 Seiten (d. h. 10 Kilo Papier jede Nacht) mussten visuell zur Schlafanalyse ausgewertet werden. Heute werden die Daten direkt auf einem digitalen tragbaren Polysomnographen oder in der Software des Schlaflabors aufgezeichnet. Auch der Patientenkomfort, der eine entscheidende Bedeutung in der Schlafmedizin spielt, und die Berichte haben sich verbessert. Heute sind ein besseres Verständnis des zirkadianen Rhythmus und ein besseres Screening auf Schlafstörungen möglich. Schlafuntersuchungen zu Hause (insbesondere Atmungsuntersuchungen) sind mittlerweile Routineuntersuchungen, auch wenn es nach wie vor eine Einschränkung für den Patienten darstellt, die ganze Nacht über mehrere Elektroden tragen zu müssen.

Es wurde daher Zeit für ein Handbuch für Schlafmedizinische MTAs und wir schulden Maxime Elbaz (Präsidentin der SFTS) und Philips Respironics unseren Dank dafür, dass sie das Projekt in die Wege leiteten, uns Zugang zu den technologischen Neuerungen der Schlafaufzeichnung und -analyse verschafften und uns diese erläuterten.

Ich hoffe, dieses Handbuch wird den Weg für eine neue Generation von schlafmedizinischen MTAs bereiten, die mit Ärzten zusammenarbeiten, um neue Entwicklungen in der Schlafmedizin für die Patienten voranzutreiben.

*Prof. Damien Léger
Centre du Sommeil et de la Vigilance
Hôtel Dieu, Paris APHP
Universität Paris Descartes*

Vorwort

In den letzten 20 Jahren zeigte sich eine schnelle Entwicklung auf dem Gebiet der Schlafuntersuchungen. Die Phase analoger Aufzeichnungen zeigt, wie wichtig die Rolle des schlafmedizinischen MTA ist, insbesondere für die gute Qualität der Aufzeichnungen: Kalibrierung der Verstärker, Einstellung der Filter und Verstärkungsfaktoren und verschiedene Konfigurationen des Messaufbaus.

Die Einführung der digitalen Verarbeitung in den 90er Jahren erlaubte es, Polysomnografie, Polygrafie und Aktimetrie auf neue und wesentlich komfortablere Weise umzusetzen. Die Aufgabe des schlafmedizinischen Assistenten ist es, dem Schlafmediziner eine genaue Aufzeichnung der an der Kopfhaut gemessenen elektrischen Hirnaktivität sowie kardiorespiratorische Variablen zur Verfügung zu stellen.

Ein schlafmedizinischer MTA sollte in der Lage sein, verschiedene Artefakte zu erkennen, die die Schlafaufzeichnung beeinträchtigen könnten. Das seit kurzem verfügbare Diplom für Schlaf- und Wachzustandstechnologien erlaubt es dem MTA, die Aufzeichnungen zu verstehen und zu analysieren und die Daten zusammen mit einem Schlafmediziner zu interpretieren. Die Aufgabe des MTA beschränkt sich nicht nur darauf, Elektroden und kardiorespiratorische Sensoren anzulegen und an den Knöpfen zu drehen.

Unter der Federführung von Philips Respironics wird die Notwendigkeit unseres ersten Handbuchs für Schlaftechniker deutlich. Dieses Handbuch enthält technische Informationen über die Polysomnografie im Schlaflabor, die Schlafaufzeichnung in häuslicher Umgebung und die Aktimetrie.

Schlafscreening und -diagnose werden durch zahlreiche Abbildungen illustriert, die zeigen, wie Elektroden und Sensoren anzulegen sind.

Die weniger bekannte Aktimetrie wird als eine viel versprechende Technik beschrieben, die eine bessere Behandlung von Schlaflosigkeit und Störungen des zirkadianen Rhythmus ermöglicht.

Dieses Handbuch bietet zudem eine Übersicht über die neuen Regeln der AASM 2007, die durch konkrete Beispiele veranschaulicht werden.

Zu guter Letzt soll dieses Handbuch den schlafmedizinischen MTA bei seiner täglichen Arbeit unterstützen, sein Wissen erweitern und die Zusammenarbeit unter Schlafexperten fördern.

*Maxime Elbaz
Präsidentin der SFTS
Technische Direktorin
Centre du Sommeil et de la Vigilance
Hôtel Dieu, Paris APHP*

Vorwort

Immer mehr Mediziner sind sich der Bedeutung des Schlafs und seiner Störungen bewusst, was zur Entwicklung einer Fülle von Dienstleistungen geführt hat, die zu einem einheitlichen klinischen Ansatz vereint werden müssen.

Die Schlafmedizin ist ein interdisziplinäres Fach, der einen breiten Fundus an Wissen und Fertigkeiten zur Polysomnografie (PSG) vereint, der grundlegendsten Labortechnik zur Bewertung von Schlaf und Schlafstörungen.

Die Rolle des Schlafmediziners ist es, die sichere und genaue Befundung von Patienten sicherzustellen sowie bei der Diagnose und effektiven Einstellung der Therapie zu helfen.

In vielen Ländern gibt es keine formale Ausbildung in Schlafmedizin und Schlaftechnologie. Das Hauptziel dieses Handbuchs ist es, als Informationsquelle für auf diesem Gebiet tätige Fachleute zu dienen.

*Anwen Evans
RPSGT, Clinical Specialist Manager*

Danksagungen

Als Erstes gilt unser aufrichtiger Dank Maxime Elbaz und Prof. Damien Léger (Hôtel-Dieu, Paris), die zur Umsetzung dieses Projekts beitrugen.

Danken möchten wir auch Dr. Marie-Françoise Vecchierini (Hôtel-Dieu, Paris) für ihre Durchsicht der ersten Versionen dieses Handbuchs.

Wir möchten uns bei allen Krankenhäusern bedanken, die in großem Maße dazu beitrugen, dass dieses Projekt Wirklichkeit wurde, indem sie uns ihre Türen öffneten und Treffen mit ihren Technikern ermöglichten: Hôpital Foch (Suresnes), Hôpital Privé de l'Ouest Parisien (Trappes), Centre hospitalier de Roubaix, Centre Antoine Bécclère (Clamart).

Vielen Dank an Prof. Escourrou für die Beantwortung unserer Fragen, das herzliche Willkommen und die Unterstützung dieses Projekts.

Dank gilt auch Joyce Black, Pamela Minkley und Emmanuel Billaud, die uns Materialien und Informationen bereitstellten.

Des Weiteren möchten wir Herrn PD Dr. Ingo Fietze und Herrn Prof. Thomas Penzel (Charité Berlin) danken, die zur deutschen Version dieses Handbuchs beigetragen haben.

Danke an Dr. Philippe Grunstein (MD FRCP, Facharzt, Universitätskrankenhaus von Norfolk und Norwich, Dozent für Medizin) und Jane Taylor, Expertin für Schlafkoordination, für ihre unschätzbare Hilfe.

Dieses Handbuch wäre ohne die Hilfe von Anwen Evans (RPSGT) nicht möglich gewesen.

Wir schulden ihr unseren tiefsten Dank für ihre Durchsicht erster Versionen dieses Handbuchs und ihre hilfreichen und geschätzten Ratschläge.

Zu guter Letzt gilt unser Dank Ihnen, unseren Lesern. Wir hoffen, dass Ihnen dieses Handbuch bei Ihrer täglichen Arbeit hilfreich zur Seite stehen wird.

Vielen Dank an alle.

Das Respironics-Team

Valérie Leroux, Biomedical Intern EAME

Bernard Favier, Product Manager Sleep Diagnostic and Cardio EAME

Dr. Alexander Hoffmann, Market Development Manager Sleep Diagnostic and Cardio, Mitteleuropa

Emmanuel Billaud, Diagnostic Specialist, Frankreich

Einleitung

Warum dieses Handbuch notwendig ist

Schlafstörungen stellen ein wichtiges Gesundheitsproblem in der Bevölkerung dar, und aufgrund der hohen Prävalenz und des steigenden Bewusstseins in der Öffentlichkeit für Schlafstörungen, insbesondere für das obstruktive Schlafapnoe-Syndrom (OSAS), steigt der Bedarf an Schlafuntersuchungen stetig [1].

Folglich scheint es wünschenswert, ein Handbuch zu verfassen, das diejenigen, die auf dem Gebiet der Schlafmedizin tätig sind, bei der effizienten und kosteneffektiven Erbringung von Leistungen unterstützt, um den wachsenden Anforderungen und steigenden Überweisungszahlen gerecht zu werden. Dieses Handbuch soll Informationen über Screening-Instrumente, Aktimetrie und die korrekte Durchführung einer Schlafuntersuchung bieten. Es enthält zahlreiche Tipps und Abbildungen. Zudem wurden die neuen Empfehlungen der AASM¹ zusammengefasst.

Dieses Handbuch soll nicht als Standard für die medizinische Versorgung dienen und auch nicht als solcher verstanden werden. Einige der beschriebenen Ansätze und Methoden können von Einrichtung zu Einrichtung unterschiedlich sein und sollen andere zulässige Methoden, die auf dieselben Ziele ausgerichtet sind, nicht ausschließen.

Für jede Messung werden die Tipps durch folgendes Symbol gekennzeichnet:



Tipps

Auf praktische Aspekte wird durch folgendes Symbol hingewiesen:



Beste Vorgehensweise

Schlafuntersuchungen und Polysomnografie (PSG) zu Hause

Die Diagnose des OSAS und anderer schlafassoziierten Störungen basiert typischerweise auf Untersuchungen, die über Nacht in einem Schlaflabor durchgeführt werden. Der anerkannteste diagnostische Test zur Untersuchung des OSAS ist die Polysomnografie (PSG), eine detaillierte Schlafuntersuchung. Die Diagnose eines leichten OSAS gilt als bestätigt, wenn bei der PSG ein AHI² von über 5 Ereignissen pro Stunde Schlaf und eine übermäßige Tagesschläfrigkeit festgestellt werden [2]. Ein AHI von 5 oder weniger gilt als normal und führt zu einer negativen Diagnose für OSAS [3]. Neben OSAS lässt sich mithilfe der PSG eine Vielzahl anderer Schlafstörungen diagnostizieren, unter anderem zentrale Apnoe, periodische Beinbewegungen, chronisch obstruktive Lungenerkrankung und Narkolepsie [2].

1994 unterteilte ASDA³ die Systeme zur Schlafuntersuchung gemäß ihrem jeweiligen Komplexitätsgrad in vier verschiedene Klassen.

¹ American Academy of Sleep Medicine

² Apnoe-Hypopnoe-Index

³ American Sleep Disorders Association, heute AASM

Tabelle 1: Diagnoseebenen nach ASDA [2]

Klasse 1	PSG im Labor (mit mindestens 7 Signalen: EEG, EOG, Kinn-EMG, EKG, Atmungsanstrengung, Atemfluss, Sauerstoffsättigung, Lage +/- Bein-EMG).	Geschultes Personal, das bei Bedarf eingreifen kann
Klasse 2	PSG zu Hause (mit überwiegend denselben Messgrößen wie bei der Labor-PSG)	
Klasse 3	Mobile Geräte, die mindestens vier Kanäle von Daten messen (2 Atmungsanstrengung oder Atmungsanstrengung und Atemfluss, Herzfrequenz oder EKG, Sauerstoffsättigung)	Geschultes Personal nur in der Vorbereitungsphase der Untersuchung
Klasse 4	Geräte, die einen oder zwei Kanäle von Daten messen, für gewöhnlich Sauerstoffsättigung und/oder Atemfluss. Geräte, die einen bis drei Kanäle messen oder die trotz vier Kanälen nicht den Atemfluss erfassen.	erforderlich

Bei Systemen der Klasse 4 handelt es sich um Screening-Geräte, während es sich bei anderen Systemen um Diagnostikgeräte handelt (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1: Unterscheidung zwischen Screening- und Diagnostik

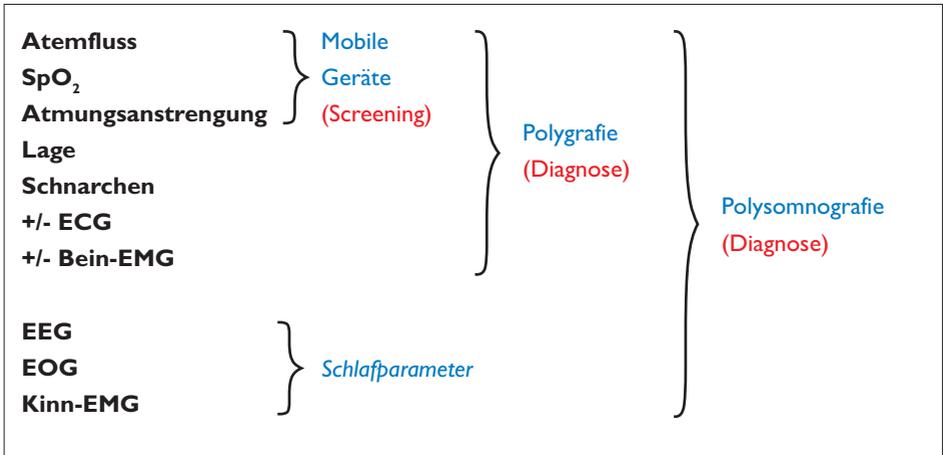
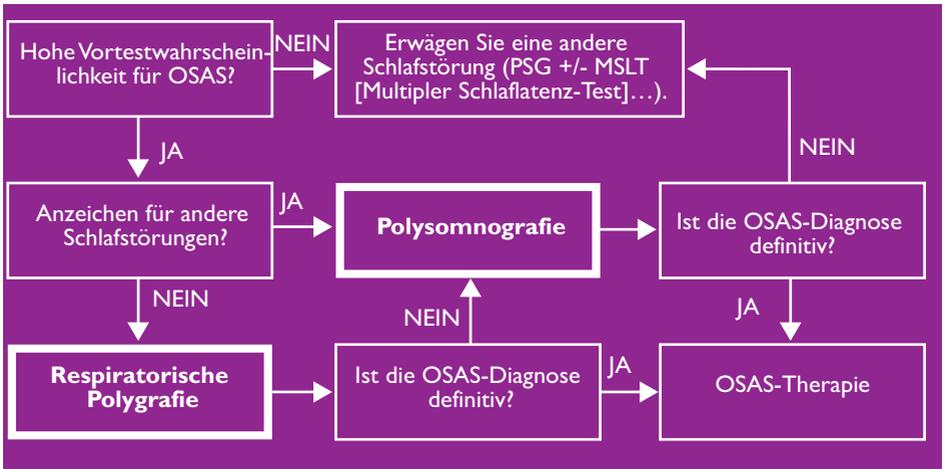


Tabelle 2: Vorteile und Einschränkungen der respiratorischen Polygrafie und Polysomnografie

	Respiratorische Polygrafie (Klasse 3)	Polysomnografie (Klasse 1)
Hauptvorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Die Systeme sind im Allgemeinen weniger kompliziert. • Zugänglichkeit und Durchsatz zur Diagnose sind höher. • Geringere Kosten. • Erheblich kürzere Einrichtungs- und Validierungszeit. • Kann zu Hause in der dem Patienten vertrauten Umgebung eingesetzt werden, sodass Krankenhausbetten für komplexere Untersuchungen zur Verfügung stehen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die PSG ermöglicht eine genaue physiologische Messung und Zuweisung der Schlafstadien. • Es können spezifische klinische Endpunkte wie Schlaflatenz, REM-Latenz, Schlaffeffizienz, AHI und Weckindex berechnet werden. • Entscheidend für die genaue Diagnose bestimmter Schlafstörungen, schlafstadien/-phasenbezogener Schlafstörungen. • Klare Richtlinien für Einteilung und Bewertung von Schlaf und Ereignissen. • Medizinisch-rechtliche Aspekte.
Einschränkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Validierungsuntersuchungen müssen im Schlaflabor erfolgen. • Heterogene Systeme erhältlich. • Diese Systeme zeichnen weder Schlafphysiologie noch Aufteilung des Schlafzyklus auf. • Der AHI kann nicht berechnet werden, stattdessen wird der RDI anhand der Gesamtuntersuchungszeit und nicht der Gesamtschlafzeit berechnet. • Eine PSG muss durchgeführt werden, wenn das Ergebnis der respiratorischen polygrafischen Untersuchung negativ oder nicht eindeutig ist. • Anfälliger für Datenverlust (z. B. durch Sensorausfall), wodurch Untersuchungen wiederholt werden müssen [4]. • Andere Schlafstörungen außer OSAS können nicht diagnostiziert werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • Zeit- und arbeitsaufwändig. • Komplex. • Erfordert spezielle technische Fähigkeiten. • Negative Laboreffekte, z. B. Effekt der ersten Nacht. • Untersuchungsort/geeignete Umgebung erforderlich für Untersuchungen am Tag. • Invasive Datenerfassung im Labor. • Verfügbarkeit.

Diagnosestrategie für Schlafstörungen (am Beispiel OSAS)

Abbildung 2: Diagnosestrategie für OSAS, aufgestellt in den RPC⁴ 2008 [5]



In Deutschland wird für die Untersuchung der OSAS die Stufendiagnostik gemäß der BUB-Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses empfohlen [6]:

1. Stufe: Anamnese inklusive Fragebögen, Differentialdiagnose Dyssomnie
2. Stufe: Klinische Untersuchung hinsichtlich Herz-Kreislaufkrankungen, Ventilationsstörungen u.s.w.
3. Stufe: Weisen Ergebnisse der Stufe 1 und 2 auf eine schlafbezogene Atmungsstörung hin, erfolgt die Diagnostik mittels Polygrafie.
4. Stufe: Falls nach Stufe 3 keine Entscheidung zu einer Therapie mit CPAP möglich ist, erfolgt die Diagnostik mittels Polysomnografie.

Vor allem gelten die Empfehlungen der S3-Leitlinie Nicht erholsamer Schlaf / Schlafstörungen der DGSM [7].

4 Recommendations pour la Pratique Clinique

Literatur

- [1] <http://www.sign.ac.uk/pdf/sign73.pdf>
- [2] Hensley M. J., Hillman D. R. et al (2005): Guidelines for sleep studies in adults [Internet]. Australasian Sleep Association and Thoracic Society of Australia and New Zealand Verfügbar unter: <http://www.sleepaus.on.net/guidelinesforadultsleepstudies.pdf>
- [3] Chesson et al.: The indications for polysomnography and related procedures. In: Sleep, 20 (6), 1997, 423–487
- [4] Douglas et al.: Home diagnosis of the obstructive sleep apnea/hypopnea syndrome. In: Sleep Med. Rev., 7 (1), 2003, 53–59
- [5] <http://www.splf.org/s/IMG/pdf/IPC-SAHOS.pdf>
- [6] Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses zu Untersuchungs- und Behandlungsmethoden der vertragsärztlichen Versorgung, 21. September 2004 ("BUB-Richtlinie").
- [7] S3-Leitlinie - Nicht erholsamer Schlaf / Schlafstörungen. Somnologie 2009. 13:4-160. Springer Verlag.

A. Vorbefundung der Patienten

Subjektive Untersuchungen (Fragebögen, Schlaftagebücher usw.) erlauben eine schnelle und kostengünstige Beurteilung von Schläfrigkeit/Wachheitsgrad. Diese Untersuchungen sollten als Teil einer umfassenderen Befundung eingesetzt werden. Dazu gehört auch eine Fremdanamnese durch Bettpartner, Familienangehörige oder Freunde.

Objektive Untersuchungen (Pulsoxymetrie über Nacht, Atemflussmessung, Aktimetrie usw.) sind einfache, nicht invasive Untersuchungen, die sich leicht zu Hause durchführen lassen. Ihre Ergebnisse können einen Verdacht bestätigen und zur klinischen Entscheidung herangezogen werden, ob und welche weiteren Untersuchungen erforderlich sind.

Jedoch nur eine Polygrafie oder Polysomnografie kann zur Diagnose bzw. Ausschluss einer schlafbezogenen Atmungsstörung herangezogen werden.

