

Aus dem Lehrstuhl für
Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
Prof. Dr. Jürgen Strutz
der medizinischen Fakultät der Universität Regensburg

Der Informationsgehalt des Schnarchgeräusches:
eine klinisch-experimentelle Untersuchung über den Einfluss des eigenen
Schnarchgeräusches auf Weckreaktionen im Schlaf

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der medizinischen Fakultät der Universität Regensburg

vorgelegt von
Sophie Glas

Mai 2009

Dekan:	Prof. Dr. Bernhard Weber
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Thomas Kühnel
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Thomas Bein
Tag der mündlichen Prüfung:	18. November 2009

Nare resonantes interdum sunt vigilantes

(Römisches Sprichwort)

„Sanft hat der Schlaf den Helden übernommen“

„Er schnarcht nun gleich, natürlich ist's vollkommen“

(Goethe: Faust zweiter Teil)

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	3
1.1	MOTIVATION UND ZIELSETZUNG.....	3
1.2	SCHNARCHEN	5
1.3	AKUSTISCHE MESSUNG DES SCHNARCHENS.....	8
1.4	SCHLAFSTRUKTUR	10
1.5	WAHRNEHMUNG IM SCHLAF	12
1.6	SCHLAFSTÖRUNGEN	14
1.7	LÄRMFORSCHUNG IM SCHLAF: AKUSTIK UND GESUNDHEITSSCHÄDEN.....	15
2	Material und Methode.....	17
2.1	ALLGEMEINES	17
2.2	VERSUCHSPERSONEN: AUSWAHLKRITERIEN	18
2.3	VERSUCHSAUFBAU UND MESSVERFAHREN	19
2.3.1	<i>Räumlichkeiten und Geräteaufbau.....</i>	<i>19</i>
2.3.2	<i>Zeitliche Abfolge des Versuchs</i>	<i>21</i>
2.3.3	<i>Polysomnographie</i>	<i>23</i>
2.3.4	<i>Akustische Datengewinnung und Bearbeitung.....</i>	<i>24</i>
2.3.5	<i>Einspielung der Schnarchgeräusche.....</i>	<i>26</i>
2.3.6	<i>Fragebögen.....</i>	<i>27</i>
2.3.7	<i>Auswertung der Daten</i>	<i>29</i>
2.3.8	<i>Statistische Methoden</i>	<i>31</i>
3	Ergebnisse.....	32
3.1	PROBANDENKOLLEKTIV	32
3.2	ERGEBNISSE DER POLYSOMNOGRAPHIE	33
3.3	SCHNARCHGERÄUSCHE	34
3.3.1	<i>Objektive Messung</i>	<i>34</i>
3.3.2	<i>Subjektive Einschätzung.....</i>	<i>35</i>
3.3.3	<i>Einspielungen.....</i>	<i>36</i>
3.4	ERGEBNISSE DER POLYSOMNOGRAPHIEAUSWERTUNG	37
3.5	ERGEBNISSE DER FRAGEBOGENAUSWERTUNG	41
4	Diskussion	44
4.1	DISKUSSION DES VERSUCHSAUFBAUS UND –DESIGNS	44
4.1.1	<i>Probandenauswahl</i>	<i>44</i>
4.1.2	<i>„First-night-effect“</i>	<i>46</i>
4.1.3	<i>Aufnahme der Schnarchgeräusche.....</i>	<i>47</i>
4.1.4	<i>Bearbeitung der Schnarchgeräusche</i>	<i>49</i>
4.1.5	<i>Einspielungen der Schnarchgeräusche</i>	<i>50</i>
4.1.6	<i>Arousal als Deskriptor der Informationsverarbeitung des schlafenden Gehirns.....</i>	<i>51</i>
4.1.7	<i>Auswertung der polysomnographischen Daten.....</i>	<i>52</i>

4.2	DISKUSSION DER ERGEBNISSE.....	53
4.2.1	<i>Objektive Messung der Schnarchgeräusche</i>	53
4.2.2	<i>Subjektive Einschätzung des eigenen Schnarchgeräusches</i>	54
4.2.3	<i>Reaktionen auf verschiedene eingespielte Schnarchgeräusche</i>	55
5	Zusammenfassung	59
6	Danksagung	60
7	Lebenslauf.....	61
8	Erklärung zu den erbrachten Leistungen	62
9	Abkürzungsverzeichnis	63
10	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis.....	64
11	Anlagen	65
12	Bibliographie	82

1 Einleitung

1.1 Motivation und Zielsetzung

In seinem Buch „Tom Sawyer auf Reisen“ beschreibt Marc Twain anschaulich, wie ein Mensch genervt dem Schnarchen seines Nachbarn lauscht und nicht einschlafen kann: „Jim begann zu schnarchen – zuerst leise und blasend, dann vergleichbar mit einem langen Kratzen, und bald ertönten ein halbes Dutzend furchtbare Schnarcher, die sich anhörten wie Wasser, das den Badewannenausguss hinuntergurgelt. Dazwischen hörte man ein Schniefen wie von einer erstickenden Kuh und schließlich wurde das Geräusch noch einmal kräftiger und mündete in große Hustenstöße.“ Während der Schnarcher selbst von seinem ohrenbetäubenden Geräusch nicht erwachte, war es umso erstaunlicher, dass das genügte, im selben Raum ein Streichholz anzuzünden, um den Schläfer aus dem Tiefschlaf zu reißen. Diese Schilderung ließ Marc Twain zu seinem bekannten Zitat hinreißen: „Es ist unergründlich, warum ein Schnarcher sich nicht selbst schnarchen hören kann.“(Rieger 2002)

Es ist empirisch unmittelbar einleuchtend, dass Schnarchen zu Schlafstörungen des Partners führt. Ungeklärt ist die aber die interessante Frage, ob das Schnarchen nicht den Schläfer selbst auch stört. Wenn nicht, und dafür sprechen die Beobachtungen der habituellen Schnarcher, bleibt zu klären, warum fremdes Schnarchen so störend, eigenes Schnarchen dies aber nicht ist. Wir behaupten, dass nicht die einschlägigen physikalischen Parameter, sondern der Informationsgehalt des Geräusches die wesentliche Rolle spielt. Unser Gehirn unterscheidet auch im Schlaf zwischen unwichtigen und wichtigen Geräuschen. Eine Mutter hört im sogenannten Ammenschlaf das Weinen des eigenen Kindes, verarbeitet das Geräusch und wacht auf. Das Weinen trägt also eine, die Mutter alarmierende Information.

Wir stellten uns die Frage, ob im Gegensatz dazu das eigene Schnarchgeräusch dem Gehirn eine „entwarnende Information“ vermittelt, so dass der Schnarcher nicht aufwachen muss. Bei der vorliegenden Studie wurde geprüft, ob und wie eine schnarchende Person auf ihr eigenes Schnarchgeräusch im Schlaf reagiert wenn sie es

von außen durch einen Lautsprecher vorgespielt bekommt. Dann verglichen wir dies mit der Reaktion des Schnarchers auf fremde Schnarchgeräusche. Unser Ziel war es herauszufinden, ob und wie eine schnarchende Person auf ihr eigenes Schnarchen reagiert.

Unsere Nullhypothese lautet: Eine schnarchende Person reagiert im Schlaf auf eigene und fremde Schnarchgeräusche gleich.

1.2 Schnarchen

Schnarchen ist ein schlafabhängiges Atemgeräusch. Eine valide *Definition* des Schnarchens gibt es aber nicht. Zwar kann man das Schnarchgeräusch an sich ohne Weiteres von anderen Atmungsgeräuschen auf Grund seiner bestimmten akustischen Charakteristika, wie Pfeifen, Knattern oder Reiben unterscheiden (Perez-Padilla *et al.* 1993), auf eine allgemein hin gültige Definition haben sich Wissenschaftler bisher noch nicht festgelegt.