Beispiele für Fragebögen zur Diagnostik der OSA

Es gibt eine Vielzahl von Fragebögen. Im Folgenden werden einige Beispiele vorgestellt.

a. Der Berlin Fragebogen

Der Berlin Fragebogen ist ein validiertes Screening-Instrument für die Wahrscheinlichkeit eines OSAS (siehe Abbildung 4). Basierend auf den Antworten auf die Fragen bewertet diese 10-Punkte-Skala das Risiko (hoch oder niedrig) für das Vorliegen einer Schlafapnoe. Der Fragebogen besteht aus drei Kategorien:

- Schnarchen
- Schläfrigkeit
- Übergewicht (BMI⁵ > 30) und hoher Blutdruck

Der Berlin Fragebogen zeigte eine Sensitivität von 62 % und eine Spezifität von 43 % bei einem RDI⁶ > 10 [2].

Abbildung 4: Der Berlin Fragebogen

RESPIRONICS

Berlin Questionnaire
©2007 HINSLIEP

FRAGEBOGEN

1. Wie häufig Sie Folgendes tun:
G I F B _____ Alter _____
Gewicht (kg) _____ Mittelwertschätzung _____

2. Schnarchen laut?
 Ja
 Nein
 Weder nicht

3. Fühle Sie anstrengend:
2. Die Lautstärke Ihres Schnarchens ist
nur wenig lauter als normale
Atemgeräusche
 fast so laut wie normale Sprache
lauter als normale Sprache
sehr laut, kann sogar durch eine
gleichzeitige Tür geöffnet werden

4. Wie häufig tritt Ihr Schnarchen auf?
 fast jeden Tag
 3-4 mal pro Woche
 1-2 mal pro Woche
 1-2 mal pro Monat
 nie oder fast nie

5. Hat Ihr Schnarchen eine andere Person
in der Nähe gestört?
 Ja
 Nein

6. Hat bei Ihnen Abendblutdruck während des Schlafes
beim Aufwachen?
 fast jeden Tag
 3-4 mal pro Woche
 1-2 mal pro Woche
 1-2 mal pro Monat
 nie oder fast nie

7. Wie oft fühlen Sie sich morgens nach dem
Aufstehen sehr müde/gefährdet?
 fast jeden Tag
 3-4 mal pro Woche
 1-2 mal pro Woche
 1-2 mal pro Monat
 nie oder fast nie

8. Fühlen Sie sich müde, schläfrig, abgelenkt
oder nicht voll leistungsfähig?
 fast jeden Tag
 3-4 mal pro Woche
 1-2 mal pro Woche
 1-2 mal pro Monat
 nie oder fast nie

9. Wird Ihre jemals gemessene hohe Blutdruck eingestellt?
 Ja
 Nein

10. Nehren Sie schon andere Medikamente?
 Ja
 Nein
 Weder nicht

BMI =

Name _____
Adresse _____

©2007 HINSLIEP PATIENTENCOPIE Bruyoc Oy 0730007 MO 4102239 PN 1013436

5 Body Mass Index

6 Respiratory Disturbance Index (respiratorischer Gesamtindex)

b. Die Epworth-Schläfrigkeitsskala (ESS)

Die Epworth-Schläfrigkeitsskala (ESS) ist ein häufig eingesetztes Instrument zur Beurteilung der Müdigkeit. Sie setzt sich aus 8 Situationen zusammen, bei denen der Patient die Wahrscheinlichkeit einzuschlafen bewerten soll. Es handelt sich um einen simplen Fragebogen, den der Patient schnell und einfach selbst ausfüllen kann.

Der Patient bewertet jede Situation auf einer 4-Punkte-Skala, wobei 0 für „würde niemals einnicken“ und 4 für „hohe Wahrscheinlichkeit einzunicken“ steht. Die Gesamtpunktzahl bietet eine subjektive Beurteilung seitens des Patienten für den Schläfrigkeitsgrad als Funktion der Zeit.

- 0 – 9: Durchschnittliche Punktzahl, normale Bevölkerung
- 10 – 24: Es wird empfohlen, einen Schlafmediziner aufzusuchen.

Die ESS erzielte bei der Identifizierung eines Apnoe-Hypopnoe-Index (AHI) > 5 am vorgeschlagenen Grenzwert von 10 eine relativ geringe Sensitivität (66 %). Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, dass sich die ESS nur mittelmäßig als Screening-Instrument für OSAS eignet. Sie wird zur Bewertung übermäßiger Tagesschläfrigkeit eingesetzt und ist nützlich als serielle Messung, beispielsweise nach der Durchführung einer Behandlung (z. B. CPAP), um eine Verbesserung der Symptome zu dokumentieren [3]. Es ist jedoch zu beachten, dass Patienten mit einem hohen Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen und einem mäßigen bis schweren OSAS möglicherweise nur wenige oder keine Symptome zeigen [4]. Bei der Narkolepsie hat die Epworth-Schläfrigkeitsskala sowohl eine hohe Spezifität (100 %) als auch Sensitivität (93,5 %), wenn ein ESS-Grenzwert von > 10 verwendet wird [5].

Die Skala sollte sowohl von den Patienten selbst als auch deren Partnern unabhängig voneinander ausgefüllt werden, da Patienten die Schwere ihrer Schläfrigkeit oftmals unterschätzen.

Abbildung 5: Die Epworth-Schläfrigkeitsskala* [6]

Code: _____

Fragebogen zur Tageschläfrigkeit
(Epworth Sleepiness Scale)

Datum:

Die folgende Frage bezieht sich auf Ihr normales Alltagsleben in der letzten Zeit:
Für wie wahrscheinlich halten Sie es, daß Sie in einer der folgenden Situationen einnicken oder einschlafen würden, - sich also nicht nur müde fühlen?

Auch wenn Sie in der letzten Zeit einige dieser Situationen nicht erlebt haben, versuchen Sie sich trotzdem vorzustellen, wie sich diese Situationen auf Sie auswirken hätten.

Benutzen Sie bitte die folgende Skala, um für jede Situation eine möglichst genaue Einschätzung vorzunehmen und kreuzen Sie die entsprechende Zahl an:

0 = würde niemals einnicken
1 = geringe Wahrscheinlichkeit einzunicken
2 = mittlere Wahrscheinlichkeit einzunicken
3 = hohe Wahrscheinlichkeit einzunicken

Situation	Wahrscheinlichkeit einzunicken
Im Sitzen leidend	⓪ ① ② ③
Beim Fernsehen	⓪ ① ② ③
Wenn Sie passiv (als Zuhörer) in der Öffentlichkeit sitzen (z. B. im Theater oder bei einem Vortrag)	⓪ ① ② ③
Als Beifahrer im Auto während einer einseitigen Fahrt ohne Pause	⓪ ① ② ③
Wenn Sie sich am Nachmittag hingelagert haben, um auszurufen	⓪ ① ② ③
Wenn Sie sitzen und sich mit jemand unterhalten	⓪ ① ② ③
Wenn Sie nach dem Mittagessen (ohne Alkohol) ruhig sitzen	⓪ ① ② ③
Wenn Sie als Fahrer eines Autos verkehrsmäßig einige Minuten schlafen müssen	⓪ ① ② ③
Bitte nicht ausfüllen	Summe

*SLEEP, Band 14, Ausgabe 6, 1991, 540–545

©1990-1997

M. W. Johns

Unter Lizenz verwendet.

Mit Genehmigung der Associated Professional Sleep Societies, LLC.

Alle Rechte vorbehalten.

2. Objektive Methoden: Screening-Geräte

a. Pulsoxymetrie über Nacht

Das Pulsoxymeter wird gelegentlich in der häuslichen Umgebung eingesetzt und ist ein einfaches Screening-Instrument (keine Diagnostik!) zur Identifizierung von Patienten mit schlafbezogenen Atmungsstörungen.

Durch eine Übernachtmessung werden Häufigkeit und Grad der Hämoglobinentsättigung während des Schlafs ermittelt und Informationen über die Schwere des obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms gewonnen.

Die Pulsoxymetrie ist ein etabliertes Screening-Instrument zur Bestimmung der arteriellen Sauerstoffsättigung und Herzfrequenz eines Patienten. Eine Reihe von Studien, die den klinischen Nutzen, die Reproduzierbarkeit und die Eignung der Pulsoxymetrie für die Diagnose von Schlaf- und Atemstörungen untersuchten, haben gezeigt, dass die Pulsoxymetrie über Nacht ein mäßiges bis schweres OSAS gut erkennt, bei leichteren Fällen jedoch weniger nützlich ist [7–8]. Eine pulsoximetrische Untersuchung ist deshalb als Voruntersuchung bei Verdacht auf OSAS in Deutschland nicht abrechenbar.

Für gewöhnlich wird an der Fingerspitze oder am Ohrfläppchen, bzw. bei Neugeborenen am Fuß, ein Sensor angebracht, und Lichtbündel, die sich sowohl aus roten als auch infraroten Wellenlängen zusammensetzen, werden von einer Seite auf die andere gesendet [1]. Basierend auf dem Änderungsgrad der Absorption, die durch die unterschiedliche Färbung von mit Sauerstoff beladenem und nicht mit Sauerstoff beladenem Hämoglobin im Blut entsteht, kann die Sauerstoffsättigung (der prozentuale Anteil an Hämoglobinmolekülen, die Sauerstoffmoleküle gebunden haben) bestimmt werden.

Pulsoxymeter messen zudem die Herzfrequenz, wobei kurze Erhöhungen ein indirekter Marker für kurzzeitige Weckreaktionen im Schlaf sind. Die Untersuchung der Oxy-meter-Aufzeichnungen zusammen mit der zugehörigen Pulsfrequenz kann Hinweise auf eine Schlaffragmentierung ergeben.

Bei Patienten mit schweren Symptomen, bei denen das Ergebnis der Übernacht-Pulsoxymetrie negativ oder nicht eindeutig ist, muss eine genauere Untersuchung über Nacht durchgeführt werden. Des Weiteren kann zwar auch bei einem normalen Ergebnis die Diagnose eines OSAS nicht ausgeschlossen werden, jedoch kann auf Grundlage des Ergebnisses Patienten mit einer hohen Vortestwahrscheinlichkeit für OSAS bevorzugt Zugang zu diagnostischen Untersuchungen gegeben werden [9].



Beste Vorgehensweise

1. Wählen Sie an der nicht dominanten Hand einen Finger, der Bewegungen weniger ausgesetzt ist, und bereiten Sie die Messstelle vor, indem Sie künstliche Nägel und Nagellack entfernen.
2. Platzieren Sie den Sensor auf dem ausgewählten Finger, wobei das Kabel auf dem Handrücken aufliegen sollte. Lichtquelle und Lichtsensor sollten sich über dem Nagelbett genau gegenüber liegen.

Die Lichtquelle muss sich über dem Nagel befinden (siehe Abbildung 6).

Abbildung 6: Korrekte Sensorplatzierung

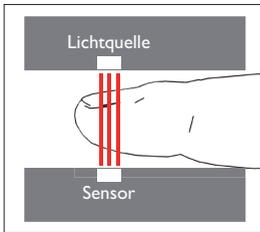
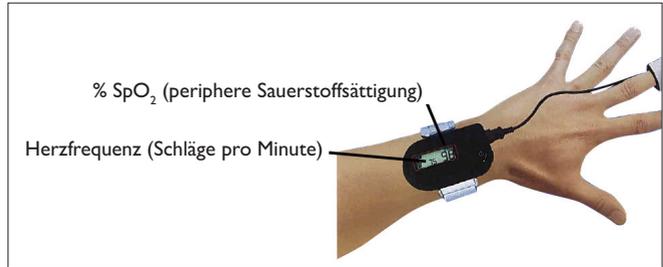


Abbildung 7: Beispiel eines Pulsoxymeters



ACHTUNG:

- Nagellack kann die Lichtdurchlässigkeit verringern und so die SpO₂-Werte beeinträchtigen.
- Eine übermäßige Bewegung des Patienten kann die Signalverarbeitung des Oximeters stören und zu falschen Werten führen. Zur Vermeidung dieser Fehlerquellen befestigen Sie das Kabel mit Klebeband am Ende des Fingers und am Handgelenk. Bringen Sie kein Klebeband über dem Sensor an, da dies zu einer Quetschung und in der Folge zu ungenauen Messwerten führen kann.

Bei der Pulsoximetrie über Nacht in der Schlafmedizin ist es wichtig, dass das Oximeter auf das kürzeste Messzeitintervall eingestellt wird – 5 Sekunden oder weniger gelten als akzeptabel [10].

Einschränkungen (Beispiele)

- Patienten mit OSAS werden von Nicht-OSAS-Gruppen oftmals durch die Anzahl der Entsättigungsereignisse/Stunde (mit einer Sättigungsabnahme von 4 %) unterschieden. Eine solche Definition kann insbesondere bei jüngeren und weniger adipösen Patienten, die trotz Änderungen im PaO₂ keine Entsättigungen zeigen, zu falsch-negativen oximetrischen Ergebnissen führen.
- Patienten, bei denen nur eine Entsättigung auftritt, wenn sie in Rückenlage schlafen, zeigen möglicherweise keine Entsättigung, wenn sie in der Nacht der Aufzeichnung nicht in dieser Position schliefen.
- Einige Patienten mit minimaler arterieller Sauerstoffsättigung haben ein schweres OSAS.
- Die Pulsoximetrie alleine bietet keine Informationen über andere Ursachen einer übermäßigen Tagesschläfrigkeit wie zum Beispiel Narkolepsie oder periodische Beinbewegungen.
- Die Übernacht-Pulsoximetrie erlaubt im Allgemeinen keine einfache Unterscheidung zwischen respiratorischen Ereignissen (Hypopnoen, Cheyne-Stokes-Atmung, obstruktive oder zentrale Apnoen).

b. Nasaler Atemfluss

Der nasale Atemfluss wird über eine Nasendruckkanüle gemessen, die mit einem kleinen Gerät zur Ermittlung des AHI verbunden ist.

Es handelt sich hierbei um ein objektives Instrument, das andere subjektive Methoden wie Fragebögen und Tagebücher ergänzen soll. Zusammen erlauben diese ein umfassendes Screening zur Beurteilung der Notwendigkeit und für die Priorisierung der Polysomnografie. Bei dem Screening-Gerät RUSleeping RTS hat dieser Parameter eine Sensitivität von 92 % und eine Spezifität von 77 % im Vergleich zur Polysomnografie, wenn ein AHI-Grenzwert von 15 als Indikation eines OSAS verwendet wird (basierend auf einer internen Studie an 25 Patienten).

Hinweis: Nähere Informationen über die Nasenkanüle finden Sie in Abschnitt C unten.

Abbildung 8: RUSleeping RTS, ein Screening-Gerät, das nasalen Atemfluss aufzeichnet



Beste Vorgehensweise

Die Nasenkanüle sollte direkt unter der Nase des Patienten angebracht werden, wobei sich jeder der beiden Stützen direkt unterhalb jedes Nasenlochs befinden sollte. Bringen Sie 2 cm neben der Nase medizinisches Klebeband an, um die Stabilität der Kanüle während der Nacht sicherzustellen.

RUSleeping ist eine Marke von Respironics, Inc. und seinen verbundenen Unternehmen.

Literatur

- [1] <http://en.wikipedia.org/>
- [2] Ahmadi N., Chung S. A., Gibbs A., Shapiro C. M.: The Berlin Questionnaire for sleep apnea in a sleep clinic population: relationship to polysomnographic measurement of respiratory disturbance. In: *Sleep Breath*, 12 (1), März 2008, 39–45
- [3] Hardinge F. M., Pitson D. J., Stradling J. R.: Use of the Epworth Sleepiness Scale to demonstrate response to treatment with nasal continuous positive airways pressure in patients with obstructive sleep apnea. In: *Respir. Med.*, 89 (9), 1995, 617–20
- [4] <http://www.hkma.org/bhme/10bhme/Shao-guang%20HUANG.pdf>
- [5] Johns M. W.: Sensitivity and specificity of the multiple sleep latency test (MSLT), the maintenance of wakefulness test and the Epworth Sleepiness Scale: failure of the MSLT as a gold standard. In: *Journal of Sleep Research*, 9 (1), März 2000, 5–11
- [6] <http://www.cdha.nshealth.ca/>
- [7] Stradling et al.: Adequacy of oximetry alone studies for the diagnosis of sleep and breathing disorders. In: *Jl. Ambulatory Monitoring*, 2 (3), 1989, 197–201
- [8] Ryan P. J. et al.: Validation of British Thoracic Society guidelines for the diagnosis of the sleep apnoea/hypopnoea syndrome: Can polysomnography be avoided?. In: *Thorax*, 50, 1995, 972–975
- [9] <http://www.splf.org/s/IMG/pdf/IPC-SAHOS.pdf>
- [10] Farre R., Montserrat J. M., Ballester E. et al.: Importance of the pulse oximeter averaging time when measuring oxygen desaturation in sleep apnea. In: *Sleep*, 21, 1998, 386–390

B. Verwendung der Aktimetrie in der Schlafmedizin

Was ist Aktimetrie?

Aktimetrie ist eine allgemeine Bezeichnung für ein System, das Bewegungen aufzeichnet und analysiert. Die Aufzeichnungsinstrumente für die Aktimetrie sind kleine, computergesteuerte Geräte, die Daten aufzeichnen und speichern [1].

Aktimeter haben im Allgemeinen die Form einer Armbanduhr und werden am Handgelenk des nicht dominanten Arms getragen, sie können jedoch auch am Fußgelenk oder an den Zehen getragen werden (siehe Abbildung 9).

Abbildung 9: Beispiele für Aktimeter (Actiwatch 2, Actiwatch Spectrum, Actiwatch Score und Actiwatch Mini)



Ein vollständiges Aktimetriesystem besteht aus einem Aktimeter, einer Schnittstelle zur Übertragung der Daten zu einem Computer und Software zum Einstellen der Aufzeichnungsparameter und Auswertung der digitalen Aufzeichnung.

Abbildung 10: Beispiel eines vollständigen Aktimetriesystems



Die Aktimetrie entwickelt sich zu einer immer wichtigeren und häufiger eingesetzten Methode zur Messung von Ruhe-/Aktivitätsmustern sowohl in der klinischen als auch Forschungsumgebung [8].

Actiwatch ist eine Marke von Respironics, Inc. und seinen verbundenen Unternehmen.

Tabelle 3: Vorteile und Einschränkungen der Aktimetrie

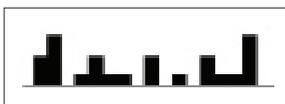
Hauptvorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Relativ geringe Kosten der Geräte und Bewertungssoftware • Zugänglichkeit • Nicht invasives Verfahren • Aufzeichnungen können zu Hause über einen bestimmten Zeitraum durchgeführt werden (für gewöhnlich zwischen 1 und 3 Wochen, häufig länger). • Es können 24-Stunden-Aktivitäten aufgezeichnet werden. • Nützlich bei nicht kooperativen Patienten, wenn Laboruntersuchungen nicht möglich sind. • Longitudinalstudien (z. B. während der Therapie) • Verschiedene Softwareanwendungen • Klinischer Nutzen (unterschiedliche Schlafstörungen) • Unterscheidung zwischen normalen und gestörten Schlaf-Wachmustern
Einschränkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Diagnose des obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms • Stellt nicht die Ursache einer Schlaflosigkeit fest. • Unterscheidet nicht zwischen verschiedenen Arten von Bewegungen. • Erlaubt keine Identifizierung der Schlafstadien. • Überschätzt den Schlaf während Ruhephasen. • Kann nicht eingesetzt werden, wenn der Patient an einer motorischen Störung (Parkinson) oder Krankheitserscheinungen mit abnormen Bewegungen leidet. • Keine Standardverfahren zur Bewertung verfügbar.

Funktionsweise

Bei jeder Bewegung des Probanden erzeugt ein Beschleunigungsmesser eine variable Spannung, die digital verarbeitet und abgetastet wird. Die Daten werden später von einem Computer ausgelesen, auf dem sie dann ausgewertet werden können.

Ein Aktimeter zeichnet die Bewegungsaktivität über die Zeit in so genannten „Counts“ (Zählungen) auf. Die Definition dieser Counts kann von Aktimeter zu Aktimeter unterschiedlich sein. Bei der Actiwatch stellen die aufgezeichneten Daten die Summe der erfassten Counts aus den 1-Sekunden-Intervallen des Probanden dar, die die Epoche bilden.

Beispiel für eine 2-Sekunden-Epoche	Zeitraum	Höchster Count
	1 Sek.	5
	1 Sek.	10
	Gesamt-Count	15



Die Werte (Gesamt-Counts) werden Epoche für Epoche in ein Aktigramm eingetragen. Das links abgebildete Aktigramm hat 16 Epochen, von denen jedoch nur 12 Epochen Aktivität enthalten.

Die Einschätzung von Schlaf- und Wachphase hängt von der Sensitivitätsstufe des Algorithmus ab. Bei Verwendung der mittleren Sensitivität auf der Actiwatch für die Daten aus einer 1-Minuten-Epoche ist ein Gesamtwert von 40 ausreichend, um die Epoche als „Wachsein“ einzustufen.

Die aktimetrische Analyse liefert für jeweils mehrere Wochen Statistiken zu Schwankungen im Schlaf-Wachmuster, zur Schlafquantität und –qualität sowie zu Ruhe-Aktivitätsmustern am Tag (siehe Abbildung 12 und 13). Die Langzeitdaten, die mittels Aktimetrie in der häuslichen Umgebung gesammelt werden, liefern zudem Informationen über Schlaffeffizienz, Gesamtschlafzeit und Schlafbeginn und -ende, die sich mit anderen Methoden nicht ermitteln lassen.

Abbildung 11: Beispiel einer Schlafanalyse anhand aktimetrischer Ergebnisse

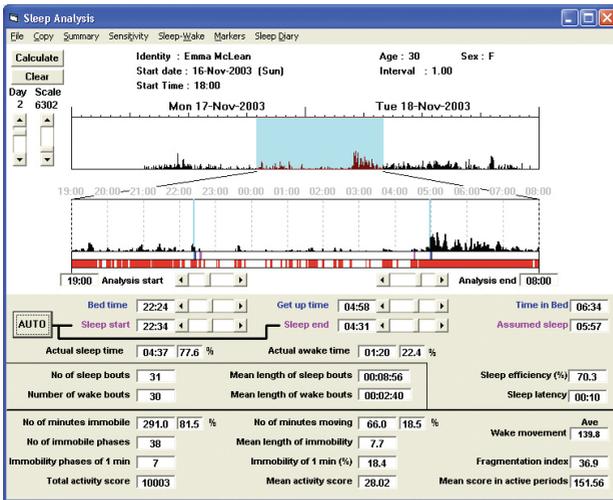
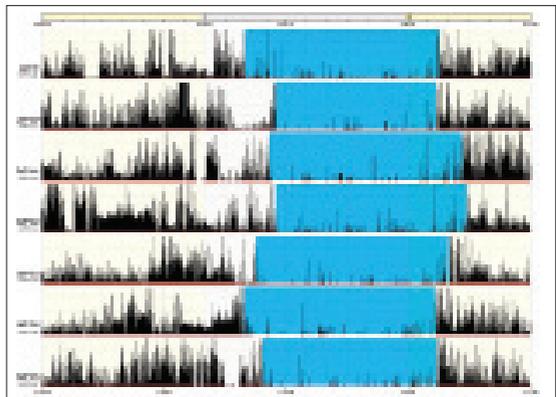
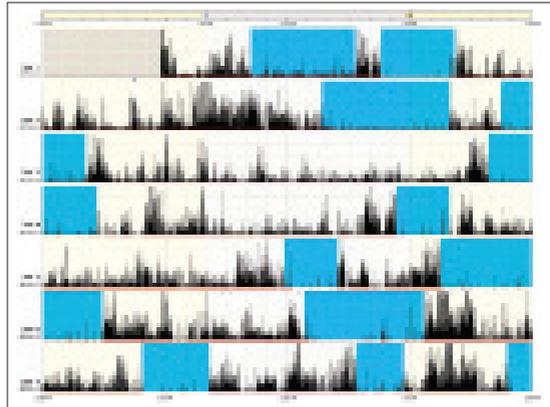


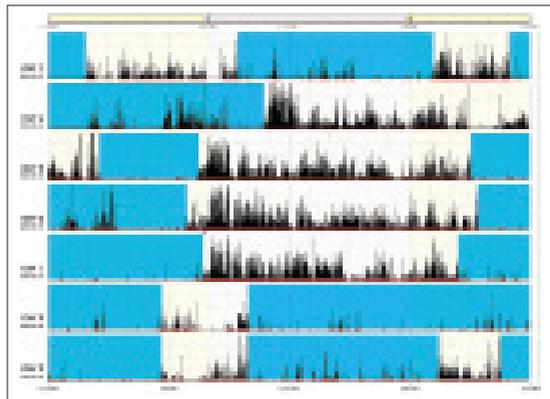
Abbildung 12: Aktimetrische Ergebnisse (von ActiWatch) Regelmäßiges Schlafmuster:



Patient mit Schlaflosigkeit:



Schichtarbeiter:



Hinweis: aquamarin = Ruheperioden / schwarz = Aktivitätsperioden

Verwendung in der Schlafmedizin

Die Aktimetrie ist nützlich zur Beurteilung von Schlaf-Wachmustern und Schlafstörungen über einen längeren Zeitraum hinweg. Sie wird eingesetzt zur ergänzenden klinischen Befundung von Schlaflosigkeit (Insomnie) [2], Störungen des zirkadianen Rhythmus [8], übermäßige Schläfrigkeit und mit periodischen Beinbewegungen assoziierten Schlafstörungen (es können Bein-Aktimeter verwendet werden). Die Aktimetrie ist insbesondere dann von Nutzen, wenn eine Eigenaufzeichnung nicht möglich ist, d. h., wenn der Patient nicht in der Lage ist, Schlafdaten genau oder zuverlässig aufzuzeichnen.

Einige Aktimeter können auch die Körpertemperatur oder Lichtverhältnisse aufzeichnen. Die Aktimetrie leistet einen wichtigen Beitrag, indem sie eine ergänzende objektive Aufzeichnung der Ruhe-Wachaktivität über mehrere Tage oder Wochen liefert. Des Weiteren lässt sich das Aktimeter einfach und praktisch ohne Aufwand für den Patienten in den Alltag integrieren. Durch Kombination der Ergebnisse aus den subjektiven Tagebüchern mit den objektiven aktimetrischen Daten lässt sich ein vollständigeres Bild des Schlafverlaufs und der Ruhe-Aktivitätsmuster des Patienten über die Zeit zeichnen.

Validität aktimetrischer Untersuchungen

An dieser Stelle werden allgemeine Schlussfolgerungen vorgestellt, der Leser wird jedoch auf die Literatur verwiesen, die weitere Informationen enthält.

Für untersuchte Systeme hat sich in Studien gezeigt, dass die Aktimetrie hilfreich ist zur Abgrenzung von Schlafmustern sowie zur Dokumentation des Therapieerfolgs bei normalen Säuglingen und Kindern (bei denen die herkömmliche Schlafüberwachung mittels Polysomnografie schwierig durchzuführen und/oder auszuwerten ist) und bei speziellen pädiatrischen Patientengruppen [3].

Die Aktimetrie kann als zuverlässiger Schlafindikator bei jungen Säuglingen herangezogen werden [4].

Des Weiteren kann die Aktimetrie, in Kombination mit der vereinfachten Polygrafie, bei der Diagnose des OSAS helfen [5].

Mediziner sollten bei der Auswertung der Gesamtschlafzeit und Schlafeffizienz die aktimetrischen Daten durch subjektive Daten ergänzen. Dies kann insbesondere bei Patienten wichtig sein, die an Störungen mit übermäßiger Schläfrigkeit leiden, wie z. B. dem obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom, dem Upper Airway Resistance Syndrome (UARS), periodischen Beinbewegungen und Narkolepsie [6].

Subjektive Daten scheinen zur Dokumentierung einer Schlaffragmentierung weniger sensitiv zu sein als die Aktimetrie, insbesondere bei Patienten, die an Schlaflosigkeit leiden [7].

Literatur

- [1] Butkov N., Lee-Chiong T.: Fundamentals of Sleep Technology. Lippincott Williams & Wilkins, 2007
- [2] Sadeh A., Hauri P. J., Kripke D. F. et al: The role of actigraphy in the evaluation of sleep disorders. In: Sleep, 18 (4), 1995, 288–302
- [3] American Sleep Disorders Association: Practice parameters for the use of actigraphy in the clinical assessment of sleep disorders. In: Sleep, 18 (4), Mai 1995, 285–7
- [4] So K., Buckley P., Adamson T. M., Horne R.S.: Actigraphy correctly predicts sleep behavior in infants who are younger than six months, when compared with polysomnography. In: Pediatr. Res., 58 (4), Oktober 2005, 761–765
- [5] Elbaz M. et al.: Utility of actigraphy in the diagnosis of OSA. In: Sleep, 25 (5), 2002, 527–31
- [6] Kushida et al.: Comparison of actigraphic, polysomnographic, and subjective assessment of sleep parameters in sleep-disordered patients. In: Sleep Medicine, 2, 2001, 389–396
- [7] Chambers M. J.: Actigraphy and insomnia: a closer look. Part I. In: Sleep, 17 (5), 1994, 405–408
- [8] Morgenthaler et al.: Practice Parameters for the Use of Actigraphy. In: SLEEP 2007, Vol. 30, No. 4.

C. Ursprung und praktische Aspekte der physiologischen Messung bei der Polygrafie und Polysomnografie

Die Polysomnografie (PSG) ist die wichtigste Labortechnik zur Beurteilung von Schlaf und den assoziierten Störungen. Bei der PSG werden während des Schlafs mehrere physiologische Messgrößen gleichzeitig aufgezeichnet. Die Anbringung der Elektroden und Sensoren ist der wichtigste Teil der Schlafuntersuchung, um eine gute Qualität der Daten sicherzustellen.



Tipps

- Es ist wichtig, gut vorbereitet zu sein. Haben Sie alle Geräte und Materialien vorbereitet und griffbereit zur Hand.

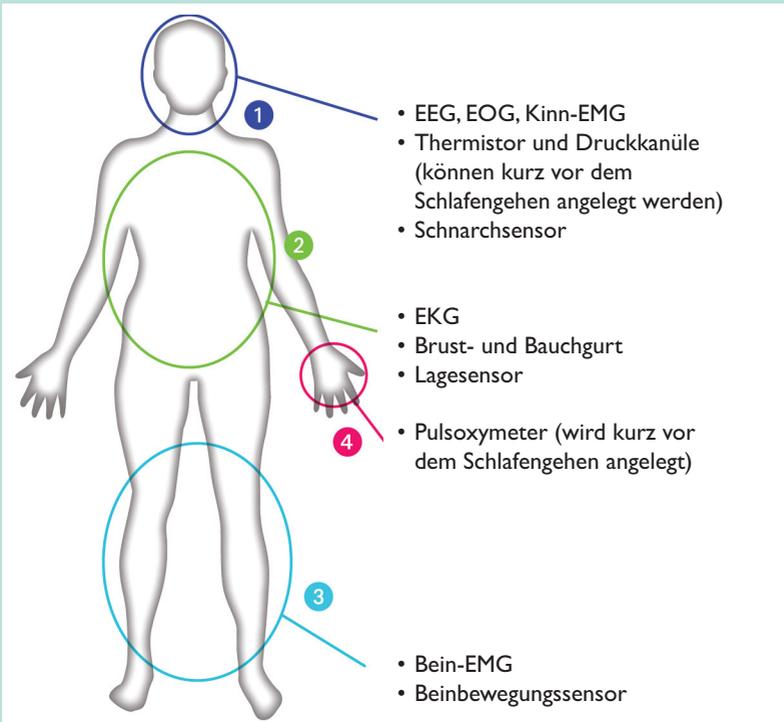
Tabelle 4: Grundausrüstung zur Durchführung einer Polysomnografie

Allgemein	EEG, EOG und EMG	EEG	EKG	Bein-EMG
<ul style="list-style-type: none"> • Latexfreie Handschuhe • Schere • Medizinisches Klebeband • Impedanzmessgerät (optional) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kopfhaut-, Gesichtselektroden • Alkoholtücher (Kodan-Spray) • Abrasive Hautvorbereitung (NuPrep) • Wattestäbchen • EEG-Leitpaste (Ten20) • Tupfer 4x4 • Medizinisches Klebeband • Elastischer Netzverband (optional) 	<ul style="list-style-type: none"> • Markerstift für EEG • Maßband • EC2-Paste • Schema 10-20-System 	<ul style="list-style-type: none"> • Einmal-EKG-Elektroden • Einrastbare Pads 	<ul style="list-style-type: none"> • Gold-Cup-Elektroden (extralange) • Ableitungskabel: ca. 180 cm

Kodan ist eine Marke von Schülke & Mayr. NuPrep und Ten20 sind Marken von D. O. Weaver & Co. EC2 ist eine Marke der Grass Product Group.

- Gehen Sie bei Durchführung dieser Tests stets in der gleichen Reihenfolge vor. Dadurch erzielen Sie eine höhere Effizienz und verkürzen das Verfahren.

Unten wird eine vorgeschlagene Abfolge für die Durchführung einer Polysomnografie dargestellt:



- Sprechen Sie dem Patienten zu und erläutern Sie, welche Messgröße jeder Sensor misst.

Biokalibrierung

Die Biokalibrierung ist eine Reihe von Tests, die vor Beginn einer Untersuchung durchgeführt werden, um die Korrektheit der Eingangsableitungen und die Signalqualität zu überprüfen [1]. Es ist wichtig, sie aufzuzeichnen, um die Bewertung und Interpretation zu erleichtern.

Tabelle 5: Biokalibrierung

Test	Anleitung	Dauer der Biokalibrierung	Qualitativ gutes Signal
EEG	Mit geöffneten und dann mit geschlossenen Augen entspannen.	Mind. jeweils 30 Sekunden	Bei geschlossenen Augen dominieren typischerweise Alpha-Wellen in den okzipitalen Kanälen.
EOG	<ul style="list-style-type: none"> • Augen nach links und rechts, dann nach oben und unten bewegen. • Zwinkern. 	Mehrere Male während eines 30-Sekunden-Intervalls	Deutliche Ausschläge und gegenläufige Signale.
Kinn-EMG	<ul style="list-style-type: none"> • Zähne zusammenbeißen. • Entspannen. 	• 5–10 Sekunden	<ul style="list-style-type: none"> • Die EMG-Amplitude muss größer werden. • Sicherstellen, dass die EMG-Aufzeichnung eine ausreichende Menge an Grundlinien-Muskeltonus zeigt (Amplitude mind. 0,5 cm).
Respiratorische Kanäle	<ul style="list-style-type: none"> • Durch den Mund ein- und ausatmen. • Durch die Nase ein- und ausatmen. • Atem anhalten. 	<ul style="list-style-type: none"> • 15 Sekunden • 15 Sekunden • 5 Sekunden 	<ul style="list-style-type: none"> • Bei normaler Atmung sollten die Atemflusskanäle eine saubere Sinuswelle zeigen. Alle Kanäle für Atemfluss und Atemanstrengung sollten phasengleich sein. • Während der Atemanhaltephase sollten die respiratorischen Kanäle eine Nulllinie zeigen.
Schnarchsensor	Laut bis fünf zählen.		Hoher Grad an Ablenkung.
EKG			Überprüfen, dass die Polarität des EKG-Signals nicht umgekehrt ist.
Lagesensor	Körperlage ändern: links, rechts, Rücken-, Bauchlage.		Alle Lagen werden korrekt angezeigt.
Bein-EMG	<ul style="list-style-type: none"> • Linken Zeh/linkes Bein beugen. • Rechten Zeh/rechtes Bein beugen. 	• Jeweils 5–10 Sekunden	Vermehrte Aktivität (Burst) in der Aufzeichnung für jedes Bein.
Oxymetrie			Bei normaler Atmung sollte die Signalkurve bei über 90 % SpO ₂ flach verlaufen.

Hinweis: Gähnen, Schlucken und Kauen können den Muskeltonus in der Kinnregion ebenfalls erhöhen.

1. EEG

Schlaf wird in zwei Formen unterteilt: orthodoxer (NREM-)Schlaf und paradoxer (REM-) Schlaf. Diese werden durch eine Kombination von Parametern, darunter Elektroenzephalografie (EEG), Elektrookulografie (EOG) und Elektromyografie (EMG) definiert.

Der NREM-Schlaf wird in drei Stadien (N1, N2 und N3) unterteilt [AASM 2007].

Zur Identifizierung dieser verschiedenen Formen und Stadien, einschließlich Wachzustand, werden auf der Kopfhaut Elektroden in symmetrischer Anordnung angebracht. Die Elektroden messen sehr geringe Spannungen, die aufgrund der synchronisierten Aktivität in einer großen Anzahl von Synapsen in den äußeren Schichten des Gehirns (zerebraler Cortex) auftreten. EEG-Daten werden als Wellenformen dargestellt, die anhand ihrer Amplitude und Frequenz klassifiziert werden.

Amplitude bezieht sich auf die senkrechte Höhe der Welle, gemessen in Mikrovolt.

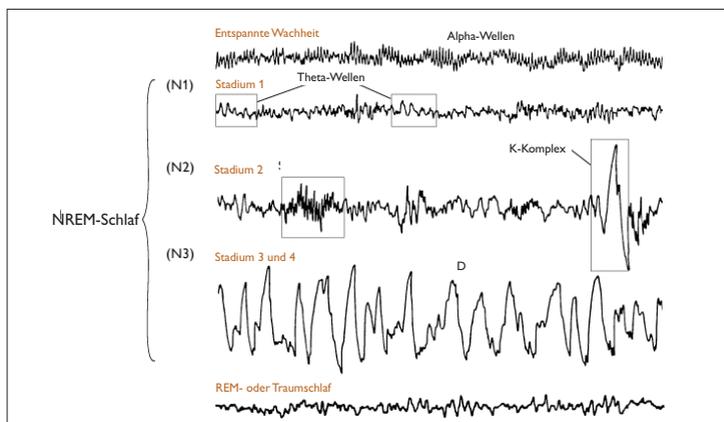
Frequenz bezieht sich auf die Anzahl der Wellen pro 1 Sekunde, gemessen als Zyklen pro Sekunde oder Hertz (Hz).

Eine **Zeitkonstante** gibt den Zeitraum an, die der Strom oder die Spannung benötigt, um um zwei Drittel seiner/ihrer Amplitude abzusinken oder anzusteigen. Die Zeitkonstante wird durch den Hochpassfilter bestimmt.

Filter werden eingesetzt, um bestimmte Frequenzen passieren zu lassen und andere abzuschwächen.

- **Hochpassfilter:** Ein Filter, der Frequenzen über einem bestimmten Wert passieren lässt und unter diesem Wert liegende Frequenzen abschwächt.
- **Tiefpassfilter:** Ein Filter, der Frequenzen unter einem bestimmten Wert passieren lässt und über diesem Wert liegende Frequenzen abschwächt.

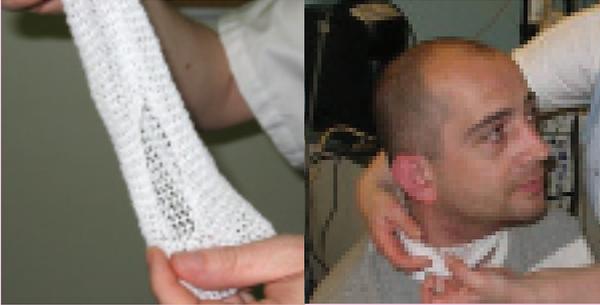
Abbildung 13: EEG-Hirnstrommuster während des Schlafs [2]





Beste Vorgehensweise

- 1) Legen Sie einen elastischen Netzschlauchverband um den Hals des Patienten. Dieser dient zum Fixieren der EEG-Elektroden (optional).



- 2) Wischen Sie ggf. Rückstände von Haargel oder -spray mit einem Tupfer, der mit Alkohol (Kodan-Spray) benetzt wurde, weg.

3) Vorbereitung der Haut des Patienten vor Anbringen der Elektroden (auch verfügbar für EOG, EKG und EMG)

Reiben Sie zuerst die Stelle, an der die Elektrode platziert werden soll, leicht ab. Verwenden Sie hierzu eine kleine Menge NuPrep⁷ (abrasives Gel zur Vorbereitung der Haut) und einen Tupfer. Durch die Abreibung wird der elektrische Widerstand der Haut verringert und damit eine gute Signalqualität sichergestellt.