Schnarchen ist ein *multifaktorielles Phänomen* (Friedmann 2006). Fajdiga bedient sich des Bernoulli-Prinzips, um dieses Phänomen zu erklären: Dieses besagt, dass wenn Luft (technisch gesehen eine Flüssigkeit) durch ein Rohr mit verschiedenen Durchmessern strömt, die Strömungsgeschwindigkeit an der Engstelle schneller und der Druck niedriger ist als in den größeren Teilen des Rohres. Dadurch entsteht in den engeren Stellen ein Unterdruck. Bezieht man dies nun auf die oberen Atemwege so lässt sich beobachten, dass beim schnellen Luftstrom durch die engen oberen Atemwege dieser Unterdruck die pharyngalen Strukturen nach innen saugt (Fajdiga 2005b). Deren Vibration kann Schnarchen generieren (Fajdiga 2005a; Liistro *et al.* 1991; Lugaresi *et al.* 1994). Dieses Phänomen ist eine normale Konsequenz des Schlafes und kommt auch bei Menschen, die nicht schnarchen, vor. Wichtig ist nur das Ausmaß der Veränderungen. Dieses führt dann letzten Endes zum Unterschied zwischen Nichtschnarchern und Schnarchern (Hoffstein 1996). Messungen während des Schlafs haben bewiesen, dass Schnarcher einen höheren negativen inspiratorischen Saug-Druck, eine verlängerte Inspirationszeit (Stoohs and Guilleminault 1991), eine erhöhte pulmonale Resistance (Skatrud and Dempsey 1985) und einen schwächeren Respirationsfluss erzeugen als Nicht- Schnarcher (Skatrud and Dempsey 1985).

Schnarchen ist *häufig*. Unter den Erwachsenen schnarchen mindestens 20-30%, 60% der Männer und 40% der Frauen im Alter zwischen 40 und 65 Jahren schnarchen jede Nacht (Lugaresi *et al.* 1994; Weingarten and Raviv 1995). Im Alter zwischen 30-60 Jahren sind 28% der Frauen und 44% der Männer habituelle Schnarcher (Young *et al.* 1993b). Andere Quellen gehen von noch größeren Zahlen aus. Einer Studie in Kanada zu Folge schnarchen dort 86% der verheirateten Männer und 57% der verheirateten

Frauen (Norton *et al.* 1983). Schnarchen kommt in jedem Alter vor, wird jedoch im höheren Alter vor allem bei Männern, aber auch bei Frauen, häufiger beobachtet (Lugaresi *et al.* 1980; Noal *et al.* 2008).

In der Literatur wird häufig folgende *Einteilung* des Schnarchens verwendet (Schäfer 1996):

- Fakultatives Schnarchen: Schnarchen, das gelegentlich, aber nicht jede Nacht auftritt
- Habituelles Schnarchen: jede Nacht auftretendes Schnarchen mit und ohne Sauerstoffentsättigung ohne Tagesmüdigkeit
- Obstruktives Schnarchen: jede Nacht auftretendes Schnarchen mit und ohne Sauerstoffentsättigung mit Tagesmüdigkeit

Die Internationale Classification of Sleep Disorders der American Sleep Disorders Association (ASDA, 1990) teilt das Schnarchen etwas anders ein und grenzt primäres Schnarchen vom obstruktiven Schlafapnoesyndrom ab. Demnach zeigt sich beim primären Schnarchen eine normale Schlafarchitektur mit normalem Atemmuster ohne Sauerstoffentsättigung während des Schlafes und ohne Tagesmüdigkeit. Leidet ein Patient mit obstruktiven Apnoen an Insomnie und daraus resultierender ausgeprägter Tagesschläfrigkeit spricht man vom obstruktiven Schlafapnoesyndrom. 2% der Frauen, 4% der Männer im mittleren Alter leiden an OSA (Young *et al.* 1993a).

Für vorgestellte Studie war der Grad der pharyngalen Obstruktion von Bedeutung. Dabei wurde zwischen habituellem Schnarchen und obstruktivem Schnarchen, gefolgt von einer Apnoe, unterschieden.

Unkompliziertes Schnarchen hat keinen Langzeiteffekt auf die *Gesundheit*. Gemäß Counter und Wilson wirkt Schnarchen nicht negativ auf die koronare, systemische oder zerebrale Zirkulation (Counter and Wilson 2004). Laut Perez-Padilla *et al.* kommt es bei gesunden Leicht-Schnarchern zu keiner Veränderung von Sauerstoffsättigung, Herzfrequenz oder Atemrhythmus. Bei stärker Schnarchenden kommen Atmungsabnormalitäten jedoch häufiger vor (Perez-Padilla *et al.* 1987). Apnoen im Schlaf führen hingegen zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen, die in der Literatur zahlreich beschrieben sind. Guilleminault *et al.* quantifizieren die Symptome: unruhiger

Schlaf (100%), intermittierendes, unrhythmisches Schnarchen (94%), Tagesschläfrigkeit (78%), verminderte intellektuelle Leistungsfähigkeit (58%), Persönlichkeitsveränderungen (48%), Sexuelle Funktionsstörungen (48%), morgendliche Kopfschmerzen (36%) und Enuresis nocturna (30%) (Guilleminault *et al.* 1978). Viele Erkrankungen sind mit OSA assoziiert (Jennum *et al.* 1992), wie essentielle Hypertonie (Lugaresi *et al.* 1980), Übergewicht (Lopez *et al.* 2008), Hypercholesterinämie und Typ II Diabetes (Palla *et al.* 2008; Shaw *et al.* 2008). OSA und Hypertension haben zusammen einen additiven Effekt auf Arteriosklerose der Karotiden und führen daher zu einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen (Drager *et al.* 2009), chronische ischämische Herzerkrankungen (Huang *et al.* 2008), Herzinfarkt (Janszky *et al.* 2008) und Schlaganfall (Valham *et al.* 2008). Die das obstruktive Schlafapnoe definierende Tagesmüdigkeit entsteht durch die vielen kleinen Arousals, die den Schlaf fragmentieren (Guilleminault *et al.* 1993), und führt gehäuft zu Autounfällen (Ellen *et al.* 2006).

Neben den kardiovaskulären und psychischen Gesundheitsaspekten ist auch die Frage interessant, ob nicht auch das Gehör der Schnarcher nach langjähriger nächtlicher Beschallung durch eigenes Schnarchen in Mitleidenschaft gezogen wird. Schließlich erreichen einige Schnarcher Dezibelwerte, die bei längerfristiger Einwirkung zu Hörschäden führen müssten. Auch wurde nachgewiesen, dass Bettpartner von Schnarchern einen einseitigen Hörverlust erleiden können (Sardesai *et al.* 2003). Prazic vertrat 1973 die These, dass die spektralen Charakteristika von Schnarchen denen des Industrielärms, der zu Hörverlust führt, sehr ähnlich sind und deshalb der Hörverlust im Alter vor allem durch das Schnarchgeräusch bedingt ist (Prazic 1973). Hoffstein *et al.* widerlegten dies jedoch. Ihnen zufolge ist Schnarchen nicht mit Altersschwerhörigkeit assoziiert, da das Geräuschlevel zu gering ist, um dauerhafte Schäden auszulösen (Hoffstein *et al.* 1999).

1.3 Akustische Messung des Schnarchens

Den Weltrekord im Schnarchen hält momentan Kare Walkert aus Kumla, Schweden, mit einer Schnarchlautstärke von 93 dBA (2009). Er brach den Schnarchlautstärken-Rekord von 92,3 dBA von Melvin Switzer aus Kent, England. Man erzählt sich die Anekdote, dass seine Frau nachts ungestört neben ihrem Mann schlafen konnte, weil sie auf einem Ohr taub war, und somit ihre Ehe zeitlebens glücklich war (Rieger 2002).

Die Lautstärke und Beschaffenheit des Schnarchgeräusches hat viele Wissenschaftler zu Studien motiviert. Die Geräuschqualität hängt von mehreren Faktoren ab, wie Schlafposition, Schlafarchitektur, Atmungswege (Series *et al.* 1993). Auch Alkohol (Noal *et al.* 2008) und Hypnotika-Einnahme (Schneider *et al.* 1996) können das Schnarchgeräusch verändern und verstärken.