⁷ Ref. 8052: Vorbereitungsgel für EEG-Elektroden (NuPrep)

Wischen Sie das abrasive Gel, das nicht leitend ist, mit einem mit Alkohol (Kodan-Spray) benetzten Tupfer ab.



4) Anbringen der Elektroden

Füllen Sie den Napf der Elektrode⁷ mit Leitpaste Ten20⁸ (es kann auch die Elektrodencreme EC2 verwendet werden) und drücken Sie sie fest auf die vorbereitete Stelle. Über den dickflüssigen Elektrolyten haftet die Elektrode auf der Haut. Zur besseren Haftung kann eine kleine Menge EC2 auf einen Tupfer aufgetragen werden, der dann über der Elektrode platziert wird.



Gold-Cup-Elektrode
Ten20 (oder EC2)

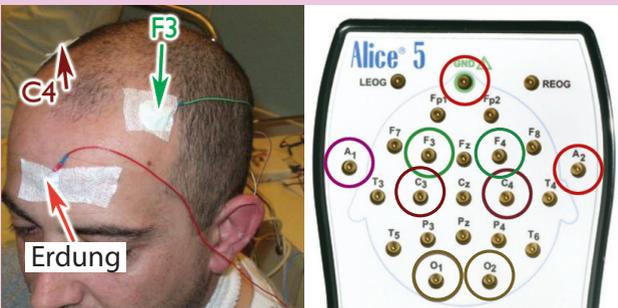
EC2

Bringen Sie den gefüllten Napf an der korrekten Stelle an, und legen Sie anschließend den Tupfer (wie oben beschrieben) darüber.

8 Ref. 1020971: EEG-/EMG-/IEOG-Ableitungskabel 1,20 m
Ref. 1016339: EEG-/EMG-/IEOG-Ableitungskabel 1,80 m (empfohlen für Bein-EMG)
Ref. 1020972: EEG-/EMG-/IEOG-Ableitungskabel 2,40 m
Ref. 1020970: EEG-/EMG-/IEOG-Ableitungskabel 3 m
9 Ref. 8051 : EEG-Elektrodencreme (Ten20)



Platzieren Sie alle EEG-Elektroden gemäß der oben erläuterten Vorgehensweise zur Hautvorbereitung. Die Erdungselektrode sollte mit medizinischem Klebeband befestigt werden. Schließen Sie zum Schluss die Kabel entsprechend den ausgewählten Ableitungen an das Diagnosegerät an.



Hinweis: A1 und A2 stehen für die Referenzelektroden und können auch für Referenzelektroden auf dem Mastoid (M1, M2) verwendet werden.



• **Platzierung der Mastoid-/Referenzelektroden:**

Die Referenzelektroden M1 und M2 werden an den Mastoiden platziert. Um Artefakte möglichst gering zu halten, sollten die Elektroden über der flachsten und knöchigsten Stelle platziert werden.

• **Platzierung der Erdungselektrode:**

Die genaue Position der Erdungselektrode ist nicht von entscheidender Bedeutung, Bereiche mit tiefen Furchen oder Falten sollten jedoch nach Möglichkeit vermieden werden. Gut eignet sich eine flache Stelle unmittelbar unter dem Haaransatz.

• **Vorbereitung der Elektrodenpositionen:**

Reinigen Sie nur einen kleinen Bereich (nicht größer als die Elektrode).

• **Handhabung der Elektrodenkabel:**

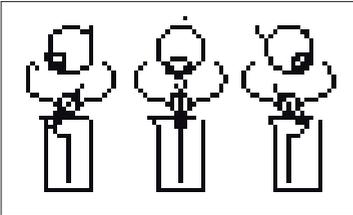
- Bringen Sie alle Elektroden so an, dass die weghängenden Kabel in die gleiche Richtung zeigen, zum Beispiel zur Ober- oder Rückseite des Kopfes. Nachdem die Elektroden auf dem Gesicht und der Kopfhaut angebracht wurden, führen Sie alle Kabel in einem Pferdeschwanz zusammen. Ziehen Sie dabei nicht zu fest an den Kabeln.
- Bündeln Sie die Kabel und fixieren Sie sie alle 10 bis 15 cm mit Klebeband- oder Klettbandstreifen, sodass sie sich nicht verwickeln können.

2. EOG

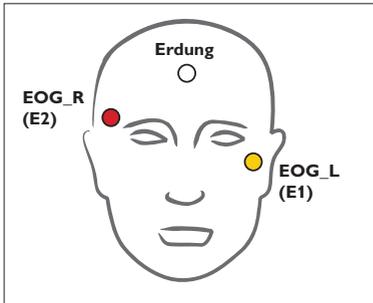
Die Elektrookulografie (EOG) misst die Augenaktivität. Hierbei wird der elektrische Spannungsunterschied zwischen Hornhaut und Netzhaut gemessen (die Hornhaut ist elektropositiv, während die Netzhaut negativ geladen ist).

Die EOG wird zu zwei Zwecken durchgeführt. Zum einen soll die schnelle Augenbewegung während des REM-Schlafs aufgezeichnet werden, zum anderen soll das Einschlafstadium untersucht werden, das durch rollende Augenbewegungen gekennzeichnet ist.

Abbildung 14: Prinzip der EOG [4]



Es können zwei Elektroden verwendet werden (die Erdungselektrode ist dieselbe wie für das EEG). Die empfohlenen Ableitorte sind E1-M2 und E2-M1, es können jedoch auch andere verwendet werden (siehe AASM-Richtlinien).



- E1 wird 1 cm unterhalb des linken äußeren Augenwinkels platziert.
- E2 wird 1 cm über dem rechten äußeren Augenwinkel platziert.



1. Vorbereitung der Haut des Patienten zum Anbringen der Elektroden

Platzieren Sie die beiden EOG-Elektroden gemäß der für das EEG erläuterten Vorgehensweise zur Hautvorbereitung.

Reiben Sie jede Messstelle leicht mit NuPrep ab (der Bereich um die Augen ist äußerst empfindlich) und reinigen Sie sie mit Kodan-Spray.

2. Anbringen der Elektroden

Füllen Sie jeden Elektrodennapf mit Ten20. Bringen Sie die Elektroden an den vorbereiteten Stellen an, fixieren Sie sie mit Klebeband und führen Sie alle Kabel zusammen.



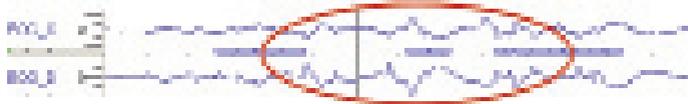
Schließen Sie zum Schluss die beiden Kabel (rechtes und linkes EOG) an das Diagnosegerät an.



Tipps

Platzieren Sie die EOG-Elektroden nicht direkt über den Schläfen, da ansonsten EKG-Aktivität aufgezeichnet wird.

Beispiele für qualitativ gute Signale, wenn der Patient nach links und dann rechts blickt:



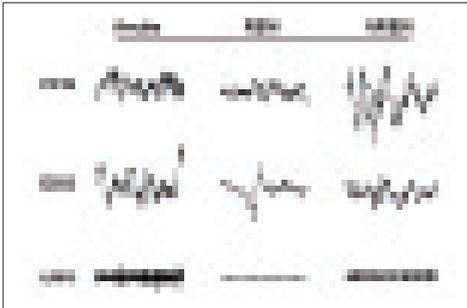
3. Kinn-EMG

Bei der Elektromyografie (EMG) wird der Tonus der Kinnmuskulatur am M. mentalis und M. submentalis aufgezeichnet.

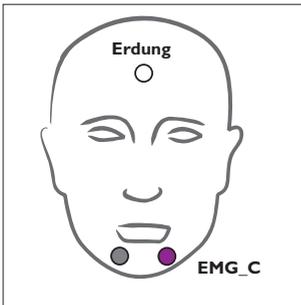
Die Kinn-EMG ist ein zwingend erforderlicher Aufzeichnungsparameter zur Einstufung der Schlafstadien (REM gegenüber NREM) und spielt eine entscheidende Rolle bei der Ermittlung des Einsetzens der REM-Phase. Der Muskeltonus nimmt während des Schlafs ab, wobei die größte Abnahme während der REM-Phase auftritt.

EEG, EOG und Kinn-EMG werden gleichzeitig aufgezeichnet und bilden die Grundlage zur Einteilung der unterschiedlichen Schlafformen und -stadien.

Abbildung 15: Typische EEG-, EOG- und EMG-Muster für Wachzustand, REM-Schlaf und NREM-Schlaf. Jedes der neun Muster wurde über einen Zeitraum von etwa drei Sekunden aufgezeichnet [5].



Auch hier sind mehrere Ableitungen möglich. In unten stehendem Beispiel werden zwei Ableitelektroden verwendet. Gemäß den AASM-Richtlinien sollten drei Ableitelektroden platziert werden: zwei zur Aufzeichnung und eine dritte als Reserveelektrode, falls eine der anderen beiden ausfällt. Die Erdungselektrode ist dieselbe wie bei der EEG (in der Mitte der Stirn).



- Eine der Kinnelektroden sollte 2 cm links vom Mittelpunkt platziert werden.
- Die andere Kinnelektrode wird 2 cm rechts vom Mittelpunkt platziert.
- Beide Elektroden werden 1 cm über der Kinnlinie angebracht.



Beste Vorgehensweise

1. Vorbereitung der Haut des Patienten zum Anbringen der Elektroden

Platzieren Sie die beiden EMG-Elektroden gemäß der für das EEG erläuterten Vorgehensweise zur Hautvorbereitung.

Reiben Sie jede Messstelle mit NuPrep ab (rasieren Sie den Patienten ggf. zuerst) und reinigen Sie sie mit Kodan-Spray.

2. Anbringen der Elektroden

Bringen Sie den mit Elektrodencreme (Ten20 oder EC2) gefüllten Napf an der korrekten Stelle an und befestigen Sie die Elektrode mit Klebeband.



Schließen Sie zum Schluss die beiden Kabel am Verstärker an.

Hinweis: Für die Kinn-EMG-Elektroden kann entweder – oder + verwendet werden.



Tipps

Die Kinn-EMG-Aufzeichnungen sollten im entspannten Wachzustand Amplituden von mindestens 0,5 cm zeigen, um die Abnahme der Amplitude während des Einsetzens des REM-Schlafs deutlich erkennen zu können.

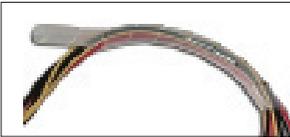
Beispiel eines qualitativ guten Kinn-EMG-Signals, wenn der Patient mit den Zähnen knirscht:



NACH ANBRINGEN ALLER SENSOREN:

Ähnlich wie die Gesichts- und Kopfhautelektroden müssen auch die Körperelektroden und –sensoren effektiv gehandhabt werden, indem sie an einem gemeinsamen Befestigungspunkt (z. B. auf der Schulter des Patienten) zusammengeführt werden. Zu diesem Zweck kann eine Spiralumhüllung verwendet werden.

Die Kabel können durch die Nachtbekleidung des Patienten nach oben geführt werden. Ziehen Sie dabei nicht zu fest an den Kabeln und lassen Sie sie ausreichend locker, sodass noch Bewegungen möglich sind. Bündeln Sie die Kabel wie zuvor, und fixieren Sie sie alle 10 bis 15 cm mit Klebeband- oder Klettbandstreifen.



4. Atemfluss

Zur Differenzierung schlafbezogener Atmungsstörungen müssen sowohl Atemfluss als auch Atemanstrengung aufgezeichnet werden.

Zur Aufzeichnung des Atemflusses werden für gewöhnlich Temperatursensoren (Thermistoren, Thermoelemente) eingesetzt. Die nicht quantitativen Signale basieren auf dem Temperaturunterschied zwischen eingeatmeter und ausgeatmeter Luft.

1. Messung über den Wärmefluss

Bei Verwendung eines Thermistors oder Thermoelements wird über der Oberlippe ein Sensor platziert, der zur Detektion von Temperaturänderungen für gewöhnlich drei Drähte verwendet. Jeweils ein Draht wird vor jedem Nasenloch und der dritte Draht vor dem Mund positioniert. Ausgeatmete Luft, die vom Körper erwärmt wurde, wärmt den Sensor auf. Eingeatmete Luft, die aus der Umgebung stammt, kühlt den Sensor. Die Temperaturänderungen werden dann in ein Signal umgewandelt, das Schwankungen des Atemflusses anzeigt und auf dem Polysomnogramm als Atemfluss aufgezeichnet wird.

Zur Bewertung von Apnoen werden oronasale Temperatursensoren empfohlen (siehe AASM-Empfehlungen). Zusammen mit einem Druckmessgerät sind diese nützlich zur Detektion des Atemflusses aus dem Mund.

Abbildung 16: Thermistoren⁹ (für Erwachsene, Kinder und Neugeborene)



Einschränkungen:

Bei Verwendung dieser Geräte können einige Probleme auftreten. Umgebungsbedingungen können die Genauigkeit der Messwerte beeinträchtigen, zum Beispiel wenn der Temperaturunterschied minimal ist, beispielsweise in einem warmen Raum oder einem Raum mit einem oszillierenden Ventilator oder einem Ventilator, der auf den Patienten gerichtet ist.

Die Auswertung der Signale kann schwierig und die Ergebnisse können ungenau sein. Wenn ein Temperatursensor zusammen mit einem Überdruckgerät eingesetzt wird, kann die Luft, die durch die Maske fließt, so verdünnt werden, dass sie nur schwierig oder gar nicht ausgewertet werden kann.

Zudem ist es schwierig, mit diesen Geräten Schnarchen oder Atemflusseinschränkungen aufzuzeichnen.

¹⁰ Ref. P1274 : Atemfluss-Thermistor groß, Erwachsene, 1,5 mm

Ref. P1336: Atemfluss-Thermistor, Kinder

Ref. P1337: Atemfluss-Thermistor, Neugeborene



Beste Vorgehensweise

Der Temperatursensor wird direkt unter der Nase des Patienten angebracht, wobei sich je ein Stutzen direkt unterhalb eines jeden Nasenlochs befinden sollte. Das kleine Mundstück, das als Erweiterung nach unten hängt, wird vor dem geschlossenen Mund platziert, sodass es den Atemfluss detektieren kann, wenn der Mund geöffnet ist.

Fixieren Sie den Sensor, indem Sie die Drähte um die Ohren herum führen und unter dem Kinn zusammenführen. Verschieben Sie hierzu das Verbindungsstück, das den Temperatursensor fixiert.

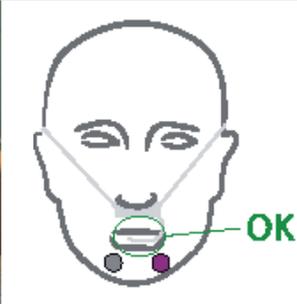
Zusätzlich können die Drähte mit Klebeband an den Wangen befestigt werden, um zu verhindern, dass sich der Sensor verlagert.





Tipps

Das kleine Mundstück, das als Erweiterung nach unten hängt, sollte **vor dem geschlossenen Mund** platziert werden, sodass es den Atemfluss detektieren kann, wenn der Mund geöffnet ist.



Es wird empfohlen, das Mundstück wie unten beschrieben mit Klebeband zu befestigen (siehe Drucksensoren).

Beispiel für ein qualitativ gutes Signal:



Normale Atmung erscheint als eine Reihe relativ gleicher „sinusförmiger“ Wellenformen.

Wird nur das Wärmefluss-signal berücksichtigt, werden möglicherweise wichtige diagnostische Daten übersehen. Der Drucksensor ist äußerst genau und empfindlich gegenüber Änderungen des Atemflusses. Daher wird zur Identifizierung von **Hypopnoen** ein **Messgerät für den nasalen Atemdruck** empfohlen.

2. Drucksensor

Dieser Drucksensor verwendet eine Nasenkanüle, die an einen hochempfindlichen Druckwandler angeschlossen ist und ein qualitativ gutes Signal ausgibt, das mit dem eines Pneumotachografen sehr nahe kommt (der genauesten Methode zur quantitativen Messung des Atemflusses, deren Verwendung in einer klinischen Umgebung jedoch nicht realistisch ist). Die Mund-/Nasenstutzen können zur Überwachung der Mundatmung eingesetzt werden. Die Spitze der Mundkanüle sollte gekürzt werden, sodass sie an der Stelle zu liegen kommt, an der Ober- und Unterlippe aufeinander liegen.



Beste Vorgehensweise

Die Kanüle¹¹ wird auf die gleiche Weise platziert wie der Temperatursensor (siehe Beschreibung oben).

Bringen Sie 2 cm neben der Nase medizinisches Klebeband an, um die Stabilität der Kanüle während der Nacht sicherzustellen.



Beispiel für ein qualitativ gutes Signal:



Beispiel für die Detektion von Apnoen (rote Linien):

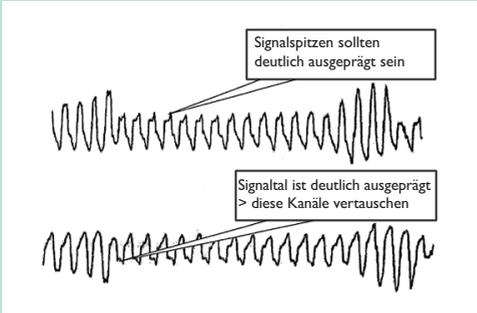


¹¹ Ref. P1301: Pro-Flow, Erwachsene, 10 Stk. pro Packung
Ref. P1302: Pro-Flow, Kinder, 10 Stk. pro Packung
Ref. P1303: Pro-Flow, Kinder klein, 10 Stk. pro Packung



Tipps

- Überprüfen Sie stets die Polarität der Nasendrucksensoren:



- Liste häufiger Probleme bei Verwendung einer Kanüle:

Häufige Probleme	Mögliche Ursachen	Mögliche Lösungen
Verlust des inspiratorischen oder expiratorischen Atemflusses oder vollständiger Verlust des Signals	Stutzen rutschen aus den Nasenlöchern.	Kanüle mit Klebeband fixieren.
	Stutzen sind zu lang, liegen möglicherweise an der Nasenschleimhaut an.	Stutzen können gekürzt werden.
	Der Patient leidet an starkem Ausfluss von Nasensekret; das Sekret kann das Lumen der Nasenkanüle vollständig verstopfen.	Kanüle auswechseln.
Das Signal ist schlecht oder scheinbar chaotisch.	Die Batterien des Druckwandlers sind möglicherweise leer.	Sicherstellen, dass die Batterien neu sind, oder auswechseln.
	Die Filtereinstellungen für den AC-Verstärker sind möglicherweise falsch.	Max. zulässige Einstellung = 0,05 Hz, Hochpassfilter entspr. Zeitkonstante = 3 s.

Hinweis: AC steht für Wechselstrom und DC für Gleichstrom.

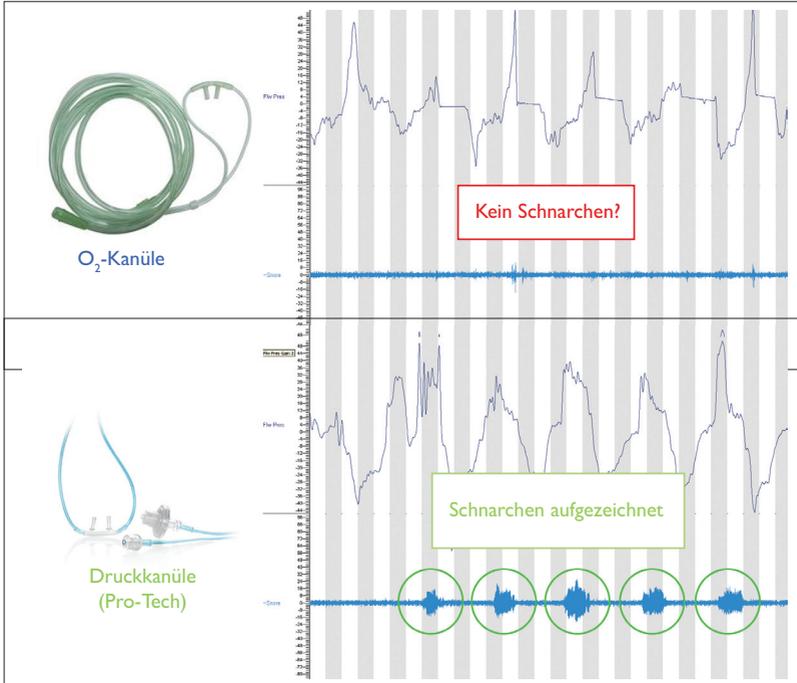
Häufig gestellte Fragen

• Kann ich statt einer Nasendruckkanüle auch eine Sauerstoffkanüle verwenden?

Ja, aber...

Eine Nasendruckkanüle ist wesentlich empfindlicher als eine einfache Sauerstoffkanüle, insbesondere bei der Detektion von Schnarchen. Außerdem ist es besser, eine Nasendruckkanüle mit einem Filter zu verwenden. Dieses Filter schützt den Sensor vor Feuchtigkeit.

Beispiele für Signale, wobei der Patient in beiden Fällen schnarcht:



• Können expiratorisches CO₂ und das Nasendruckkanüle gleichzeitig eingesetzt werden?

Da sowohl expiratorisches CO₂ als auch das Nasendruck-Atemflusssystem eine Nasenkanüle verwenden, müsste in diesem Fall eine **doppellumige Kanüle** eingesetzt werden. Diese sind im Handel erhältlich.

Nachdem alle Sensoren am Kopf des Patienten angebracht wurden, können diese mit einem elastischen Netzschlauchverband fixiert werden (optional). Schneiden Sie den Verband zu und verknoten Sie ihn oben am Kopf.



5. Schnarchsensoren

Schnarchen ist ein niederfrequentes Geräusch, das durch Vibrationen der oberen Atemwege während des Schlafs erzeugt wird.

Habituelles starkes Schnarchen ist das häufigste Symptom, das beim Upper Airway Resistance Syndrome (UARS) und beim obstruktiven Schlafapnoe- und Hypopnoe-Syndrom (OSAHS) auftritt.

1. Mikrofon

Ein Mikrofon ist ein einfaches Instrument zur Aufzeichnung der vom Patienten erzeugten Schnarchgeräusche.

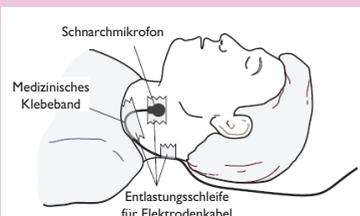
Abbildung 17: Schnarchmikrofon Pro-Tech¹²



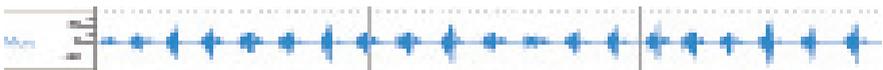
Beste Vorgehensweise

Befestigen Sie das Schnarchmikrofon am Hals des Patienten, seitlich vom Kehlkopf, um einen maximalen Signalausgang zu erzielen (das Pro-Tech-Logo sollte vom Patienten weg zeigen).

Das Ableitungskabel sollte zu einer Schleife geformt und mit Klebeband fixiert werden, um für eine zusätzliche Zugentlastung zu sorgen, falls der Patient am Kabel zieht.



Beispiel eines qualitativ guten Signals, wenn der Patient schnarcht:

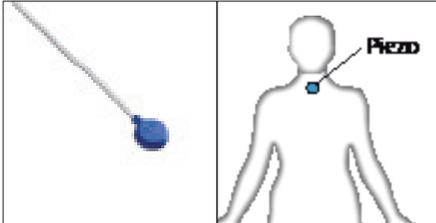


¹² Ref. P1716: Schnarchmikrofon

2. Piezo-Schnarchsensoren

Mit einem Piezo-Schnarchsensoren können Schnarchvibrationen seitlich am Hals aufgezeichnet werden, indem diese Vibrationen in verschiedene Spannungen umgewandelt werden.

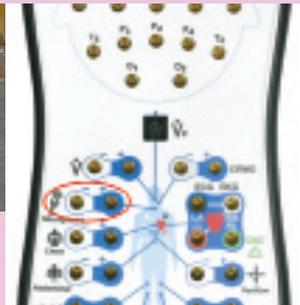
Abbildung 18: Piezo-Schnarchsensoren Pro-Tech¹³



Beste Vorgehensweise

Platzieren Sie den Sensor in einem Bereich am Hals, in dem das Aufzeichnungsgerät ein maximales Signal erfassen kann. Das Sensor- und Ableitungskabel sollten mit medizinischem Klebeband sorgfältig fixiert werden.

Die Kehle bietet eine Reihe von Positionen, an denen der Sensor platziert werden kann, platzieren Sie ihn jedoch nicht direkt über der Halsschlagader, da ansonsten ein EKG aufgezeichnet wird und Pulsgeräusche die Geräusche des Atemflusses überdecken können. Schließen Sie den Sensor am Diagnosegerät an.



Tipps

Um die beste Position zu ermitteln, legen Sie zwei Finger auf die Kehle des Patienten und bitten Sie sie/ihn zu summen. Der Sensor sollte über der Stelle mit der stärksten Vibration platziert und befestigt werden.

¹³ Ref. P1696 : Piezo-Schnarchsensoren

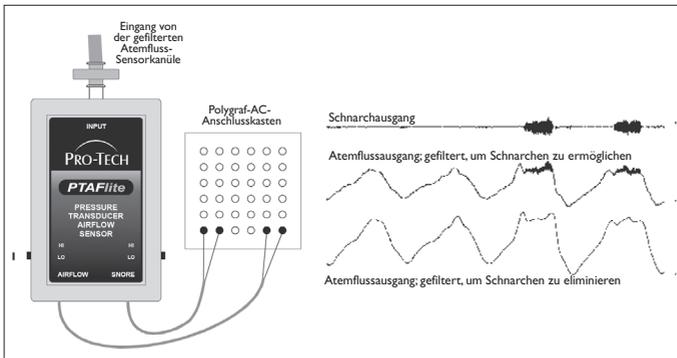
3. Nasendruckkanüle

Wenn das Signal von der Nasendruckkanüle gefiltert wird, wird das Schnarchsignal dem Atemfluss überlagert.

Da Schnarchen eine höhere Frequenz (10 bis 70 Hz) hat als der Atemfluss (0,05 bis 5 Hz), lässt sich Schnarchen durch Filtern des Signals von der Nasendruckkanüle erfassen.

Der PTAF Lite¹⁴ ist ein kleiner Druckwandler mit zwei verschiedenen Ausgängen. Das gefilterte Ausgangssignal besteht aus dem Atemfluss überlagertem Schnarchen. Wenn es bei gefiltertem Signal zu Schnarchen mit Flusslimitierungen kommt, flacht sich die Wellenform ab.

Einstellungen für Polygraf und PTAF Lite	Atemfluss	Schnarchen
Hochfrequenzfilter	5 Hz oder höher	70 Hz oder höher
Niederfrequenzfilter (Zeitkonstante)	0,05 Hz oder niedriger (3 Sek. oder länger)	10 Hz oder niedriger (0,016 Sek. oder länger)
Abtastrate	10 Hz oder höher	70 Hz oder höher
Empfindlichkeit	50 μ V/mm	50 μ V/mm



¹⁴ Ref. P1304: PTAF Lite für Alice 5

6. EKG

Bei der Elektrokardiografie (EKG) werden die Veränderungen des Spannungspotenzials in den Zellen, die durch die Herzaktivität verursacht werden, über Hautelektroden aufgezeichnet.

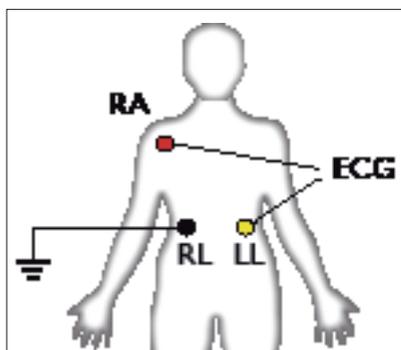
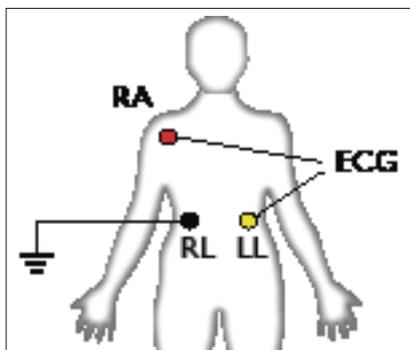
Die Aufzeichnung der elektrischen Herzaktivität dient zur:

- Messung der Herzfrequenz und Erkennung von Anzeichen für Herzrhythmusstörungen, die mit Schlafstörungen assoziiert sein können,
- Bestätigung bestimmter Schlafereignisse wie Weckreaktionen,
- Messung der Pulstransitzeit.

Um mögliche Signaländerungen anzuzeigen, müssen die Elektroden quer über dem Herzen platziert werden. Daher können entweder an allen drei Positionen Ableitungen gelegt werden oder bei RA (rechter Arm) und LA (linker Arm) oder RA und LL (linkes Bein). Die linke Bein-elektrode muss unter Herzhöhe platziert werden.

Eine Ableitung wird circa 3 bis 5 cm unter dem rechten Schlüsselbein platziert.

Eine weitere Ableitung wird vier Zwischenrippenräume nach oben auf dem linken Brustkorb oder auf Höhe der siebten Rippe platziert.



Die Farben der Elektroden in der Darstellung sind gemäß kardiologischer Konvention und können sich von Farben der Eingänge am PSG-Verstärker unterscheiden.

Hinweis: Die Erdungselektrode wird eventuell bereits schon für das EEG verwendet. Wenn die Schlafuntersuchung jedoch kein EEG beinhaltet (z. B. bei einer respiratorischen Polygrafie), wird empfohlen, die Erdungselektrode an der RL-Position (rechtes Bein) am Torso zu platzieren. Verwenden Sie keine zwei Erdungselektroden.



1. Vorbereitung der Haut des Patienten zum Anbringen der Elektroden

Platzieren Sie die beiden EKG-Elektroden gemäß der für das EEG erläuterten Vorgehensweise zur Hautvorbereitung.

Reiben Sie jede Messstelle mit NuPrep ab (rasieren Sie den Patienten ggf. zuerst) und reinigen Sie sie mit Kodan-Spray.

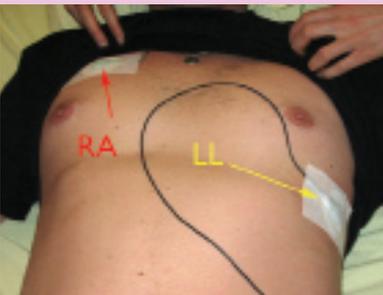
2. Anbringen der Elektroden

Verbinden Sie die Elektrode mit dem Ableitungskabel, bevor Sie sie auf der Haut des Patienten anbringen. Ziehen Sie die Folie von der Elektrode ab und kleben Sie jede der Klebeelektroden¹⁵ mit der Gelseite nach unten auf die vorbereiteten Messstellen. Fixieren Sie sie bei Bedarf mit Klebeband.

Führen Sie die Kabel durch die Nachtbekleidung des Patienten und bündeln Sie sie mit den anderen Sensoren.



Schließen Sie die Kabel¹⁶ an das Diagnosegerät an.



Beispiel für ein qualitativ gutes Signal:



15 Ref. 1016360 : EKG-Elektroden für Erwachsene (3MTM RedDotTM)

Ref. 1016361 : EKG-Elektroden für Säuglinge

16 Ref. 1016362 : EKG-Ableitungsset (4 Kabel), 1,80 m

7. Atemanstrengung

Zur Untersuchung von Atmung und Atemereignissen können Messungen der Brust- und Bauchwandbewegungen herangezogen werden. Das Hauptziel ist es, eine Atemanstrengung nachzuweisen, um zwischen einer obstruktiven Apnoe (Atemanstrengung) und einer zentralen Apnoe (keine Atemanstrengung) zu unterscheiden.

Es gibt eine Vielzahl verschiedener Methoden, die derzeit in der PSG Anwendung finden, um die Atemanstrengung zu untersuchen.

1. Ösophagusmanometrie

Dies ist eine der genauesten Methoden zur Messung der Atemanstrengung. Zum Messen des Drucks in der Speiseröhre (P_{O_s}) wird ein Druckkatheter durch die Nasenhöhle und in den Speiseröhrentrakt eingeführt, wo er während der gesamten Schlafuntersuchung verbleibt. Rhythmische Schwankungen des thorakalen Drucks in Abwesenheit eines signifikanten nasalen und oralen Atemflusses sind der beste Beweis für das Vorliegen einer obstruktiven Apnoe.

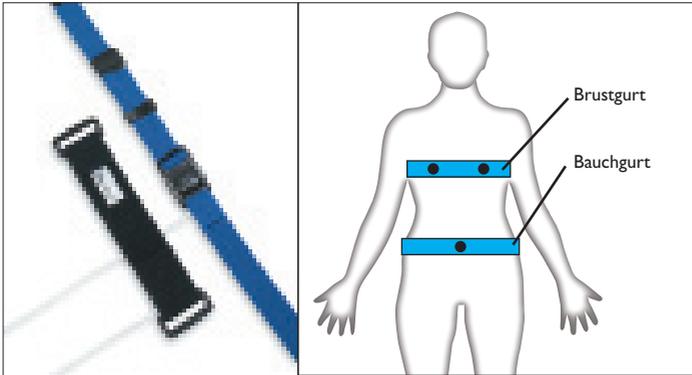
Die expiratorische oder transkutane CO_2 -Überwachung oder Pulsoxymetrie kann zwar Hinweise auf eine obstruktive Hypoventilation ergeben, doch diese Methoden übersehen viele mit Atemereignissen assoziierte Weckreaktionen, die über die P_{O_s} -Messung entdeckt werden [6]. In der klinischen Praxis wird dieses Verfahren jedoch nicht routinemäßig eingesetzt, da es invasiv und für die meisten Patienten äußerst unangenehm ist und sich die Platzierung des Katheters schwierig gestaltet.

Ein weiteres Maß für die Atemanstrengung lässt sich durch Messung der Veränderungen im thorakalen und abdominalen Volumen, der so genannten **Plethysmografie**, erfassen.

2. Elastometrische (piezoelektrische) Plethysmografie

Bei der elastometrischen Plethysmografie wird um den Brustkorb oder Bauch ein elastischer Gurt angebracht, der bei Dehnung und Kontraktion des Brustkorbs oder Bauches eine Zugänderung anzeigt. Diese Zugänderung lässt sich einfach messen und wird durch einen piezoelektrischen Sensor in Spannung umgewandelt. Bei diesem Sensor handelt es sich um einen Kristall, der bei Druck oder Dehnung direkt eine Spannung erzeugt.

Abbildung 19: Piezogurte Pro-Tech¹⁷



Vorteile:

Diese Methode ist äußerst einfach und kostengünstig.

Einschränkungen:

Bei dieser Methode können Artefakte durch Einklemmen auftreten. Man kann sich leicht vorstellen, wie ein Teil des elastischen Gurts „eingeklemmt“ wird, wenn sich der Patient von einer Seite auf die andere dreht, wodurch entlang des Gurts unterschiedlicher Zug ausgeübt wird. In der Folge kann diese Methode den tatsächlichen Grad der thorakalen oder abdominalen Bewegung erheblich unter- bzw. überschätzen. Zudem nimmt der Piezokristall nur einen sehr kleinen Abschnitt des Gurts ein. Wenn der Patient also auf dem Piezokristall liegt, kann das Signal der Atemanstrengung abgeschwächt sein oder wird gar nicht erkannt. Dies kann zu falschen Messwerten oder unerklärlichen Veränderungen der Polarität führen, wodurch falsch paradoxe Atemereignisse aufgezeichnet werden.

¹⁷ Ref. P1586 : CT2 Erwachsene Alice 5
Ref. P1587 : CT2 Kinder Alice 5

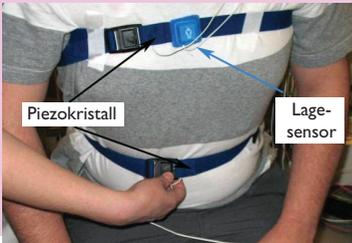


Beste Vorgehensweise

Der Brustgurt wird bei Männern um die Brust (in der Nähe der Brustwarzen) bzw. bei Frauen um den oberen Brustbereich gelegt.

Der Bauchgurt wird um den Bauch (Bauchnabel) gelegt. Der Piezokristall befindet sich in der Nähe des Verbindungsstücks und sollte an der Vorderseite des Patienten platziert werden. Um eine Bewegung des Sensors zu verhindern, fixieren Sie die Gurte mit Klebeband.

Die Gurte sollten eng genug am Patienten anliegen, um auch bei geringen thorakalen und abdominalen Bewegungen optimale Messwerte zu erzielen, jedoch nicht so eng, dass sie die Atmung des Patienten einschränken. Beim Anlegen der Gurte ist darauf zu achten, dass sie sich nicht verdrehen, da dies die Fähigkeit der Gurte, geringfügige Änderungen der Atemanstrengung zu erfassen, herabsetzen kann.



Beispiel für ein qualitativ gutes Signal:



Tipps

Bitten Sie den Patienten, die Arme zu verschränken, um festzustellen, ob der Brustgurt eng genug sitzt.



Bei Bewegung rutscht der Brustgurt nach unten

↓
Gurt festziehen



OK

3. Respiratorische Induktionsplethysmografie (zRIP™)

Die kalibrierte Induktionsplethysmografie kann eine quantitative Schätzung der thorakalen und abdominalen Bewegung liefern [7].

zRIP™ beruht auf dem Prinzip, dass ein durch eine Drahtschleife fließender Strom ein für die Ausrichtung der Schleife normales Magnetfeld erzeugt. Eine Änderung der von der Schleife eingeschlossenen Fläche führt zu einem entgegengesetzten Strom innerhalb der Schleife, der direkt proportional zu der Änderung der Fläche ist. Bei einem zRIP™-System wird eine zickzackförmige Drahtspule in einen elastischen Gurt eingenäht. Dieser Gurt kann um die Brust oder den Bauch getragen werden. Durch den Gurt wird ein Wechselstrom geschickt, wodurch ein Magnetfeld erzeugt wird. Die Atmung ändert die Form des vom Gurt erzeugten Magnetfelds und induziert so einen entgegengesetzten Strom, der messbar ist.

Vorteile:

Das erzeugte Signal ist linear und stellt die Änderung der Querschnittsfläche ziemlich genau dar. Außerdem beruht RIP nicht auf der Gurtspannung und wird somit nicht durch ein Einklemmen des Gurts beeinträchtigt.

Vorsicht:

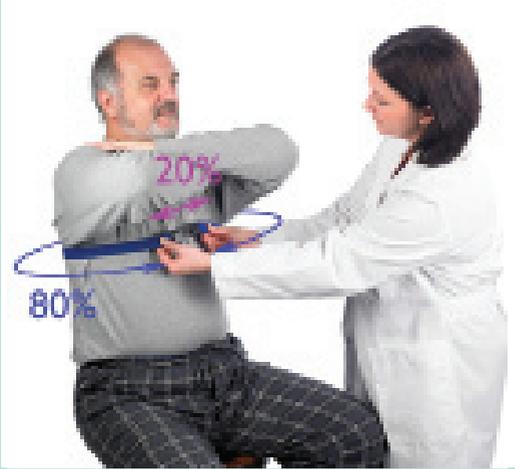
Es gibt Bedingungen, die die Genauigkeit eines zRIP™-Geräts beeinträchtigen können. Wenn die Gurte zu eng angelegt werden, sodass die tatsächliche Querschnittsänderung der Brust oder des Bauchs eingeschränkt ist, wird nicht die echte Atemanstrengung des Patienten wiedergegeben. Wenn die Gurte zu locker sitzen, können sie sich verschieben und einander überlappen.

Des Weiteren ist Vorsicht bei der Platzierung der Gurte geboten. Wenn ein zRIP™-Gurt um die Hüften gelegt wird, zeigt sich während der Zwerchfellexkursionen nur eine geringfügige oder keinerlei Veränderung der Querschnittsfläche.



Tipps

Bedecken Sie 80 % des Körperumfangs des Patienten. Die restlichen 20 % erlauben eine Dehnung des Gurts.



Hinweis: Die mathematische Summierung der Brust- und Bauchsignale ist insbesondere nützlich zur Erkennung paradoxer Atmung. Je stärker die Signale gegenphasig verlaufen, desto kleiner ist der Summenkanal.