Schnarchen ist ein subjektiver Eindruck des Hörers. Bisher hat sich noch kein Standardverfahren mit valider Mikrofonposition und kalibrierter Ausrüstung durchsetzen können, um ein Schnarchgeräusch aufzunehmen (Hoffstein 1996). Die große Schwierigkeit besteht darin, die Aufnahme so zu gestalten, dass der Höreindruck exakt abgebildet wird und daraus valide biologische Parameter generiert werden können. Verschiedene Mikrofonpositionen wurden schon ausprobiert. Fiz *et al.* klebten ein Mikrofon auf den Hals des Schnarchers, 1 cm lateral der Mittellinie des Cricoids (Fiz *et al.* 1996). Leiberman *et al.* hingen das Mikrofon 15-20 cm (Leiberman *et al.* 1986), Herzog *et al.* 30 cm (Herzog *et al.* 2008b), Kühnel *et al.* 50 cm (Kühnel *et al.* 2008), Wilson *et al.* 60 cm (Wilson *et al.* 1985) und White *et al.* sogar 90 cm (White *et al.* 1994) über dem Gesicht des Schnarchers auf. Um eine Verfälschung des Ergebnisses zu verhindern, wenn der Patient auf der Seite liegt, brachten Caffier *et al.* zwei Mikrophone an beiden Bettseiten jeweils 60 cm über dem Schnarcher an (Caffier *et al.* 2007). Perez-Padilla *et al.* befestigten das Mikrofon auf dem Manubrium Sterni (Perez-Padilla *et al.* 1987) und hängten in einer späteren Studie ein zusätzliches 15 cm über den Kopf des Schnarchers (Perez-Padilla *et al.* 1993). Herzog *et al.* testeten insgesamt sechs Mikrofonpositionen und kamen zu dem Ergebnis, dass luftgekoppelte Mikrophone ein größeres Frequenzspektrum aufnehmen, als Körper-Kontakt-

Mikrophone, da diese über einer Frequenz von 1000 Hz an Sensitivität abnehmen. Da auch die hohen Frequenzen in komplexen Schnarchmustern vorkommen, muss eine Aufnahme diese ausreichend analysieren und erfassen können (Herzog *et al.* 2008a).

Nicht nur die üblichen Parameter wie Schnarchindex oder Schnarchfrequenz, sondern auch Parameter wie zum Beispiel die Spikes bei der Geräusch-Intensität beim Atmen, die maximale und die mediane Schnarch-Intensität (dB_{max} , dB_{mean}) wurden aufgenommen, gemessen und analysiert (Hoffstein *et al.* 1991). Das äquivalente Soundlevel L_{eq} quantifiziert den Schnarch-Lärm während der gesamten Nacht, objektiviert so den Störfaktor und die eventuell daraus resultierenden Hörschäden des Bettpartners (Dalmaso and Prota 1996a; Wilson *et al.* 1985).

Mit einer Analyse des Power-Spektrums mit Frequenzwerten und typischer Form kann man zwischen starkem Schnarchen und OSA unterscheiden (Perez-Padilla *et al.* 1993). Gemäß Fiz *et al.* hat habituelles Schnarchen ein Frequenzspektrum, das durch eine Grundfrequenz und die Präsenz von mehreren Harmonien gekennzeichnet ist. Diese klar definierbaren Harmonien fehlen dem obstruktiven Schnarchen (Fiz *et al.* 1996). Anhand der Analyse von verschiedenen Frequenzspektren und unterschiedlichen Mustern von Geräusch-Wellenformen differenzieren mehrere Autoren Zungengrund- von Velum-Schnarchen. Sie ordnen Schnarchen mit einer Spitzenfrequenz von *über* 400 Hz dem Zungengrundschnarchen, von *unter* 400 Hz dem primären Schnarchen, das am Weichgaumen erzeugt wird, zu (Agrawal *et al.* 2002; Beck *et al.* 1995; Hara *et al.* 2006; Quinn *et al.* 1996). Mit dem linearen Prädiktionscode, der die Querschnittsfläche von oberen Atemwegen definiert, kann sogar der Ort der Obstruktion definiert werden (Dalmaso and Prota 1996b). Trotz all dieser technischen Versuche scheint es immer noch schwierig, mathematisch das darzustellen, was das menschliche Gehör sehr einfach hören kann.

1.4 Schlafstruktur

Menschen verbringen etwa ein Drittel ihres Lebens schlafend. Einen wachen Menschen mit geschlossenen Augen kann man von einem schlafenden anhand der Aufzeichnung und Darstellung bestimmter Biosignale, der sogenannten Polysomnographie unterscheiden. Gemessen werden:

- die Hirnaktivität (Elektroenzephalogramm - EEG) mit Elektroden auf der Kopfhaut
- die Augenbewegungen (Elektrookulogramm - EOG) mit zwei seitlich neben den Augen angebrachten Elektroden
- die Anspannung der Muskulatur (Elektromyogramm - EMG) mit am Kinn befestigten Elektroden.

Rechtschaffen und Kales beschrieben 1968 fünf verschiedene Schlafstadien, basierend auf den Beobachtungen von charakteristischen Veränderungen des EEGs und der Erweckbarkeit der Schläfer (Rechtschaffen *et al.* 1968).

- Wachzustand: Aktivität von niedriger Spannung und gemischter Frequenz, α (8-12 Hz)- und/oder β (13-30 Hz)- Frequenzen, schnelle, unregelmäßige Augenbewegungen, Blinzeln
- Stadium I (= Dösen, Halbschlaf): Reduktion der relativen Anzahl der α -Frequenzen (8-12 Hz), Erscheinen von neuen β - Frequenzen (13-30 Hz), langsame Augenbewegungen
- Stadium II: (= Leichtschlaf): τ (4-7 Hz)- bis δ (0,25-3 Hz)-Wellen, K-Komplexe und Spindeln (Schwingungen 12-14 pro Sekunde)
- Stadium III/ IV (= Tiefschlaf): langsame δ -Wellen (0,25-3 Hz) mit hoher Amplitude (über 75 μ V>20%)
- NREM (= non-REM): Stadien I, II ,III und IV zusammengefasst
- REM-Schlaf-Stadium (= Traumschlaf = paradoxer Schlaf): EEG-Aktivität der des Wachzustands sehr ähnlich, gemischte Frequenz, dominierend τ (4-7 Hz)-

Wellen, sogenanntes „Sägezahnmuster“, Reduktion der EMG-Aktivität, binokulare, synchrone schnelle Augenbewegungen, ungefähr alle 90 min mit ansteigender Periodendauer, Schläfer sehr schwierig zu erwecken

Genannte Schlafstadien wechseln sich in einem zyklischen Verlauf ab. Nach frühestens 90 min wird das REM-Schlafstadium erreicht. Die einzelnen Schlafphasen haben folgenden Anteil am Gesamtschlaf: I: 5%, II: 49%, III: 8%, IV: 13%, REM: 24%, Wach 1% (Lund and Clarenbach 1992). Im Alter kommt es zur Reduzierung des Tiefschlafs, vor allem zu Gunsten von Stadium II.

Schlaf in den ersten Lebensjahren dient vor allem der Gehirnentwicklung (Peirano and Algarin 2007), später sorgen Tiefschlaf und Leichtschlaf für Erholung (Bonnet 1986), während der REM-Schlaf für Datenspeicherung (Siegel 2001) und dem inversen Lernprozess (Crick and Mitchison 1995) verantwortlich ist.

Während des Schlafes kommt es bei den Menschen regelmäßig zu Episoden von Steigerung der Frequenz im EEG zusammen mit autonomer Aktivierung (Herzfrequenz, Blutdruck, Atmungsfrequenz) und Steigerung des Muskeltonus. Dieses sogenannte Arousal erfasst eine sehr kurze Erhöhung der Gehirnaktivität, die τ - und α -Aktivität und/oder Frequenzen höher als 16 Hz, aber keine Spindeln miteinschließt. Dies reicht vom Mikroarousal, mit einer Dauer von 3-10 Sekunden, bis zur vollständigen Aufwachreaktion (ASDA 1992; Rechtschaffen *et al.* 1968). Arousals kommen im Schlaf spontan, bei normalen jungen Erwachsenen in einer Frequenz von im Mittel 15 bzw. 21 mal pro Stunde (Boselli *et al.* 1998; Mathur and Douglas 1995) oder als Antwort auf exogene und endogene sensorische Reize vor (Halasz *et al.* 2004). Ihre Funktion bleibt bisher unklar. Nach Halasz *et al.* liegt die funktionelle Bedeutung eines Arousals im Schlaf darin, die Reversibilität des Schlafes zu sichern. Sie stellen die Verbindung des Schläfers mit der ihn umgebenden Welt dar. Ohne Arousals könnte man den Schlaf nicht vom Koma unterscheiden (Halasz *et al.* 2004). Die Frequenz der Arousals steigt mit zunehmender Intensität der Stimuli, am wenigsten in Schlafphase III und IV (Kato *et al.* 2004). Arousals führen nicht unbedingt gleich zum vollständigen Aufwachen, sondern können auch nur einen Schlafiefenwechsel, z. B. von Schlafphase IV zu Schlafphase II, und somit eine Verflachung des Schlafes herbeiführen. Eine hohe Anzahl an Mikroarousals führt zu Schlaffragmentation mit Verlust der

Schlafkontinuität. Daraus resultieren schlechte Schlafqualität, Müdigkeit, Schläfrigkeit und möglicherweise auch ein Abfall der mentalen und physischen Leistungsfähigkeit im Wachzustand (Bonnet and Arand 1997;Roehrs *et al.* 1994)

1.5 Wahrnehmung im Schlaf

Es bleibt die interessante Frage zu klären, was und wie viel ein Mensch im Schlaf überhaupt wahrnimmt. Schon 1830 regte diese Frage den deutschen Physiologen Friedrich Burdach zu folgenden Überlegungen an: „Die Seele isoliert sich im Schlafe gegen die Außenwelt,...die passiven Sinne sind die Wächter im Schlafe..., das Gehör...der Nachtsinn,...nicht nur durch die bloße Stärke des sinnlichen Eindrucks, sondern durch die Beziehung desselben wird geweckt,...die Mutter erwacht durch die geringste Bewegung oder dem leisesten Laute,...gewohntes Geräusch stört nicht,...Mancher sinnlicher Eindruck ist selbst notwendig,...wie denn der Müller, der nur dann schläft, wenn er das Klappern seiner Mühle hört...“(Burdach 1830).

Subjektiv hat man den Eindruck, dass Bewusstsein und die Antwort auf externe Stimuli im Schlaf, verglichen mit dem Wachstadium durch einen selektiven Filter reduziert sind. Studien haben bewiesen, dass auch das schlafende Gehirn relevante sensorische Informationen herausfiltern kann (Halasz *et al.* 2004;Kisley *et al.* 2001). Lavigne *et al.* beschrieben einen Selektionsprozess für taktile Reize (Lavigne *et al.* 2000;Lavigne *et al.* 2004), Bastuji *et al.* und Nielsen-Bohlman *et al.* bewiesen einen Selektionsprozess für akustische Stimuli im Gehirn eines schlafenden Menschen (Bastuji *et al.* 1995;Nielsen-Bohlman *et al.* 1991). Dazu wurden Probanden im Schlaf repetitive Tonsequenzen vorgespielt. In bestimmten Abständen wurden einzelne Töne der monotonen akustischen Einspielung in Lautstärke und Tonhöhe verändert und ereigniskorrelierte Potentiale am Kopf abgeleitet. Das Gehirn reagiert mit einer Veränderung der Morphologie der K-Komplexe im Schlafstadium II, sowie im Tiefschlaf (Bastuji *et al.* 1995;Bastuji *et al.* 2002).

Der Mensch ist aber auch durchaus in der Lage, während er schläft, bestimmten externen semantischen Stimuli, zum Beispiel dem eigenen Namen, eine Bedeutung

beizumessen und sie zu kategorisieren (Langford *et al.* 1974; McDonald *et al.* 1975; OSWALD *et al.* 1960; Perrin *et al.* 1999). Der eigene Name als Stimulus hat den Vorteil, dass er sowohl täglich dauernd wiederholt wird, dem Träger also bestens bekannt ist, als auch mit einer emotionalen Komponente besetzt ist. Eine Habituation an die repetitive Einspielung kann sich also im Gegensatz zu Tönen nicht einstellen. Perrin *et al.* und Pratt *et al.* spielten Probanden während der Wach- und Schlafphase den eigenen Namen und ein unbedeutendes Wort bzw. einen anderen Namen vor und maßen die Reaktion anhand von Gehirnpotentialen. Die Morphologie der ereignisevozierten Potentiale (EEPs) hob sich bei der Einspielung des eigenen Namens von den anderen EEPs ab und zeigte andere, für jede Schlafphase typische Muster (Perrin *et al.* 1999; Pratt *et al.* 1999). Neuere Studien bestätigten dies anhand von funktioneller Magnetresonanztomographien (Portas *et al.* 2000). Der auditorische Cortex ist im NREM-Schlaf weniger aktiv als in der Wachphase (Braun *et al.* 1997; Czisch *et al.* 2002; Kajimura *et al.* 1999). Trotzdem zeigen einige Zellen im auditorischen Cortex ähnliche Antworten in der Wachphase und im Schlaf (Braun *et al.* 1997; Edeline *et al.* 2001; Perrin *et al.* 1999). Der auditorische Cortex reagiert im REM-Schlaf noch mehr auf externe Stimuli als im NREM. Die Reaktionen ähneln denen der Wachphase (Perrin *et al.* 1999; Pratt *et al.* 1999). Das Gehirn verarbeitet also auch im Schlaf eingehende Informationen und ist fähig, verschiedene Stimuli voneinander zu unterscheiden.

Schnarcher behaupten häufig, ihr eigenes Schnarchen zu hören und davon sogar aufzuwachen. Es stellt sich die Frage, wie und ob ein Schnarcher seine selbst produzierten Geräusche wahrnimmt. Hoffstein *et al.* (Hoffstein *et al.* 1994) prüften die Selbstwahrnehmung des eigenen Schnarchgeräusches. Sie verglichen die subjektive Wahrnehmung eines Schnarchers und der von Schlaflabortechnikern mit objektiven Messungen der Lautstärke und Frequenz von Schnarchgeräuschen. Nach einer Nacht im Schlaflabor beurteilten Techniker und die schnarchenden Probanden unabhängig voneinander das Schnarchen des Probanden anhand eines Fragebogens. Es zeigte sich, dass viele Schnarcher sich ihres eigenen Schnarchens nicht bewusst sind. 77% der Probanden konnten nicht sagen, ob sie geschnarcht hatten, oder nicht. Von den verbliebenen 23% sagte die Hälfte, sie hätte nicht geschnarcht, obwohl die Polysomnographie dies bewies. Auch schätzten sie die Schwere ihres eigenen Schnarchens ganz anders ein, als die, die den Schnarchern direkt zuhören. Die

Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass die Selbstwahrnehmung des eigenen Schnarchgeräusches nicht unbedingt richtig ist, aber auch objektive Messungen des Schnarchens nur wenig mit der subjektiven Wahrnehmung des Zuhörers korrelieren.

1.6 Schlafstörungen

Schlafstörungen sind häufig. Sie stellen ein ernsthaftes individuelles und auch sozioökonomisches Problem dar. Wer schlecht schläft ist tagsüber müde, verliert seine Leistungsfähigkeit und langfristig seine Gesundheit (Breslau *et al.* 1996). Weyerer und Dilling fassten in einer Übersicht die Daten bisheriger epidemiologischer Studien zur Prävalenz der Insomnie zusammen. Hiernach leiden 15 - 35% der Bevölkerung in den westlichen Industrieländern unter leicht bis schwer ausgeprägten Insomnien. Die Prävalenz der Insomnie steigt mit höherem Alter, ältere Menschen haben eine verringerte Schlaffeffizienz, eine verlängerte Schlaf-Latenzzeit und höhere Anzahl an Aufwachreaktionen und Wachphasen während der Nacht, Unterschiede bei Geschlechtern bestehen nicht (Griefahn *et al.* 2004; Weyerer and Dilling 1991).

Schlafstörungen können sehr unterschiedliche physiologische, pathophysiologische und pathologische Gründe haben. Extrinsische Schlafstörungen gehören zu den Dysomnien, die durch äußere Faktoren entstehen und entweder Ein- bzw. Durchschlafschwierigkeiten oder übermäßige Schläfrigkeit verursachen (ICSD 1995). Zu ihnen gehören „Umweltbedingte Schlafstörungen“, die durch störende Umweltfaktoren entstehen und eine Insomnie oder Schläfrigkeit verursachen (Griefahn 2002; Rabat *et al.* 2006).

Man kann zwischen *primären* und *sekundären* Schlafstörungen durch Lärm unterscheiden:

Primäre Schlafstörungen sind Reaktionen, die sich in der Nacht als unmittelbare Reaktionen auf Geräusche manifestieren, wie zum Beispiel vegetative Arousal, Aufwachreaktion und vermehrte Ausschüttung von Stresshormonen. Sie sind kurzfristig kompensierbar und führen auf interindividuell sehr unterschiedliche Weise zu Veränderungen am nächsten Tag, den *sekundären* Schlafstörungen. Diese sind u.a.