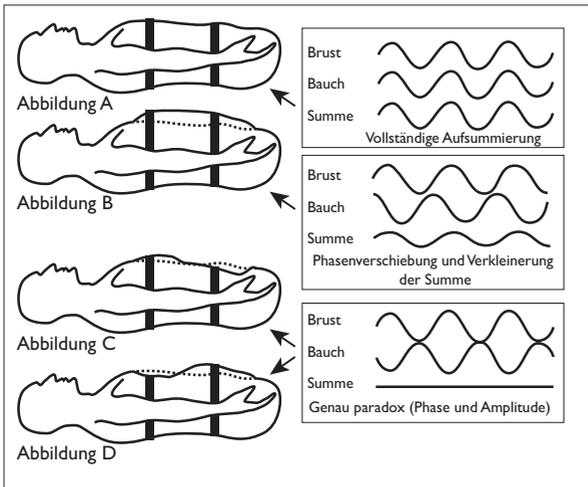


Abbildung A zeigt eine normale Atmung.

Abbildung B zeigt, was während der Phasenverschiebung geschieht, die dazu führt, dass der Summenkanal Änderungen der Wellenform zeigt.

Abbildung C und D zeigen, was geschieht, wenn ein Patient in der Nacht paradoxe Atmung aufweist, wodurch sich der Summenkanal abflacht.

8. Lagesensor

Einige Patienten zeigen lageabhängige obstruktive Apnoen. Bei Durchführung und Dokumentation einer PSG- oder CPAP-Titrationsuntersuchung ist es wichtig zu wissen, in welchen Positionen der Patient geschlafen hat – um eine eventuell lageabhängige obstruktive Schlafapnoe entsprechend zu behandeln.

Mittels eines Hakenschlalters liefert der Lagesensor ein Signal, das direkt proportional zur Schlafposition des Patienten ist (Rückenlage, Bauchlage, links, rechts oder aufrecht).

Der Lagesensor wird am Brustgurt platziert.

Abbildung 20: Lagesensor Pro-Tech¹⁸



Hinweis: Das Gerät Alice PDx enthält einen integrierten Lagesensor.

¹⁸ Ref. P1694 : Lagesensor Alice 5

9. Beinbewegungssensor

Der Beinbewegungssensor ist hilfreich bei der Diagnose von periodischen Beinbewegungen im Schlaf (Periodic Limb Movements in Sleep, PLMS), mit einem Atemereignis assoziierten Beinbewegungen und mit nächtlichen Krampfanfällen assoziierter Beinaktivität. Dieser Sensor wird am Hand- oder Fußgelenk angebracht und erzeugt ein Signal, das direkt proportional zur Hand- bzw. Beinbewegung ist. Üblicherweise wandelt ein Piezoelement jede Bewegung in eine geringe analoge Spannung um, die einen Hinweis auf diese Bewegung liefert. **Es handelt sich NICHT um die Aufzeichnung der Muskelaktivität (EMG).**



Beste Vorgehensweise

1. Wählen Sie einen Gurt geeigneter Größe aus, in der Regel den großen PLM-Gurt für den Fuß und den kleinen PLM-Gurt für das Handgelenk. Legen Sie den PLM-Sensor vorsichtig in die Sensortasche des Gurts. Schließen Sie die Klettbandlasche, damit der Sensor nicht herausfallen kann.
2. Legen Sie den Gurt um das Fuß- oder Handgelenk des Patienten. Der Gurt sollte fest sitzen, dem Patienten jedoch keine Beschwerden bereiten.
3. Führen Sie die Ableitungskabel an den Beinen oder Armen des Patienten nach oben zum Aufzeichnungsgerät. Befestigen Sie die Ableitungskabel mit Klebeband, um für eine Zugentlastung der Sensoren zu sorgen. Die Kabel können auch weiter oben an den Beinen oder Armen des Patienten mit Klebeband fixiert werden, um zu verhindern, dass Zug auf sie ausgeübt wird.

Abbildung 21: Beinbewegungssensor Pro-Tech¹⁹



Beispiel für das bei periodischen Beinbewegungen erfasste Signal:



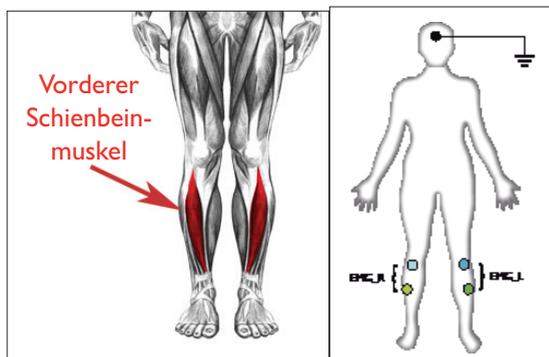
¹⁹ Ref. P1697 : PLM-Piezosensor

10. Bein-EMG

Zur Diagnose periodischer Beinbewegungen im Schlaf (Periodic Limb Movements in Sleep, **PLMS**) wird die Aktivität des vorderen Schienbeinmuskels (Tibialis) überwacht. Über die Anamnese alleine lässt sich nicht ermitteln, ob PLMs im Schlaf auftreten [8, 9]. Werden die Bein-EMG-Elektroden weggelassen, werden zumindest einige Fälle anderer relevanter schlafbezogener Diagnosen übersehen [10].

Während einer PSG sollte die Bewegungsaktivität beider Beine überwacht werden. In der unteren Hälfte eines jeden Beins sollten jeweils zwei Elektroden angebracht werden. Der vordere Schienbeinmuskel verläuft außen entlang des Schienbeins.

*Hinweis: Bei der Erdungselektrode handelt es sich um die Elektrode, die für das EEG verwendet wird. Wenn jedoch nur ein Bein-EMG aufgezeichnet wird, wird empfohlen, die Erdungselektrode an der **RL-Position am Torso** zu platzieren (siehe EKG).*



Beste Vorgehensweise

1. Vorbereitung der Haut des Patienten zum Anbringen der Elektroden

Platzieren Sie die EMG-Elektroden gemäß der für das EEG erläuterten Vorgehensweise zur Hautvorbereitung.

Reiben Sie die Messstelle an jedem Bein mit NuPrep ab (rasieren Sie den Patienten ggf. zuerst) und reinigen Sie sie mit Kodan-Spray (Alkohol).

2. Anbringen der Elektroden

Füllen Sie die Elektrodennäpfe mit Ten20.



Tipps



So lokalisieren Sie den vorderen Schienbeinmuskel: Bitten Sie den Patienten, den Fuß nach hinten und vorne zu beugen, sodass Sie die Bewegung des Muskels sehen können.

Sie können die Elektroden so ausrichten, dass sie eine senkrechte Linie bilden. Durch diese Platzierung der Elektroden lassen sich EKG-Artefakte minimieren. Der Abstand zwischen den beiden Elektroden sollte etwa 2 bis 5 cm betragen.

Nachdem Sie die Messstellen lokalisiert haben, bringen Sie die beiden Elektroden an und fixieren Sie sie mit Klebeband. Achten Sie darauf, dass sich die beiden Klebestreifen nicht berühren, um eine elektrische Verbindung zwischen den beiden Ableitungen zu vermeiden. Nachdem die beiden Elektroden angebracht wurden, sollte eine Entlastungsschleife gebildet werden, um die Möglichkeit, dass die Elektroden während der Untersuchung abgezogen werden, zu reduzieren.

Führen Sie die langen Beinableitungskabel durch die Nachtbekleidung des Patienten nach oben und befestigen Sie sie mit Klebeband in Abständen von 10 bis 15 cm am Bein und Oberschenkel.



Beispiel eines qualitativ guten Signals (wenn der Patient gebeten wird, die Füße zu bewegen):



11. Pulsoxymetrie

Die Pulsoxymetrie wird in Kapitel A. 2 beschrieben.

Bei der Pulsoxymetrie werden sowohl der Puls als auch die Sauerstoffsättigung aufgezeichnet. In der PSG werden Hypopnoen zusätzlich über Entsättigungen definiert. Die Pulsoxymetrie zusammen mit EKG erlaubt eine Messung der Pulstransitzeit (siehe unten).



Beste Vorgehensweise

Wählen Sie an der nicht dominanten Hand einen Finger, der Bewegungen weniger ausgesetzt ist, und bereiten Sie die Messstelle vor, indem Sie künstliche Nägel und Nagellack entfernen.

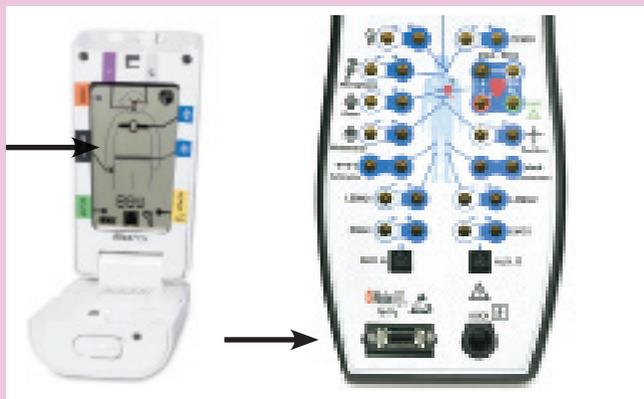
Platzieren Sie den Sensor auf dem ausgewählten Finger, wobei das Kabel auf dem Handrücken aufliegen sollte. Lichtquelle und Lichtsensor sollten sich über dem Nagelbett genau gegenüber liegen.



Eine übermäßige Bewegung des Patienten kann die Signalverarbeitung des Pulsoxymeters stören und zu falschen Werten führen. Zur Vermeidung dieser Fehlerquellen befestigen Sie das Kabel mit Klebeband am Ende des Fingers und am Handgelenk. Bringen Sie kein Klebeband über dem Sensor an, da dies zu einer Quetschung und in der Folge zu ungenauen Messwerten führen kann.

Bei Bedarf kann nachts der Finger gewechselt werden, nicht jedoch den Daumen verwenden. Als alternative Messstellen können der Zeh oder das Ohrläppchen verwendet werden.

Schließen Sie das Kabel an das Diagnosegerät an.

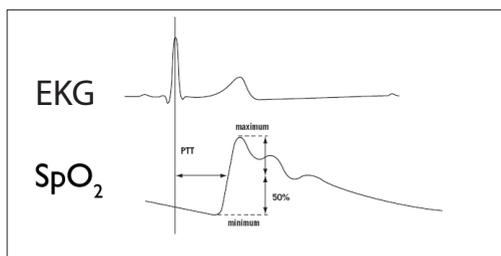


12. Pulstransitzeit

Die Pulstransitzeit (Pulse Transit Time, PTT) wird nicht gemessen, sondern berechnet. Sie bezeichnet die Zeit, die eine Pulschwelle benötigt, um sich von einer arteriellen Messstelle zu einer anderen fortzupflanzen. Anders ausgedrückt, die PTT ist die Zeit zwischen dem Herzschlag und der Ankunft der Blutdruckwelle an einer peripheren Messstelle wie dem Finger. Daten aus Studien zeigen, dass die PTT eine nicht invasive Schätzung der Einatemanstrengung und ein Maß für Weckreaktionen liefern kann, die zur Dokumentierung des obstruktiven Schlafapnoe-/Hypopnoe-Syndroms, zentraler Schlafapnoen, von der Atemanstrengung abhängigen Weckreaktionen (Respiratory Effort Related Arousals, RERA) und des Ansprechens auf die Therapie verwendet werden können.

Zur Berechnung der PTT werden ein EKG zur Erkennung der R-Welle sowie oxymetrische Photoplethysmografie (z. B. mittels Pulsoxymeter) zur Ermittlung der Ankunft der Pulschwelle in der Peripherie herangezogen.

Die PTT wird als das Zeitintervall zwischen der R-Welle aus dem EKG und der anschließenden Ankunft der Pulschwelle am Finger berechnet (für gewöhnlich der Punkt auf der Pulswellenform, der sich auf 50 % der Höhe des Maximalwerts befindet).



Ein akuter Anstieg des Blutdrucks führt zu einer Erhöhung des Gefäßtonus, wodurch sich die Arterienwand versteift, die Druckwelle schneller fortpflanzt und die PTT abnimmt. Wenn der arterielle Blutdruck abfällt, nimmt der Gefäßtonus ab und der PTT-Wert wird größer. Somit ist die **PTT umgekehrt proportional zum Blutdruck**.

Abbildung 22: Berechnung der PTT beim Auftreten von OSAS



Die PTT wurde als indirekte Methode zur Beurteilung der Atemanstrengung während des Schlafs validiert [11, 12]. Da es sich um eine nicht invasive Methode handelt, scheint sie äußerst nützlich in der Pädiatrie zu sein [13].

Einschränkungen:

Der größte Nachteil der PTT-Messung ist eine **nur unzureichende Abtastrate für Messung der Atemanstrengung**. Dies liegt daran, dass pro Herzschlag nur ein PTT-Wert verfügbar ist. Unter bestimmten Bedingungen wird die Spitze der Atemanstrengung möglicherweise übersehen, da der kleinste Wert von P_{O_2} nicht gleichzeitig zu einem QRS-Komplex auftritt. In der Folge kann ein gegebener PTT-Höchstwert mit dem niedrigsten Punkt von P_{O_2} zusammenfallen oder nicht [14].

Ein weiterer Nachteil der PTT ist, dass bei Patienten mit **Herzrhythmusstörungen** keine zuverlässige Beurteilung der PTT möglich ist. Extrasystolen verursachen akute Schwankungen der PTT, trotz des Fehlens eines Atemereignisses oder einer Mikroweckreaktion.

13. Videoaufzeichnung

Die Video- und Audioaufzeichnung ist nützlich zur:

- Beobachtung des Verhaltens des Patienten während der Schlafuntersuchung,
- Bewertung von Parasomnien, nächtlichen Krampfanfällen und anderen motorischen Ereignissen im Schlaf,
- Überwachung von Schnarchen oder Sprechen während des Schlafs.

Waternberg et al. [15] zeigten, dass sich durch Ergänzung der Routine-EEGs mit Videoaufzeichnungen die Diagnosestellung bei Kindern mit häufigen paroxysmalen Ereignissen verbessert.

Abbildung 23: Infrarotprojektor und Videokamera



14. Arten von Artefakten

Unabhängig davon, wie sorgfältig die Elektroden und Sensoren angebracht werden, im Verlauf der Zeit und bei Bewegungen muss während einer Schlafuntersuchung damit gerechnet werden, dass es zu Artefakten kommt. Diese Artefakte können vom Körper des Patienten, den Geräten oder der Umgebung verursacht werden.

Techniker müssen in der Lage sein, Artefakte und deren Ursache zu erkennen, und wissen, wie oder ob sie das Signal entzischen können, um Fehlinterpretationen zu vermeiden und eine hohe Qualität der Untersuchung sicherzustellen. Die Auswertung einer PSG kann als eine Übung in Mustererkennung angesehen werden.



Tipps

- Die Fehlersuche sollte damit beginnen, zu überprüfen, ob alle Impedanzen innerhalb der empfohlenen Werte liegen.
- Überprüfen Sie als Nächstes methodisch den Signalpfad, angefangen beim Patienten, und folgen Sie dem Signalpfad bis zum Aufzeichnungsgerät.
- Wenn es sich um ein generalisiertes Artefakt handelt (das die meisten Kanäle betrifft), ist die wahrscheinlichste Quelle die Erdungselektrode.
- Wenn das Artefakt lokalisiert ist (begrenzte Anzahl an Kanälen), stellen Sie die Frage „Bei welchen Kanälen tritt dieses Artefakt auf, und was haben die betroffenen Kanäle gemeinsam?“
- Wenn das Artefakt auf einen einzigen Kanal begrenzt ist, kann die Quelle des Problems leicht identifiziert werden, und in der Regel lässt sich das Problem durch erneutes Anbringen der betreffenden Elektrode beheben.
- Das Artefakt hat möglicherweise einen gemeinsamen Auslöser, z. B. Referenzelektrode M1 oder M2.
- Artefakte stammen häufig von der Seite des Kopfs, auf der der Patient liegt, wodurch direkter Druck auf die Elektrode ausgeübt wird.

Quellen	Artefakte	Ursachen	Identifizierung	Korrektur (falls erforderlich)
Umgebung	50/60 Hz	Schlechter Elektrodenanschluss, hohe Impedanz, defektes Kabel oder Ableitungskabel abgezogen. Verstärkt durch elektrische Geräte, Telefone, Funkmeldeempfänger usw.	Zeigt sich oftmals als einheitliches monorhythmisches Signal / Hüllkurve. Siehe unten stehende Beispiele.	<ul style="list-style-type: none"> • Eine Patienten-Erdleitung verwenden. • Niedrige und relativ gleiche Impedanzniveaus zwischen den Elektroden • Einen 50/60-Hz-Kerbfilter verwenden.

Quellen	Artefakte	Ursachen	Identifizierung	Korrektur (falls erforderlich)
Elektroden/ Geräte	Elektrode löst sich.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Direkter Druck gegen eine der Augenelektroden, verstärkt durch mit der Atmung assoziierte Körperbewegungen. 2. Defektes Ableitungskabel. 3. Defekte Elektroden. 4. Schlechter Anschluss oder zu wenig Elektrolytpaste. 5. Schwitzender Patient. 	Ausgeprägter und abrupter als Artefakte durch Schweiß. Kann nach einer Signalblockierung aussehen. Für gewöhnlich auf eine Elektrode beschränkt. Oft synchron zur Atmung.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lage des Patienten ändern. 2. Defektes Ableitungskabel austauschen. 3. Festen Anschluss überprüfen. 4. Elektrodenkontakt überprüfen und den Napf mit Leitpaste nachfüllen.
	Artefakte in den respiratorischen Kanälen	Eigene Einschränkungen eines jeden Sensors. Mögliche Ursachen: Verschiebung, Temperatureffekt, Signalverzerrung durch Körperbewegungen.	Alle vorhandenen respiratorischen Kanäle genau überprüfen.	Unvermeidbar, Sie sollten jedoch die spezifischen Eigenschaften dieser Geräte kennen. Ggf. die Filtereinstellungen ändern.
	Oxymetrie	Falsche Anbringung des Sensors, Lageveränderung des Sensors, schlechte Durchblutung, Bewegungsartefakt, ungenaue Kalibrierungen, Oxymeter/Computerschnittstelle defekt	Fehlerhafte SpO ₂ -Werte	Sensor erneut anbringen, wenn er sich verschoben hat. Anderen Finger/ Messort verwenden.
	Spezifische Artefakte des digitalen Aufzeichnungssystems	Systemspezifische Artefakte treten auf: <ol style="list-style-type: none"> 1. wenn keine Verbindung zum Patienten hergestellt wird, 2. wenn es zeitweise zu Signalverlust kommt, 3. oder werden von der Referenzelektrode des Systems erzeugt. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aufzeichnung nicht physiologischer Signale, die dem EEG ähneln 2. Erzeugung einer Nulllinie (kann als Asystolie im EKG-Kanal fehlinterpretiert werden) 	Unvermeidbar.