Verminderung der Leistung, Erhöhung der Ermüdung und der Lärmempfindlichkeit (Basner *et al.* 2004). Durch die repetitiv evozierten primären und sekundären Schlafstörungen resultieren Langzeiteffekte, z.B. multifaktorielle chronische Krankheiten, chronische Belästigung und permanente Verhaltensänderungen (Griefahn *et al.* 2004).

Ulfberg *et al.* untersuchten Frauen, die mit starken Schnarchern zusammenleben. Diese zeigten häufiger Symptome wie Schlaflosigkeit, Morgenkopfschmerzen, Tagesmüdigkeit und Fatigue als Frauen, die nicht mit Schnarchern zusammenleben. (Ulfberg *et al.* 2000). Lautes Schnarchen hat aber nach Wilson *et al.* auch einen schlechten Einfluss auf die Schlafqualität des Schnarchers selbst: Schnarcher, die über 55 dB laut schnarchen haben einen deutlich niedrigeren Anteil an Tief- und REM-Schlaf (Wilson *et al.* 1999).

1.7 Lärmforschung im Schlaf: Akustik und Gesundheitsschäden

Lärm stellt einen Umweltbelastungsfaktor dar, der sich negativ auf das physische und psychische Befinden und auch den Schlaf auswirkt. Das Gehör ist ein permanentes Alarmsystem, das auch im Schlaf aktiv ist. Wenn der Schlaf durch Lärm gestört wird, sprechen viele Rezeptoren, die über die *Formatio reticularis* vermittelt werden, im Körper an. So kommt es nicht nur zur Störung des Schlafes, sondern auch zu vegetativen Reaktionen, wie die Ausschüttung von Stresshormonen, die Beschleunigung der Herzfrequenz, die Erhöhung des peripheren Widerstandes und des Blutdrucks (Basner and Samel 2005; Carrington and Trinder 2008; Silvani *et al.* 2003). Lärm im Schlaf kann auch den Anstieg von Kortisol im Plasma induzieren, auch schon bei niedrigen Geräuschpegeln (Evans *et al.* 2001). Dies kann zu einer geringeren Erholung im Schlaf führen, da eine Reduktion des Kortisol-Plasma-Spiegels zu einem Minimum in der ersten Nachthälfte essentiell für die Erholung während des Schlafes und verschiedene Gedächtnisprozesse ist (Born and Fehm 2000).

Die Lärmwirkungsforschung hat allerdings gezeigt, dass nicht nur die physikalischen messbaren Schallkennwerte wie L_{\max} oder L_{eq} (Basner and Samel 2005;Quehl 2005b;Zwicker and Fastl 1990) oder intermittierende Geräusche (Basner and Samel 2005;Ohrstrom *et al.* 1988) das Belästigungserleben erklären. Wesentliche Faktoren, die die Unannehmlichkeit von Geräuschen erklären, sind zudem psychoakustische Parameter, wie Schwankungsstärke, Rauheit und Schärfe (Basner and Samel 2005;Ellermeier *et al.* 2003). Auch der Grad der wahrgenommenen Störung, der Informationsgehalt, die unterschiedliche Einstellung gegenüber der Lärmursache, die individuell wahrgenommene Bedrohung, die Kontrollierbarkeit, das Coping, sowie das Bewusstsein, den Lärm selbst verursacht zu haben sind essentielle Einflussfaktoren für Lärmbelästigung (Hoffmann *et al.* 2003;Stallen 1999). Schall, der selbst erzeugt wird, wird grundsätzlich toleriert (Gegenfurtner 2005). So wird der Schlaf eher durch unvorhersehbare, als durch vorhersehbare Geräusche gleichen Intensitätslevels gestört (Griefahn 2002;Rabat *et al.* 2006;Sasazawa *et al.* 2002). Außerdem reagieren Individuen auf äußere Lärmeinwirkung unterschiedlich empfindlich (Rabat *et al.* 2006). So hängt der Umgang mit Lärm von Faktoren, wie dem individuellen Lärmbewältigungsvermögen, der Lärmempfindlichkeit und der subjektiven Alltagsbelastung ab (Basner and Samel 2005).

Chronische Aussetzung mit Lärm, z.B. Verkehrslärm, kann nachgewiesenermaßen zu Gesundheitsschäden führen, unter anderem zu einem erhöhten Risiko für Herzinfarkt (Babisch *et al.* 2005)

Studien haben ergeben, dass Geräusche im Schlaf erst ab einer bestimmten Reaktionsschwelle wahrgenommen werden können. Auch existiert eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen Geräusch und Reaktion im Schlaf. Bei Fluglärm liegt die Aufweckschwelle bei 33 dB bei nicht linearem Zusammenhang der Dosis-Wirkungsbeziehung (Basner *et al.* 2004).

Schnarchen ist ein bisher wenig beachteter Faktor von Schlaf-störenden Geräuschen. Das Geräusch-Volumen des Schnarchens reicht an sich aus, um den Schlaf zu stören (Hunsaker and Riffenburgh 2006).

2 Material und Methode

2.1 Allgemeines

Die Studie fand im Zeitraum zwischen März und September 2006 im Schlaflabor der Universität Regensburg statt.

Für das Studienprotokoll (Nummer 06/045) besteht ein positives Votum der Ethikkommission der Universität Regensburg vom 29.3.2006, das mit der Deklaration von Helsinki und Tokyo 2004 konform ist.

Die Probanden nahmen freiwillig an der Studie teil und konnten den Versuch jederzeit abbrechen. Sie erhielten eine ausführliche Aufklärung über das Studienmodell und als Entschädigung eine Auswertung der Schlaflabornacht, um genaueren Aufschluss ihres Schnarchens zu erhalten und um eventuelle Schlafstörungen aufzudecken.

2.2 Versuchspersonen: Auswahlkriterien

Die Probanden wurden zufällig auf die Studie angesprochen, mussten aber bestimmte Auswahlkriterien erfüllen, um an der Studie teilnehmen zu können. Wichtigste Voraussetzung für den Einschluss in die Studie war eine eindeutige Eigen- und Fremdanamnese mit der Angabe, selbst regelmäßig zu schnarchen. Starke Schnarcher erhielten zum Ausschluss eines OSA noch eine Voruntersuchung schlafbezogener, respiratorischer Parameter (EKG, Flow, Sauerstoffpartialdruck Abdomen- und Thoraxexkursionen sowie Körperposition) mit einem ambulanten Polygraphiegerät (MESAM IV, Madaus Schwarzer, München). Diese Messung erlaubt die Einschätzung des Schweregrades einer schlafbezogenen Atmungsstörung (MESAM = Mobile electronic sleep apnoe measurement). Als Altersbeschränkung wurden die Jahre zwischen 18 und 70 festgelegt.

Die Probanden mussten alters entsprechend schlafgesund (Young *et al.* 1993b) sein. Aus der Studie ausgeschlossen waren Patienten, die an schweren kardiovaskulären Erkrankungen, bekannten Schlaf-/ Atmungsstörungen (AHI-Index >10/h) oder an einem beeinträchtigten Gehör litten. Ferner wurde auf Schnarcher mit eigenständigen neurologischen oder psychiatrischen Begleiterkrankungen, die für sich gesehen therapiepflichtig sind, auf Schnarcher mit vorausgegangenem zerebralem Insult, Schwangere, Menschen mit Jetlag und Schichtarbeiter verzichtet. Die Einnahme von Medikamenten, die die Schlafstruktur verändern können (z.B. Sedativa, Anxiolytika, Antidepressiva), führte ebenfalls zum Ausschluss.

2.3 Versuchsaufbau und Messverfahren

2.3.1 Räumlichkeiten und Geräteaufbau

Die Studie fand im Schlaflabor des Universitätsklinikums Regensburg auf der Station 18/19 statt. Das Schlaflabor besteht aus 2 Zimmern: einem Schlafzimmer und einem Kontrollraum. Über dem Bett hing im Abstand von 50 cm ein Mikrophon, das die Schnarchgeräusche über ein Aufnahmegerät aufnahm. Am Kopfende des Bettes – im Abstand von 50 cm zu den Ohren des Probanden - stand ein Lautsprecher (Westra LAB 401), über den die Schnarchgeräusche eingespielt wurden. Er war mit einem Audiometer (Madsen Midimate 622D, Seriennummer 39842) im Kontrollraum verbunden. Dieses Audiometer ermöglichte eine exakte Einstellung der Lautstärke während der Einspielung. Über einen Laptop konnten die einzelnen Geräusche vom Kontrollraum aus eingespielt werden.

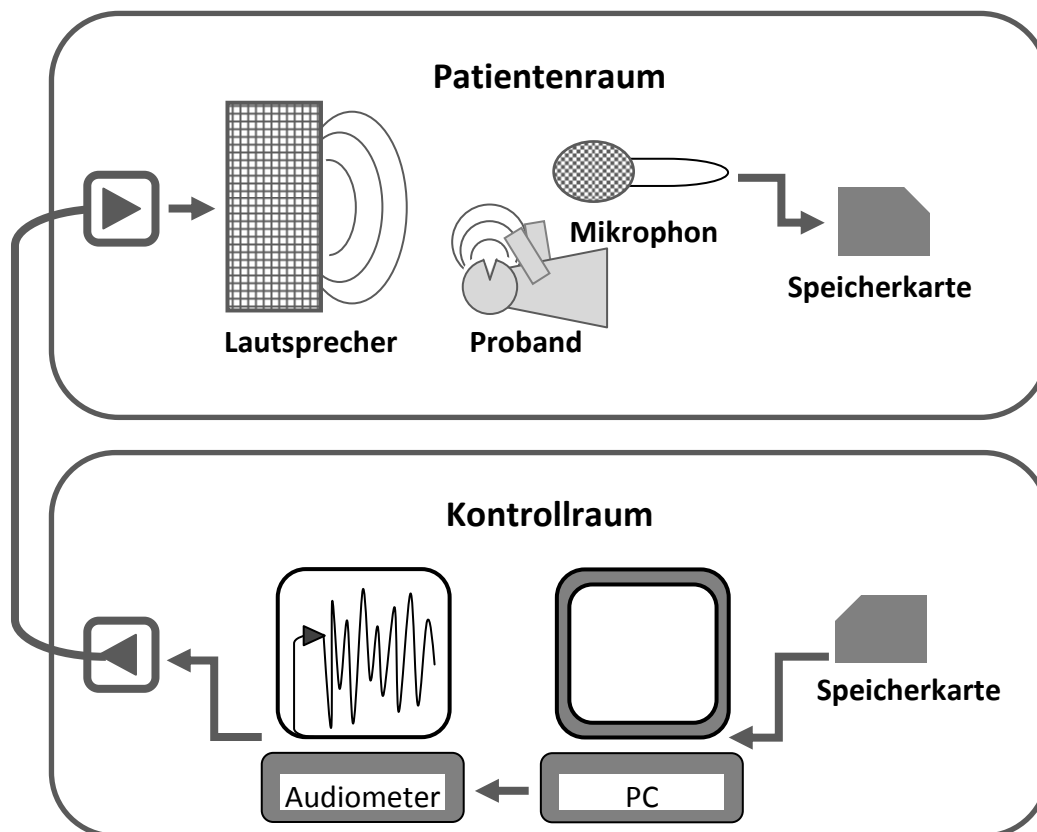


Abbildung 1 schematische Skizze des Versuchsaufbaus



Abbildung 2 Versuchsaufbau: das Mikrophon hängt im Abstand von 50 cm über dem Gesicht des auf dem Rücken liegenden Probanden, der Lautsprecher steht im Abstand von 50 cm am Kopfende des Bettes



Abbildung 3 Versuchsaufbau: Kontrollraum des Schlaflabors mit Rechner für die Polysomnographie, persönlichem Laptop und Audiometer



Abbildung 4 Audiometer

2.3.2 Zeitliche Abfolge des Versuchs

2.3.2.1 Vorstudie: Aufnahme und Bearbeitung der *fremden* Schnarchgeräusche

Die Aufnahme (siehe 3.2.3) der *fremden* Schnarchgeräusche übernahm schon vor Beginn der Studie Herr Dr. Thomas Neumann im Rahmen einer anderen Untersuchung (Neumann 2007). Bei zufällig ausgewählten Patienten, die eine Nacht im Schlaflabor der Universität Regensburg verbrachten, wurden die Schnarchgeräusche während einer ganzen Nacht registriert. Mit der freundlichen Genehmigung von Thomas Neumann wurden die Aufnahmen anschließend weiterverarbeitet (siehe 3.2.3).

Die Patienten waren alle mit der Aufnahme und Weiterverwendung ihres Schnarchgeräusches einverstanden.

2.3.2.2 Studie: Ausfüllen der Fragebögen, Aufnahme und Einspielen von Schnarchgeräuschen während einer Versuchsnacht

Zu Beginn des Versuchs im Schlaflabor füllten die Probanden zwei Fragebögen (siehe Anhang) über ihre Tagesmüdigkeit, ihr Schlaf- und Schnarchverhalten sowie zu ihrer Einstellung im Allgemeinen zu Lärm und im Speziellen zu ihrem eigenen Schnarchgeräusch aus.

- Epworth-Sleepiness-Scale
- Fragebogen zur subjektiven Einschätzung des eigenen Schnarchgeräusches (selbstentwerfener, nicht- standardisierter Fragebogen)

Im Anschluss wurden sie an das Polysomnographiegerät angeschlossen und die Versuchsnacht im Schlaflabor gestartet. Es wurde darauf geachtet, die Veränderung der normalen Schlafgewohnheiten möglichst gering zu halten.

Während der Proband schlief und schnarchte, wurde sein *eigenes* Schnarchgeräusch in gleicher Weise wie die *fremden* Schnarchgeräusche in der Vorstudie (siehe 3.2.2.1 und 3.2.3) aufgenommen. Nach ungefähr 30 Minuten erfolgreicher Datengewinnung wurde die Aufnahme beendet, auf einer PMCI-Karte gespeichert und aus dem Schlafzimmer geholt und bearbeitet. Daraufhin wurden über die ganze Versuchsnacht verteilt, die jeweiligen Schlafphasen berücksichtigend, die verschiedenen Schnarchgeräusche über einen Lautsprecher eingespielt. Am Ende des Versuchs, nach mindestens 5,5 Stunden Schlaf und ausreichenden Einspielungen, wurden die Probanden geweckt und abgekabelt. Nachdem sie einen weiteren Fragebogen ausgefüllt hatten, sollten sie noch versuchen, im Wachzustand aus den 3 verschiedenen eingespielten Schnarchgeräuschen das *eigene* zu erraten.

Während des Experiments war immer ein Ansprechpartner für die Probanden im Nebenzimmer erreichbar, der Versuch konnte also auch jederzeit abgebrochen werden.

2.3.3 Polysomnographie



Für die Polysomnographie wurde das Gerät der Firma Schwarzer Medizintechnik verwendet. Die Auswertung der Daten erfolgte über die Software Brainlab, Version 4; Rumst/ Belgien, Vertrieb über Schwarzer Medizintechnik, München.

Die Probanden erhielten eine komplette kardiorespiratorische Polysomnographie mit einer Infrarot-Videoaufzeichnung gemäß den Richtlinien für polysomnographische Aufzeichnungen der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin:

Abbildung 5 Versuchsperson an das Polysomnographiegerät angeschlossen

- Schlafmessung: EEG (C3-A1 und C4-A2), EOG
- Atemmessung: Atemfluss über nasale und orale Termistorsonden, Thorax- und Abdomenbewegungen, transkutane Infrarot- Pulsoximetrie zur Messung der O₂-Sättigung, Kehlkopfmikrophon zur Aufzeichnung des Schnarchindex
- Kreislaufparameter: EKG
- Bewegungsparameter: EMG am Kinn und am M. tibialis anterior, Körperlagesensor

2.3.4 Akustische Datengewinnung und Bearbeitung

Die genaue Entwicklung der bei dieser Studie angewandten Aufnahmetechnik ist Bestandteil einer anderen Studie (Neumann 2007) weshalb hier nur oberflächlich darauf eingegangen wird.