Quellen	Artefakte	Ursachen	Identifizierung	Korrektur (falls erforderlich)
Unerwünschte physiologische Signale	Schwitzen	Transpiration	Chaotische, zufällige langsam oszillierende Wellenmuster mit starken Grundlinien-Schwankungen, die äußerst niederfrequente Wellen erzeugen, häufig synchron zur Atmung. Diese können wie Delta-Wellen aussehen und zu einem zu hohen Anteil des NREM-Stadiums 3 (N3) führen.	<ul style="list-style-type: none"> • Raum mit einem Ventilator oder einer Klimaanlage kühlen. • Vermeidbar, indem auf eine sorgfältige Anbringung der Elektroden geachtet wird.
	Muskel	Lokalisierte Muskelaktivität neben einer Elektrode	Ähnlich zu 50/60 Hz.	Patienten entspannen lassen; das Artefakt geht häufig von alleine zurück, ohne Maßnahmen ergreifen zu müssen.
	EKG	<ul style="list-style-type: none"> • Zunahmen proportional zum Abstand zwischen der Untersuchungs- und Referenzelektrode. • Deutlicher ausgeprägt, wenn die Elektroden entlang der elektrischen Achse des Herzens platziert werden, die bei krankhaft adipösen Patienten horizontal abgelenkt sein kann. • Tritt auf, wenn die Elektrode über den Kopfhautarterien platziert wird. 	EKG wird in den EEG-, EOG- oder EMG-Kanälen dargestellt.	<p>In manchen Fällen lässt sich eine geringe Menge an EKG-Artefakten nicht vermeiden, insbesondere bei der Untersuchung adipöser Patienten. Beim Anbringen der EEG-Referenzelektroden weiches Fettgewebe vermeiden. Die Elektrode weiter oben auf einem knochigeren Bereich anbringen. In den EMG-Kanälen (selten) weist dies auf eine schlechte Elektrodenplatzierung oder ungleiche Elektrodenimpedanzen hin.</p>

Quellen	Artefakte	Ursachen	Identifizierung	Korrektur (falls erforderlich)
Unerwünschte physiologische Signale	Bewegung	<ul style="list-style-type: none"> • Körperbewegung. • Mit Atmung assoziierte Kopfbewegungen verursachen im EEG häufig Artefakte und machen die tatsächliche Hirnaktivität damit unkenntlich. 	Mischung von Artefakten (z. B. Muskel, Elektrodenablösung). Oftmals dargestellt als Rechteckformung oder Blockierung des oberen und unteren Punkts der Wellenform.	Unvermeidbar, lässt sich jedoch durch korrekte Verfahren zur Elektrodenanbringung + Anwendung von Strategien, die den Patienten daran hindern, an den Kabeln zu ziehen, minimieren.
	Augenbewegung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Direkter Druck auf die Augenelektroden. 2. Medikamente (z. B. SSRI) 3. Augenprothese 4. Augenkrankheit, die die Netzhaut oder den Muskel betrifft 	Atypische (für gewöhnlich erhöhte Dichte an) Augenbewegungen. Kann als REM-Schlaf fehlinterpretiert werden. Bei fehlenden (oder einseitigen) Augenbewegungen ist die Einteilung des REM-Schlafs schwierig.	1. Ggf. Lage des Patienten ändern. Die Entscheidung, ob eine Elektrode verändert und der Patient möglicherweise aufgeweckt werden soll, muss sorgfältig überlegt werden!
	Schädeldefekte	z. B. Frakturen, Schäden durch Schädeloperation oder Bestrahlung	Höhere Frequenzen, Delta-Verlangsamung	Unvermeidbar.
	Kauen/ Bruxismus	Bruxismus sollte nicht als Artefakt angesehen werden, sondern als ein echtes relevantes physiologisches Signal.	Hohe Muskelaktivität im Kinn-EMG aufgezeichnet. Bruxismus ist charakterisiert durch eine Serie von Zähneknirschen und ist häufig mit Weckreaktionen und rhythmischen EMG-Artefakten assoziiert.	Unvermeidbar.

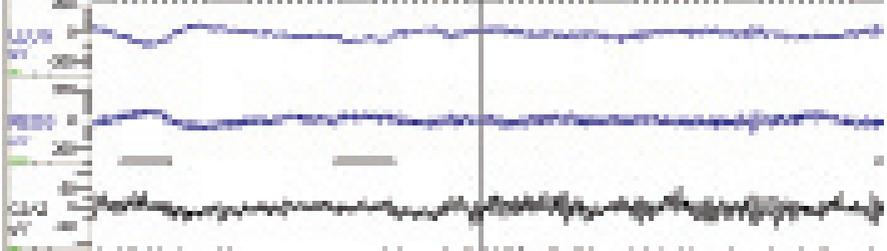
Weitere Informationen:

[1] Butkov N., Lee-Chiong T.: *Fundamentals of Sleep Technology*. Lippincott Williams & Wilkins, 2007

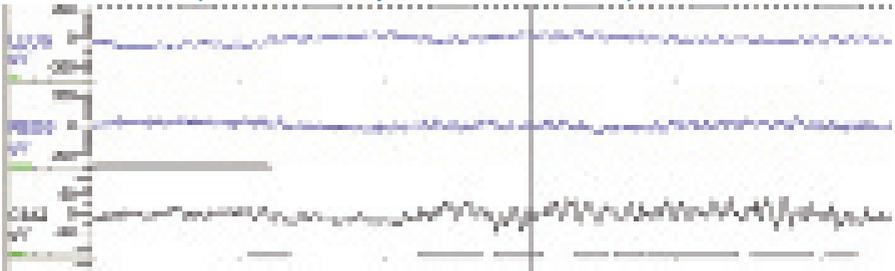
[16] Butkov N.: *Atlas of Clinical Polysomnography (Vol II)*. Medford, OR, Synapse Media, 1996

BEISPIELE TYPISCHER ARTEFAKTE

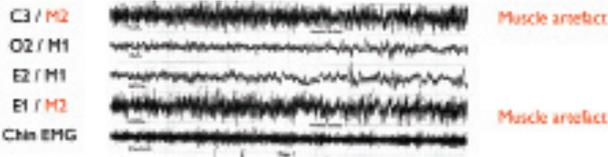
Beispiel 1: 50/60-Hz-Artefakt in den EOG- und EEG-Kanälen



Nach Korrektur (verbesserte Impedanz und Kerbfilter).



Beispiel 2: Muskelartefakte in den EOG- und EEG-Kanälen [16]



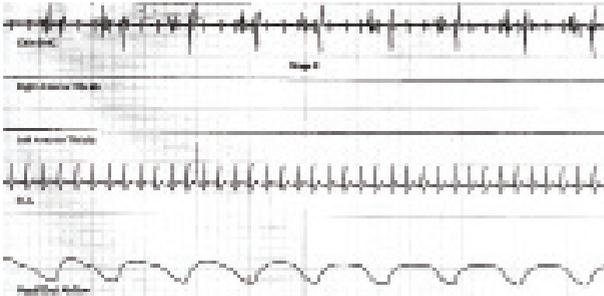
In diesem Beispiel ist die Quelle des Artefakts die Referenzelektrode (M2), die von beiden Kanälen genutzt wird. Beachten Sie, dass das Kinn-EMG auch ein relativ hohes Niveau an Muskelaktivität zeigt. Dies wird nicht als Artefakt angesehen, da das Kinn-EMG speziell dafür ausgelegt ist, Muskelaktivität in der Kinnregion aufzuzeichnen, und diese ist während des Wachzustands und im NREM-Schlaf normalerweise erhöht.

Beispiel 3: EKG-Artefakte in den EOG- und EEG-Kanälen [16]



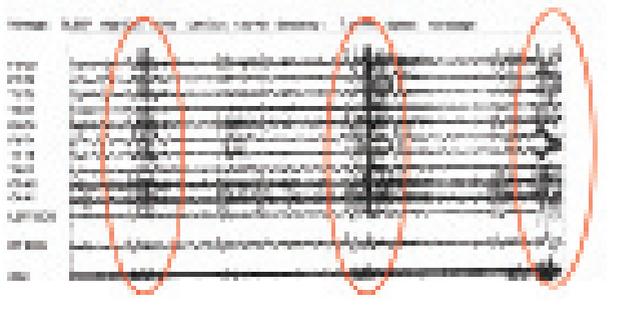
**QRS-Filter
zuschalten!**

Beispiel 4: Artefakt durch Ablösen der Elektroden im Kinn-EMG-Kanal [16]



**Elektrode für
Kinn-EMG neu
korrigieren!**

Beispiel 5: Bruxismus [16]



15. Übersicht über die Wirkung von Medikamenten auf die Schlafarchitektur

Substanz	SL	TST	REM	Spindeln	WASO	1 & 2	SWS	OSAS	PLMS
Barbiturate	↓	↑	↓	↑	↓		↑		
Benzodiazepine	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓		
Z-Substanzen	↓				↓				
MAO		↓	↓		↑				
SSRI			↓		↑		↓		↑
Antihistamine	↓		↓						
Melatonin	↓				↓				
Alkohol	↓		↓		↑		↑	↑	
Amphetamine	↑	↓	↓		↑	↑	↓		

Glossar

SL: Schlaflatenz

TST: Gesamtschlafzeit (Total Sleep Time)

REM: paradoxer Schlaf (mit schnellen Augenbewegungen; Rapid-Eye Movements)

WASO: Wachzeit nach dem ersten Einschlafen (Wake Time After Sleep Onset)

SWS: langsamwelliger Schlaf (Slow Wave Sleep)

OSAS: obstruktives Schlafapnoe-Syndrom

PLMS: periodische Beinbewegungen im Schlaf (Periodic Limb Movements of Sleep)

Z-Substanzen: Nicht-Benzodiazepin-Agonisten mit einer ähnlichen Wirkung wie Benzodiazepine, die zur Behandlung von Schlaflosigkeit angewendet werden

MAO: Monoaminoxidase-Hemmer (Antidepressivum)

SSRI: selektive Serotonin-Wiederaufnahmehemmer (Antidepressivum)

Literatur

- [1] Butkov N., Lee-Chiong T.: Fundamentals of Sleep Technology. Lippincott Williams & Wilkins, 2007
- [2] <http://www.aolhealth.com/sleep-disorders/learn-about-it/sleep-mechanics>
- [3] <http://www.bem.fi/book/13/13x/1302ax.htm>
- [4] http://ee.ucd.ie/~smeredith/EOG_index.html
- [5] <http://science.education.nih.gov/supplements/nih3/sleep/guide/info-sleep.htm>

- [6] Guilleminault C., Pelayo R., Leger D., Clerk A., Bocian R. C. Z.: Recognition of sleep-disordered breathing in children. In: *Pediatrics*, 98, 1996, 871–82
- [7] Cantineau J. P., Escourrou P., Sartene R. et al.: Accuracy of respiration inductive plethysmography during wakefulness and sleep in patients with obstructive sleep apnea. In: *Chest*, 102, 1992, 1145–1151
- [8] Picchiatti D. L., England S. J., Walters A. S., Willis K., Verrico T.: Periodic limb movement disorder and restless legs syndrome in children with attention-deficit hyperactivity disorder. In: *J. Child. Neurol.*, 13, 1998, 588–594
- [9] Picchiatti D. L., Underwood D. J., Farris W. A., Walters A. S., Shah M. M., Dahl R.E., Trubnick L. J., Bertocci M. A., Wagner M., Hening W. A.: Further studies on periodic limb movement disorder and restless legs syndrome in children with attention-deficit hyperactivity disorder. In: *Mov. Disord.*, 14, 1999, 1000–1007
- [10] Walters A. S.: Restless legs syndrome, PLMs in sleep and other sleep related movement disorders. Jankovic J. und Tolosa E., Hrsg. *Parkinson's disease and movement disorders*, 3. Auflage, Baltimore, MD, Williams & Wilkins, 1998, 601–621
- [11] Pitson D. J., Stradling J. R.: Value of beat-to-beat blood pressure changes, detected by pulse transit time, in the management of the obstructive sleep apnoea/hypopnoea syndrome. In: *Eur. Respir. J.*, 12, 1998, 685–92
- [12] Argod J., Pépin J.-L., Smith R. P., Lévy P.: Comparison of esophageal pressure with pulse transit time as a measure of respiratory effort for scoring obstructive nonapneic respiratory events. In: *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 162, 2000, 87–93
- [13] Katz E. S., Lutz J., Black C., Marcus C. L.: Pulse transit time as a measure of arousal and respiratory effort in children with sleep-disordered breathing. In: *Pediatr. Res.*, 53, 2003, 580–8
- [14] Tamisier R., Pepin J. L., Levy: Pulse Transit Time. In: *Physiology and sleep laboratory*, Universitätsklinik, Grenoble, Frankreich
- [15] Watemberg et al.: Adding video recording increases the diagnostic yield of routine EEGs in children with frequent paroxysmal events. In: *Epilepsia*, 46 (5), 2005, 716–719
- [16] Butkov N.: *Atlas of Clinical Polysomnography*. (Vol. II), Medford, OR, Synapse Media, 1996
- [17] Helga Peter, Thomas Penzel, Jörg Hermann Peter (Hrsg.): *Enzyklopädie der Schlafmedizin*, Springer Medizin Verlag Heidelberg 2007.

D. Praktische Aspekte der AASM-Richtlinien

2007 veröffentlichte die American Academy of Sleep Medicine (AASM) neue standardisierte Auswerte-Regeln für Schlaf: „The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology, and Technical Specifications“ (Das AASM-Manual zum Scoring von Schlaf und assoziierten Ereignissen: Regeln, Technologien und technische Spezifikationen) [1]. Dieses Manual bildet den Abschluss eines dreijährigen Projekts zur Aktualisierung der Standards für Schlafauswertungen.

Warum?

Das Ziel der AASM war es, ein Handbuch zu verfassen, das den aktuellen Kenntnisstand widerspiegelt und umfassendere standardisierte Spezifikationen und Scoring-Regeln zur Charakterisierung des natürlichen Schlafs zur Verfügung stellt, wie sie in der Polysomnografie üblicherweise Anwendung finden.

Die aktuellen Scoring-Regeln nach Rechtschaffen und Kales (R&K) wurden 1968 entworfen [2] und ließen viel Raum für Variabilität zwischen verschiedenen Befundern.

Zu den wichtigsten Beteiligten am Entwicklungsprozess des Scoring-Manuals zählten ein Koordinierungsausschuss, der das Projekt überwachte, acht Arbeitsgruppenleiter, acht bis zwölf Arbeitsgruppenmitglieder und das Verwaltungspersonal der AASM.

Dieses Manual sollte aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse und das Fachwissen auf dem Gebiet des Schlafs besser darstellen (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Einige der technologischen Neuerungen, die heute im Gegensatz zu 1968 (R&K) verfügbar sind.

1968 (R&K)	Heute
Analoge Aufzeichnung	Digitale Aufzeichnung
4 Kanäle aufgezeichnet	16 oder mehr Kanäle aufgezeichnet!
	Neue Wandler und synchronisiertes Video als Standardausstattung verfügbar.

Anmerkungen:

- Für den Kauf neuer Systeme empfiehlt die AASM Systeme, die mit den AASM-Standards kompatibel sind, sowohl bezogen auf technische Aspekte (Abstraten) als auch bezogen auf die Schlafstadienbestimmung. Ersatzgeräte, die nach dem 1. Juli 2008 erworben wurden, müssen alle technischen Anforderungen voll erfüllen.
- Zur Akkreditierung eines neuen Schlaflabors muss das Personal grundlegende Kenntnisse der AASM-Scoring-Regeln nachweisen.
- Im Schlafbericht muss erkennbar sein, welche Regeln (R&K oder AASM) angewendet wurden.

1. Hauptregeln

Die Regeln werden in eine der folgenden drei Kategorien unterteilt:

Empfohlen	Diese Regeln werden für die Routine-Auswertung von PSG empfohlen.
Alternativ	Dies sind Regeln, die nach Ermessen des Arztes oder Befunders alternativ zu den empfohlenen Regeln angewendet werden können.
Optional	Dies sind vorgeschlagene Regeln für selten auftretende Ereignisse, Ereignisse, die keine bekannte physiologische Signifikanz haben, oder Ereignisse, zu denen keine Konsensentscheidung vorlag. Die Auswertung liegt im Ermessen des Arztes oder Befunders.

2. Technische und digitale Spezifikationen

Digitale Spezifikationen für Routine-PSG-Aufzeichnungen

Maximale Elektrodenimpedanz: **5 k Ω** für EEG und EOG

Digitale Mindestauflösung: **12 Bit pro Abtastung**

Die Elektrodenimpedanzen sollten während einer Aufzeichnung erneut überprüft werden, wenn ein Artefakt auf eine hohe Impedanz hindeutet.

Die Abtastrate und Filtereinstellungen für digitale Signale müssen an den Signalinhalt angepasst werden (siehe Tabellen).

Tabelle 7: Abtastraten aus dem AASM-Manual

Abtastraten	Gewünscht	Minimum
EEG	500 Hz	200 Hz
EOG	500 Hz	200 Hz
EMG	500 Hz	200 Hz
EKG	500 Hz	200 Hz
Atemfluss	100 Hz	25 Hz
Nasendruck	100 Hz	25 Hz
Oxymetrie	25 Hz	10 Hz
Ösophagusdruck	100 Hz	25 Hz
Körperlage	1 Hz	1 Hz
Schnarchgeräusche	500 Hz	200 Hz
Atemanstrengung	100 Hz	25 Hz

Tabelle 8: Filtereinstellungen aus dem AASM-Manual

Routinemäßig aufgezeichnete Filtereinstellungen	Niederfrequenzfilter (Hochpassfilter)	Hochfrequenzfilter (Tiefpassfilter)
EEG	0,3 Hz	35 Hz
EOG	0,3 Hz	35 Hz
EMG	10 Hz	100 Hz
EKG	0,3 Hz	70 Hz
Atmung	0,1 Hz	15 Hz
Schnarchen	10 Hz	100 Hz

Kennwerte für die digitale PSG-Aufzeichnung und Regeln für die PSG-Darstellung (Beispiele)

- Separate 50/60-Hz-Filtereinstellung für jeden Kanal.
- Die aufgezeichneten Videodaten müssen mit den PSG-Daten synchronisiert werden und eine Genauigkeit von mindestens einem Video-Frame pro Sekunde haben.

3. Visuelle Regeln

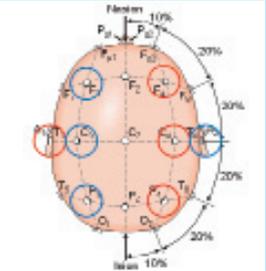
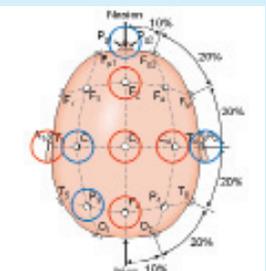
Die Regeln und Spezifikationen für die visuelle Auswertung von Schlaf behalten einen Großteil des Rahmenwerks von R&K bei, basierend auf der Gesamtvalidität und -zuverlässigkeit dieses Systems, jedoch wurden einige neue Definitionen hinzugefügt, einige Regeln abgeändert und neue Regeln für die visuelle Schlafbewertung bei Kindern aufgestellt.

EEG

Was ändert sich?

- Ergänzung der Standard-EEG-Ableitungen um F3 und F4 (frontal).
- Änderung der Referenzableitorte A1 und A2 (Ohrfläppchen) in M1 und M2 (Mastoid).

Die Position der EEG-Elektroden wird nach dem internationalen 10-20-System bestimmt.

<p>Empfohlene Ableitungen</p>	<p>a. F4-M1 b. C4-M1 c. O2-M1</p> <p>+ Reserveelektroden (falls Elektroden während der Untersuchung ausfallen):</p> <p>d. F3-M2 e. C3-M2 f. O1-M2</p>	
<p>Alternative Ableitungen</p>	<p>a. Fz-Cz b. Cz-Oz c. C4-M1</p> <p>+ Reserveelektroden (falls Elektroden während der Untersuchung ausfallen):</p> <p>d. Fpz-C3 e. C3-O1 f. C3-M2</p>	

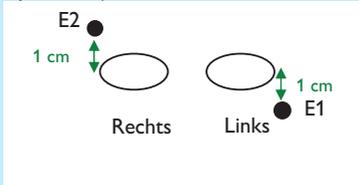
Hinweis: Es werden mindestens 3 EEG-Ableitungen benötigt.

Was ändert sich?

Die Ableitorte LOC & ROC werden in E1 und E2 umbenannt.

Empfohlene Ableitungen

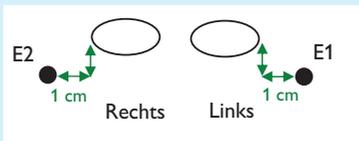
- E1-M2 (E1 wird 1 cm unterhalb des linken äußeren Augenwinkels platziert)



- Zeigen nicht die Richtung der Augenbewegungen an.
- Können Bewegungen mit kleiner Amplitude übersehen.
- Einfache Unterscheidung zwischen Artefakten und EEG.

Alternative Ableitungen

- E1-Fpz (E1 wird 1 cm unterhalb und 1 cm seitlich vom linken äußeren Augenwinkel platziert)
- E2-Fpz (E2 wird 1 cm unterhalb und 1 cm seitlich vom rechten äußeren Augenwinkel platziert)



- Zeigen die Richtung der Augenbewegungen an.
- Zeigen alle Augenbewegungen an.
- Weniger einfache Unterscheidung zwischen Artefakten und EEG.