Zur Aufnahme wurde ein Mikrophon (MK221 mit Vorverstärker MV203) im standardisierten Abstand von 50 cm über dem Gesicht des im Bett liegenden Patienten gehängt. Das Mikrophon war mit einem in der Länge verstellbaren Gurt mit angehängtem Gummizug befestigt, um Schwingungseinflüsse von Decke und Boden auf die Aufnahme zu vermeiden. Vor jeder Versuchsnacht wurde der Abstand individuell der Schlafposition des Probanden in Rückenlage angepasst.

Die Geräuschaufnahme und Analyse erfolgte mit dem NC10 Analysegerät der Firma Neutrik Cortex Electronic Instruments, Schalltechnik Süd, Regensburg, Deutschland.



Abbildung 6 NC10 Analysgerät

Mit Hilfe eines Event- Triggersystems der Klasse I nach den Kriterien DIN IEC 651 wurden Geräusche ab 30 dB(A) auf dem NC 10 Analysegerät aufgenommen und auf einer PMCI als Wav-Datei digitalisiert. Die Einheit dB(A) bezieht sich auf den Filter, der benutzt wird, um die Unterschiede in der Hörsensitivität bei bestimmten Frequenzen auszugleichen (Ulrich Harten 2007). Ein Event dauerte mindestens 28 und maximal 30

Sekunden. Die Samplingsperrzeit von fünf Sekunden sollte verhindern, dass nicht Schnarchgeräusche, sondern Störgeräusche die Aufnahme wiederholt triggern. Um Datenvolumen zu reduzieren, lag die Samplingfrequenz bei 24 kHz, der maximalen Wahrnehmungsgrenze des menschlichen Ohres. Speziell aufgenommene psychoakustische Parameter waren „Frequenz über Zeit“ (Hz, TNR), „mittlerer Schallpegel“ ([dB], A- gefiltert), „Lautheit“ (sone), „Rauhigkeit“ (asper), „Schärfe“ (acum), und „Fluktuation“ (vacil). Die digitalisierten Signale wurden daraufhin zur Datenverarbeitung mit der Software dB Sonic (Version 4.13 der Firma 01 dB MetravibTechnologies, Limonest, Frankreich) auf einen persönlichen Computer transferiert.

Im Programm dB Sonic wurden anschließend unterschiedliche Schnarchgeräusche zur Verwendung in der Studie verarbeitet. Dazu wurde die gesamte Datei abgehört und eine geeignete Datei, auf der mehrere (bis zu fünf) vollständige Schnarchzüge ohne Nebengeräusche aufgezeichnet sind, softwaregestützt herauskopiert und bearbeitet.

Die zwei für die Studie ausgewählten „fremden“ Schnarchgeräusche unterschieden sich sowohl in Lautstärke, als auch in ihrer Entstehungsart bzw. Obstruktionsgrad.

Das Geräusch FREMD stammte von einem habituellen Schnarcher. Von einem habituellen Schnarchen spricht man, wenn bei dem Schnarcher die Präsenz sämtlicher anderer nächtlicher respiratorischer Pathologien ausgeschlossen wurden (Counter and Wilson 2004). Der maximale Schallpegel L_{\max} (= höchster Schallpegel innerhalb eines definierten Zeitintervalls) dieses ausgewählten Schnarchgeräusches beträgt 53dB(A).

Das Geräusch FREMD OBSTRUKTIV mit einem maximalen Schallpegel von 60 dB(A) entstand bei dem Patienten durch eine Atemwegsobstruktion, die eine Apnoe verursacht.

Die Geräusch EIGEN wurde jeweils direkt in der Versuchsnacht des jeweiligen Probanden nach demselben Schema wie für die *fremden* Schnarchgeräusche aufgenommen

Bei der Bearbeitung des *eigenen* Schnarchgeräusches wurde besonders darauf geachtet, ein für den jeweiligen Schnarcher möglichst repräsentatives Geräusch zu finden, d.h. im Bezug auf Lautstärke und Atmungs-/Schnarchfrequenz.

2.3.5 Einspielung der Schnarchgeräusche

Die Einspielung der Schnarchgeräusche erfolgte während unterschiedlicher Schlafstadien (REM-Schlaf, Schlafphase II und III), die klassisch nach den Regeln von Rechtschaffen und Kales (Rechtschaffen *et al.* 1968) durch die Ableitungen bestimmt wurden. Ziel war es, in jedem der Schlafstadien die Geräusche so oft wie möglich in zufälliger Reihenfolge einzuspielen.

Das Einspielen der Schnarchgeräusche dauerte genau eine halbe Epoche auf dem Bildschirm, also 15 Sekunden. Zwischen den einzelnen Einspielungen, dem sogenannten Lärmfenster (Basner *et al.* 2004), lag mindestens eine ganze Epoche. Der Vorgang wurde immer unterbrochen, wenn der Patient eine Aufwachreaktion zeigte, sei es durch die Einspielung selbst, durch andere externe Lärmeinflüsse oder durch Atemwegsobstruktionen. Während der Proband selbst schnarchte wurde eine Einspielung vermieden, um keine Überlagerung der Geräusche zu verursachen.

Am Ende des Versuchs am nächsten Morgen durften die Probanden noch ihr eigenes Schnarchgeräusch im Wachzustand erraten. Dazu wurden Ihnen hintereinander alle drei in der Versuchsnacht verwendeten Schnarchgeräusche eingespielt. Die Versuchspersonen sollten dann die Geräusche zuordnen.

2.3.6 Fragebögen

2.3.6.1 Fragebogen zur Tagesmüdigkeit: Epworth-Sleepiness-Scale

Zum Ausschluss von Probanden mit offensichtlichem Schlafapnoe-Syndrom füllten die Probanden vor dem Versuch die Epworth-Sleepiness-Scale (Johns 1991) (siehe Anlage), einen Fragebogen zur Tagesmüdigkeit, aus.

2.3.6.2 Fragebogen zur subjektiven Einschätzung des eigenen Schnarchgeräusches: Selbstentwickelter Fragebogen

Für die Studie wurde eigens ein Fragebogen (s. Anlagen) entworfen, um bestimmte Themengebiete einheitlich bei den Probanden abfragen zu können. Er wurde in zwei Teile gespalten. So mussten die Probanden vor und nach der Versuchsnacht jeweils einen Teil beantworten.

Folgende Themen sollten die Probanden *vor* der Untersuchung bewerten:

- Interesse an Schnarchforschung
- Persönliche Einstellung zur Schlafuntersuchung
- Beeinträchtigung durch eigenes Schnarchgeräusch im Schlaf
- Subjektive Bewertung der Lautheit des eigenen Schnarchgeräusches
- Charakterisierung des eigenen Schnarchgeräusches
- zeitliche Einordnung des Schnarchens während der Nacht
- Eigener Leidensdruck und der des Partners/der Familie unter dem eigenen Schnarchen
- Eigene Schlafgewohnheiten und Schlafqualität
- Schnarchverhalten des Partners
- Lärmempfindlichkeit
- Lärmbelastung durch Schnarchen des Partners
- Lärmbelastung von außen zu Hause im Schlafzimmer (Verkehrslärm, Nachbarn...)

Am nächsten Morgen standen folgende Themen zur Beantwortung an:

- Zufriedenheit mit Betreuung
- Schlafqualität während der Nacht
- Subjektiver Eindruck, nachts geschnarcht zu haben
- Beeinträchtigung am Schlaf durch das Einspielen der Geräusche
- Beeinträchtigung am Schlaf durch die Laborsituation
- Beeinträchtigung am Schlaf durch externe Faktoren, wie Störgeräusche auf Station, Gewitter...
- Eindruck in einer 2. Nacht besser schlafen zu können
- Bereitschaft zu einer weiteren Versuchsnacht im Schlaflabor

Je nach Frage gab es folgende Bewertungsmöglichkeiten:

- gar nicht/überhaupt nicht, gering, ziemlich (stark/hoch), sehr (stark/hoch)
- ja, meistens, gelegentlich, nein
- sehr leise, leise, mäßig laut, sehr laut
- ja, nein, weiß nicht/vielleicht
- nie, gelegentlich, meistens, immer
- sehr schlecht, schlecht, gut, sehr gut

2.3.7 Auswertung der Daten

2.3.7.1 Polysomnographie und ereigniskorrelierte Auswertung

Die polysomnographische Auswertung am Ende der Versuchsnacht führte immer dieselbe Person nach den Regeln von Rechtschaffen und Kales aus (Rechtschaffen *et al.* 1968). Sie erfolgte durch *ereigniskorrelierte Auswertung*. Dies ist eine Analyse, die zeitlich einen direkten Zusammenhang zwischen der Einspielung eines Schnarchgeräusches und der Wirkung des beobachteten Probanden herstellt. Die *zeitgleiche Notation* jeder Geräusch-Einspielung in der polysomnographischen Aufzeichnung machte eine ereigniskorrelierte Auswertung möglich. In der Auswertung wurde die Anzahl der Arousals in Bezug auf die Einspielungen in der jeweiligen Schlafphase erfasst. Bewertet wurden die REM-Schlafphase, die Leicht-Schlafphase II und die Schlafphasen III und IV, als Tiefschlaf zusammengefasst.