Hinweis: M1 und M2 beziehen sich auf das linke und rechte Mastoid.

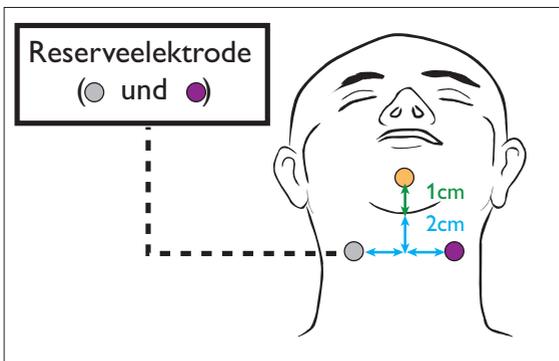
Kinn-EMG

Was ändert sich?

Die Elektrodenplatzierung für das Kinn-EMG ist nun klar definiert, was im früheren R&K-Handbuch nicht der Fall war.

1. Zum Aufzeichnen des Kinn-EMGs sollten drei Elektroden angebracht werden:
 - a. Eine an der Mittellinie 1 cm über der inferioren Kante des Unterkiefers.
 - b. Eine 2 cm unter der inferioren Kante des Unterkiefers und 2 cm rechts von der Mittellinie.
 - c. Eine 2 cm unter der inferioren Kante des Unterkiefers und 2 cm links von der Mittellinie.
2. Die Standardableitung des Kinn-EMGs besteht aus einer der Elektroden unterhalb des Unterkiefers, die mit der Elektrode über dem Unterkiefer verbunden wird. Die andere inferiore Elektrode dient als Reserveelektrode, um eine fortlaufende Anzeige der EMG-Aktivität zu ermöglichen, falls einer der beiden inferioren Elektroden ausfällt.

Abbildung 24: Elektrodenplatzierung für Kinn-EMG



Bestimmung der Schlafstadien

Was ändert sich?

- Stadium 1, 2 und 3 werden in N1, N2 und N3 umbenannt.
 - N steht für Non-REM.
 - Bei Stadium N3 handelt es sich um den Tiefschlaf mit langsamen Wellen (Slow Wave Sleep). Dieses Stadium ersetzt die R&K-Nomenklatur von Stadium 3 und Stadium 4.
 - REM wird in Stadium R umbenannt.
 - Das Stadium Bewegung (Movement Time, MT) wurde gestrichen.
 - Die „3-Minuten Regel“ für Stadium 2 wurde abgeschafft.
 - Frontale Ableitungen werden zur Bestimmung des Slow-Wave-Schlafs (N3) empfohlen.
 - Jedes Stadium enthält nun detailliertere Definitionen und Regeln sowie Hinweise zu den Verfahren (das Manual beinhaltet Abbildungen als Beispiele für die Regeln).
 - Die größte Änderung betrifft die Bestimmung von N2. Ein Stadium kann nun als N2 bewertet werden, sobald in der ersten Hälfte der Epoche oder der letzten Hälfte der vorherigen Epoche ein oder mehrere K-Komplexe ohne Assoziation mit Weckreaktionen oder eine oder mehrere Reihen von Schlafspindeln auftreten.
 - Starke Körperbewegungen werden nun entweder als Stadium W (wenn während der Epoche mehr als 15 Sekunden Alpha-Aktivität vorliegen oder wenn eine Epoche mit Stadium W der Bewegung vorangeht oder folgt) oder als dasselbe Stadium wie die folgende Epoche gewertet.
- **Auswertung nach Epochen (wurde bestätigt):**
- Bewerten Sie die Schlafstadien in sequenziellen 30-Sekunden-Epochen.
 - Weisen Sie jeder Epoche ein Stadium zu.
 - Wenn während einer einzelnen Epoche zwei oder mehrere Stadien gleichzeitig auftreten, weisen Sie das Stadium zu, das den größten Anteil der Epoche einnimmt.

• Schlaf/Wachzustand wird in folgende Stadien unterteilt:

Stadium W (Wachzustand)

	Epoche als Stadium W scoren:
Patienten mit Alpha-Rhythmus	wenn > 50 % der Epoche über der okzipitalen Region Alpha-Rhythmus aufweist
Patienten ohne Alpha-Rhythmus (10 % der Patienten)	wenn eines der folgenden Kriterien erfüllt ist: <ul style="list-style-type: none">• Augenzwinkern mit einer Frequenz von 0,5 bis 2 Hz• Augenbewegungen wie beim Lesen• Unregelmäßige konjugierte schnelle Augenbewegungen, assoziiert mit normalem oder hohem Muskeltonus am Kinn

Stadium N1 (NREM1)

Epochen als Stadium N1 scoren:

Patienten mit Alpha-Rhythmus

Wenn bei über > 50 % der Epoche statt Alpha-Rhythmus eine gemischte Frequenzaktivität mit niedriger Amplitude auftritt.

Patienten ohne Alpha-Rhythmus

Mit dem am frühesten auftretenden der folgenden Phänomene:

- Aktivität von 4 bis 7 Hz mit Verlangsamung um 1 Hz gegenüber W
- Steile Vertexwellen
- Langsame Augenbewegungen

Stadium N2 (NREM2)

BEGINNEN mit Scorings als N2

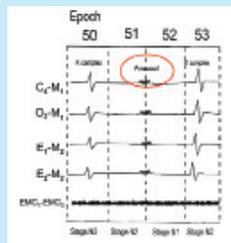
In der ersten Hälfte der Epoche oder der letzten Hälfte der vorherigen Epoche liegt entweder ein K-Komplex ohne Weckreaktion oder eine Spindel vor.

WEITER Scoring als N2

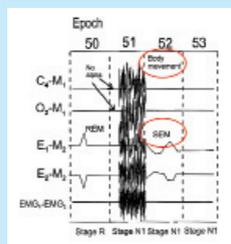
Auftreten von Schlafspindeln und/oder K-Komplexen ohne Weckreaktion, und < 20 % der Epoche können eine hohe frontale Spannungsaktivität aufweisen (> 75 µV und 0,5–2 Hz). Schlafspindeln und K-Komplexe müssen jeweils ≥ 0,5 Sekunden andauern.

STOPPEN des Scoring als N2

- Übergang zu Stadium W, N3 oder R
- Eine Weckreaktion:



- Starke Körperbewegung, gefolgt von langsamen Augenbewegungen (Slow Eye Movements, SEM):



Stadium N3 (NREM3)

Bewertung als Stadium N3, wenn bei $\geq 20\%$ einer Epoche hohe Amplitude ($> 75 \mu\text{V}$) und eine Aktivität mit langsamen Wellen von 0,5 bis 2 Hz auftreten.

Stadium R (REM)

BEGINNEN mit Scoring als R

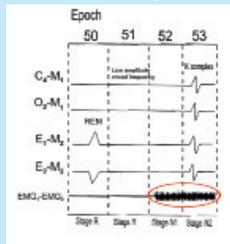
Gemischtfrequentes EEG mit niedriger Amplitude
+ Geringer Tonus im Kinn-EMG
+ Schnelle Augenbewegungen

WEITER mit Scoring als R

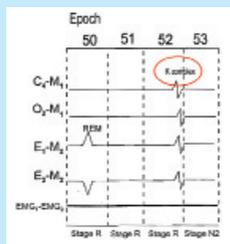
Gemischtfrequentes EEG mit niedriger Amplitude
+ Geringer Tonus im Kinn-EMG

STOPPEN des Scorings als R

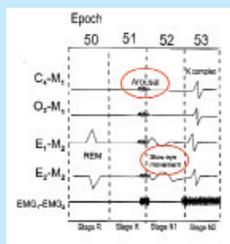
- Übergang zu Stadium W oder N3
- Eine Erhöhung des Tonus im Kinn-EMG (N1):



- Einer oder mehrere K-Komplexe oder Schlafspindeln in der ersten Hälfte der Epoche ohne schnelle Augenbewegungen (N2):



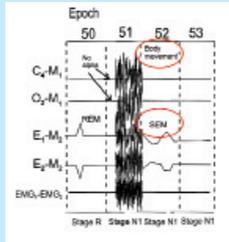
- Eine Weckreaktion, gefolgt von langsamen Augenbewegungen:



Stadium R (REM) Forts.

STOPPEN des Scorings als R

- Starke Körperbewegung, gefolgt von langsamen Augenbewegungen:



• Regeln für Kinder (2 Monate oder älter, vollständig ausgetragen)

Was ändert sich?

- Der Ausdruck „Alpha-Rhythmus“ wird durch „dominanter posteriorer Rhythmus (DPR)“ ersetzt.

Nähere Informationen über die Regeln für Kinder finden Sie im AASM-Manual.

4. Weckreaktionen (Arousals)

- Keine wichtigen Änderungen.

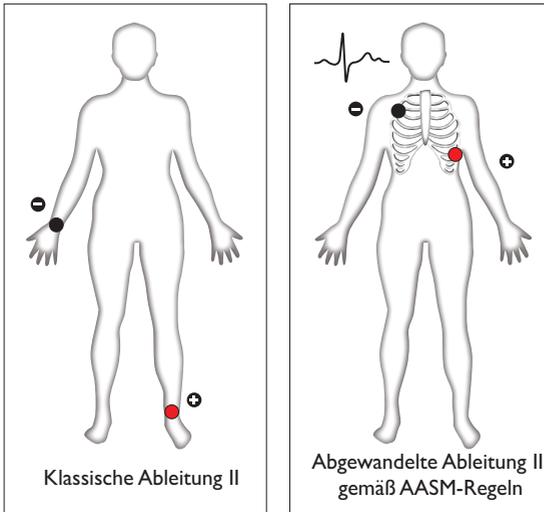
Bewerten Sie Ereignisse während den Schlafstadien N1, N2, N3 oder R als Weckreaktionen, wenn eine abrupte Verschiebung der EEG-Frequenz, einschließlich Alpha und Theta, und/oder Frequenzen von über 16 Hz (jedoch keine Spindeln) auftreten, die mindestens 3 Sekunden anhalten, wobei der Veränderung mindestens 10 Sekunden stabilen Schlafs vorangingen. Die Bewertung von Ereignissen während des REM-Schlafs als Weckreaktionen erfordert eine gleichzeitige Erhöhung des submentalen EMG, die mindestens 1 Sekunde dauert.

5. Kardiologische Regeln

- Es wird mindestens eine abgewandelte Ableitung II empfohlen (siehe Abbildung 25).

Klassischerweise werden die Elektroden am rechten Arm und linken Bein platziert, sie können jedoch auch am Torso, in paralleler Ausrichtung zur rechten Schulter und linken Hüfte, platziert werden.

Abbildung 25: Klassische und abgewandelte Ableitung II



Regeln

Es werden Spezifikationen bezüglich der Definition von Sinustachykardie, Sinusbradykardie, Asystolie, Breitkomplex- und Schmalcomplex-Tachykardie und Vorhofflimmern aufgeführt.

Beispiele:

- Bewertung als Sinustachykardie bei einer dauerhaften Herzfrequenz von über 90 Schlägen pro Minute bei Erwachsenen
- Bewertung als Sinusbradykardie bei einer dauerhaften Herzfrequenz von weniger als 40 Schlägen im Alter ab 6 Jahren und bei Erwachsenen
- Bewertung als Asystolie bei Pausen länger als 3 Sekunden im Alter ab 6 Jahren und bei Erwachsenen

6. Regeln für Bewegungen

Die Mindestdauer einer Beinbewegung (Leg Movement, LM) beträgt 0,5 Sekunden, die Höchstdauer 10 Sekunden.

Die Mindestamplitude ist ein Anstieg der EMG-Spannung um 8 μV über dem Ruhe-EMG.

Eine Serie periodischer Beinbewegungen (Periodic Limb Movements, PLM) ist als mindestens 4 LMs definiert. Die Mindestzeitdauer zwischen LMs muss 5 Sekunden betragen, damit diese als Teil einer PLM-Serie gezählt werden; die Höchstdauer liegt bei 90 Sekunden.

Beinbewegungen an zwei verschiedenen Beinen, zwischen denen weniger als 5 Sekunden liegen, werden als eine einzige Beinbewegung gezählt.

Zudem wurden Kriterien für alternierende Beinmuskelaktivitäten (Alternating Leg Muscle Activation, ALMA), hypnagogen Fußtremor (Hypnagogic Foot Tremor, HFT), exzessiven fragmentierten Myoklonus (EFM), Bruxismus und REM-Schlaf-Verhaltensstörung (REM Behavior Disorder, RBD) aufgenommen. Siehe AASM-Manual für genauere Informationen dazu.

7. Respiratorische Regeln

Was ändert sich?

- Klare Empfehlungen zu den zu verwendenden Sensoren für die Detektion von Atemfluss, Atemanstrengung und Blutsauerstoff.
- Klare empfohlene und alternative Definitionen von Apnoe, Hypopnoe und Cheyne-Stokes sowie eine Definition für die optionalen RERA-Ereignisse für Erwachsene und Kinder.

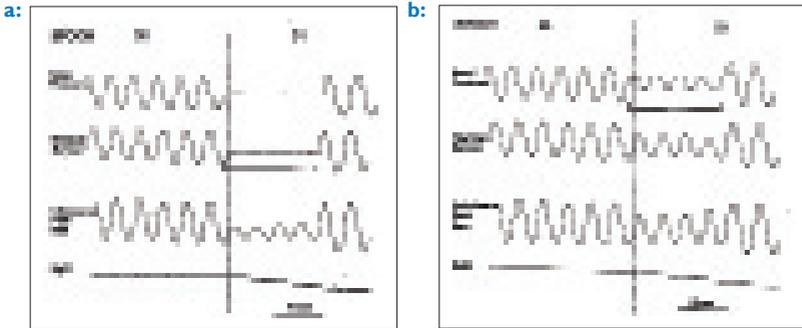
Technische Überlegungen

Nachweis	Empfohlener Sensor	Alternativer Sensor
Apnoe	Oronasaler Temperatursensor	Nasen-Luftdruckwandler
Hypopnoe	Nasen-Luftdruckwandler	Nicht kalibrierte oder kalibrierte Induktionsplethysmografie oder ein oronasaler Temperatursensor
Atemanstrengung	Ösophagusmanometrie oder kalibrierte / nicht kalibrierte Induktionsplethysmografie	Zwerchfell-/ Zwischenrippen- EMG
Sauerstoffsättigung	Pulsoxymetrie (mit einer maximal zulässigen Signalmittelungszeit von 3 Sekunden)	

Regeln zur Ereignisdauer

Zur Bewertung eines Ereignisses als Apnoe oder Hypopnoe wird die Ereignisdauer von dem Nadir (Fußpunkt) vor dem ersten deutlich reduzierten Atemzug bis zum Beginn des ersten Atemzugs, der in etwa der Grundlinien-Atemamplitude entspricht, gemessen (siehe horizontale eckige Klammern in der Abbildung).

Abbildung 26: Bewertung einer Apnoe (a) und Hypopnoe (b) [1]



Bewertung als Apnoen

Ein Ereignis wird als Apnoe bewertet, wenn folgende Kriterien zutreffen:

- Der Peak der Auslenkung des Temperatursensors fällt um $\geq 90\%$ von der Grundlinie ab.
- Die Dauer des Ereignisses beträgt mindestens 10 Sekunden, und mindestens 90 % der Ereignisdauer erfüllen die Kriterien zur Amplitudenverkleinerung für Apnoen.

Apnoen werden in folgende Kategorien unterteilt:

- **obstruktiv**, wenn durchgehend eine Atemanstrengung vorliegt
- **zentral**, wenn durchgehend keine Atemanstrengung vorliegt
- **gemischt**, wenn anfangs keine Atemanstrengung vorliegt, diese jedoch im zweiten Abschnitt des Ereignisses wieder aufgenommen wird

Regeln für Hypopnoen

Ein Ereignis wird als Hypopnoe bewertet, wenn alle der folgenden Kriterien erfüllt sind:

Empfohlene Regeln	<ul style="list-style-type: none">• Die Signalauslenkungen für den Nasendruck fallen um $\geq 30\%$ von der Grundlinie ab.• Die Dauer dieses Abfalls beträgt mindestens 10 Sekunden.• Es gibt eine Entsättigung von $\geq 4\%$ gegenüber der Grundlinie vor dem Ereignis.• Mindestens 90 % der Ereignisdauer müssen die Kriterien zur Amplitudenverkleinerung für Hypopnoen erfüllen.
Alternative Regeln	<ul style="list-style-type: none">• Die Signalauslenkungen für den Nasendruck fallen um $\geq 50\%$ von der Grundlinie ab.• Die Dauer dieses Abfalls beträgt mindestens 10 Sekunden.• Es gibt eine Entsättigung von $\geq 3\%$ gegenüber der Grundlinie vor dem Ereignis und das Ereignis ist mit Weckreaktionen assoziiert.• Mindestens 90 % der Ereignisdauer müssen die Kriterien zur Amplitudenverkleinerung für Hypopnoen erfüllen.

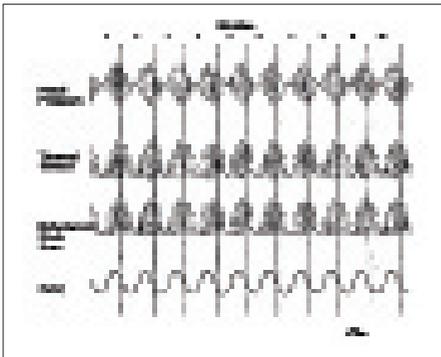
Hinweis: Regeln für von der Atemanstrengung abhängige Weckreaktionen (RERA) und Hypoventilation gelten als optional.

Regeln für Cheyne-Stokes-Atmung

Die Bewertung als Cheyne-Stokes-Atmung erfolgt dann, wenn mindestens drei aufeinander folgende Zyklen mit periodischem An- und Abschwollen der Atemamplitude (siehe Abbildung) auftreten und mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- 5 oder mehr zentrale Apnoen oder Hypopnoen pro Stunde Schlaf.
- Das periodische An- und Abschwollen hat eine Dauer von mindestens 10 aufeinander folgenden Minuten.

Abbildung 27: Cheyne-Stokes-Atmung [1]



Literatur

- [1] Iber C., Ancoli-Israel S., Chesson A. L., Quan S. F.: The AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events: Rules, Terminology, and Technical Specifications. Westchester, Ill, American Academy of Sleep Medicine, 2007
- [2] Rechtschaffen A., Kales A. (Hrsg.): A Manual of Standardized Terminology, Techniques, and Scoring System for Sleep Stages of Human Subjects. U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service – NIH/NIND; 1968

**Philips Healthcare ist ein
Unternehmen der Royal
Philips Electronics**

So erreichen Sie uns

www.philips.com/healthcare

healthcare@philips.com

Fax: +31 40 27 64 887

Asien

+852 2821 5888

Europa, Naher Osten, Afrika

+49 7031 463 2254

Lateinamerika

+55 11 2125 0744

Nordamerika

+1 425 487 7000

800 285 5585

(gebührenfrei, nur USA)

Philips Healthcare

Global Information Center

P.O. Box 1286

5602 BG Eindhoven

Niederlande

Philips Respironics
1010 Murry Ridge Lane
Murrysville, PA 15668, USA

Kundendienst
+1 724 387 4000
+1 800 345 6443 (gebührenfrei)

Philips Respironics Europa,
Naher Osten, Afrika
+33 1 47 52 30 00

Respironics Asien-Pazifik
+65 6298 1088

Respironics Deutschland
+49 8152 93 06 0

Respironics Frankreich
+33 2 51 89 36 00

Respironics Italien
+39 0362 63 43 1

Respironics Schweden
+46 8 120 45 900

Respironics Schweiz
+41 6 27 45 17 50

Respironics
Vereinigtes Königreich
+44 800 1300 845

Respironics Australien
+61-(2) 9666 4444

Besuchen Sie uns unter www.philips.com/respironics



© 2009 Koninklijke Philips Electronics N.V.
Alle Rechte vorbehalten.

Philips Healthcare behält sich das Recht vor, jederzeit und ohne vorherige Ankündigung oder Verpflichtung Änderungen an den Spezifikationen vorzunehmen und/oder die Produktion eines Produkts einzustellen. Philips Healthcare haftet nicht für Folgen, die sich aus der Verwendung dieses Dokuments ergeben.

RIT.CO.006.E*JUNI 2009