Trat ein Arousal innerhalb einer Epoche (also 30 s) nach Einspielstart auf, wurde die Einspielung mit dem Arousal in Beziehung gesetzt, in der Annahme, die Aufwachreaktion sei nicht zufällig gewesen, sondern aufgrund der kurzzeitigen Beschallung. Da die Probanden höchst unterschiedliche Schlafstrukturen aufwiesen und die Zeit, bis eine geeignete Aufnahme des Schnarchgeräusches entstanden war, sehr differierte, war es nicht möglich, die Schnarchgeräusche in jeder Schlafphase bei jedem Probanden gleich oft einzuspielen. Um nun die Probanden besser vergleichen zu können, wurde der *relative Arousalindex* für jede Einspielung und jede Schlafphase errechnet:

$$\text{Arousalindex} = \text{Anzahl der Arousal} : \text{Anzahl der Einspielungen}$$

Aus den erhaltenen Werten aller Probanden bildeten wir den Medianwert und ermittelten die Unterschiede der Arousalhäufigkeiten.

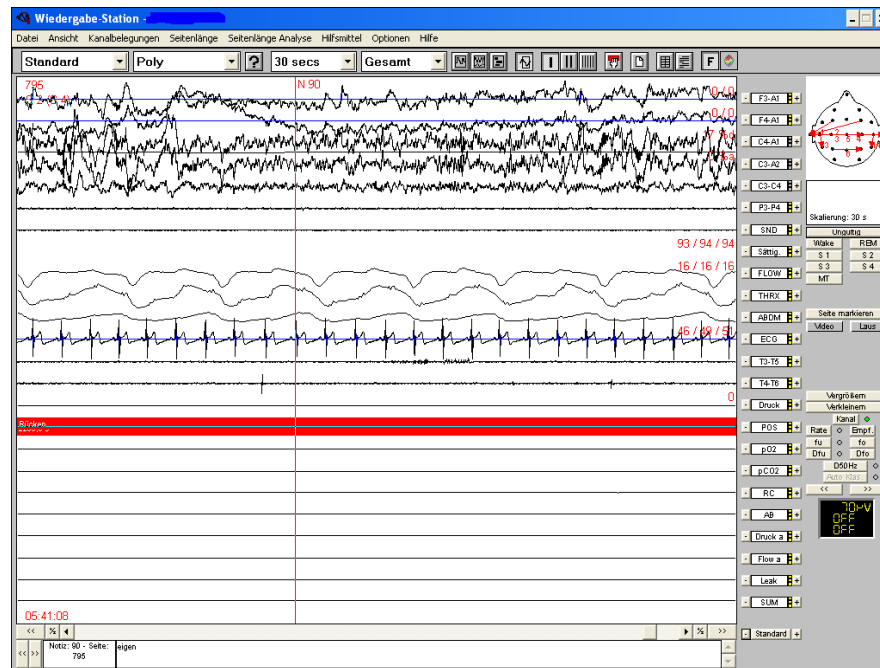


Abbildung 7 polysomnographische Aufzeichnung: gezeigt ist eine Epoche von 30 Sekunden. Der rote vertikale Strich markiert die am unteren Bildrand angegebene Einspielung des Schnarchgeräusches EIGEN, der Einspielung folgt keine sichtbare Reaktion im EEG.

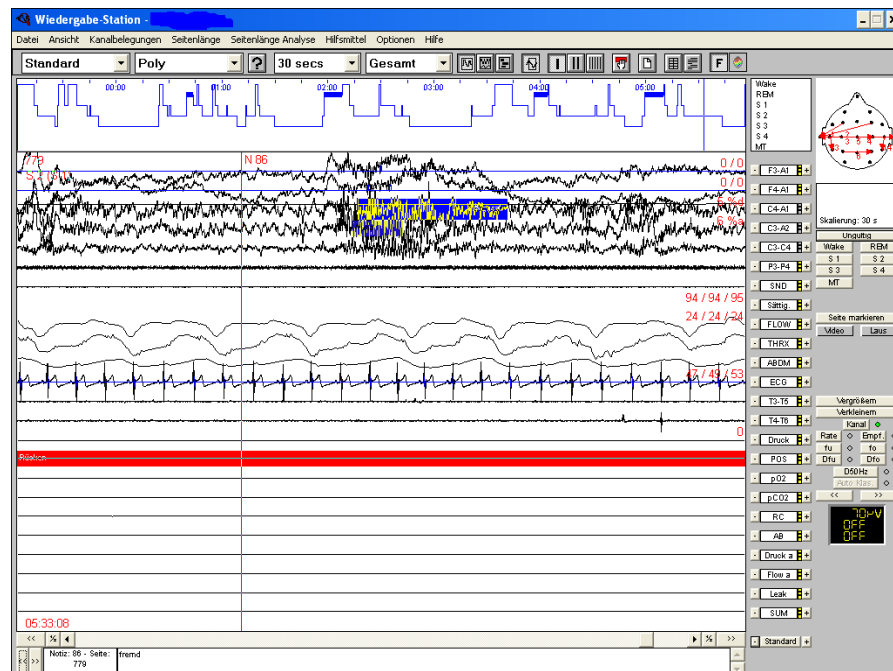


Abbildung 8 polysomnographische Aufzeichnung: gezeigt ist eine Epoche von 30 Sekunden. Man sieht ein typisches Arousal in Schlafphase II. Der rote vertikale Strich markiert die am unteren Bildrand angegebene Einspielung des Schnarchgeräusches FREMD.

2.3.7.2 Fragebögen

Die Fragebögen wurden in elektronische Form in das Programm Info Path (Microsoft Office 2007) überführt und in EXCEL-Tabellen (Microsoft Office 2007) bearbeitet.

2.3.8 Statistische Methoden

Die Analyse der polysomnographischen Daten erfolgte auf einem PC mit Hilfe des Statistik-Programms SPSS (Firma SPSS Inc., Version 12). Wegen der geringen Fallzahl (<30) waren verteilungsfreie Tests anzuwenden. Beim Auftreten einer Aufwachreaktion handelt es sich um eine dichotome abhängige Variable (ja/nein). Die beobachteten Reaktionen sind nicht unabhängig, da jede Versuchsperson mehrfach mit Schnarchgeräuschen beschallt wurde und demnach mit mehreren Werten in die Analyse eingeht. Zur statistischen Analyse wurde daher der Wilcoxon-Rang-Summen Test für abhängige (= verbundene) Stichproben angewandt. Bei diesem Test werden nicht die Messwerte selbst, sondern deren Rangplätze verarbeitet. Er ist deshalb unempfindlicher gegen Ausreißer und robuster als ein parametrischer Test (Lienert 1986).

Zunächst wurden die Arousalindizes in den Schlafphasen REM, II und III beim Einspielen von *eigenen* und von *fremden* Schnarchgeräuschen *insgesamt* verglichen und die Signifikanz des Unterschieds mit dem Wilcoxon-Test berechnet. Die beiden standardisierten fremden Schnarchgeräusche, also das FREMDE HABITUELLE und das FREMDE OBSTRUKTIVE, wurden bei diesem Vergleich als gemeinsame Variable betrachtet.

Dann wurden die Reaktionen auf die zwei fremden Schnarchgeräusche einzeln mit denen des jeweils eigenen Schnarchgeräusches in jeder Schlafphase verglichen und wieder die Signifikanz des Unterschieds berechnet.

Ein Wahrscheinlichkeitslevel von 5% wurde als signifikant gewertet.

3 Ergebnisse

3.1 Probandenkollektiv

Proband	Alter in Jahren	Geschlecht	BMI
1	60	m	24,6
2	29	m	26,7
3	33	m	25,7
4	40	w	25,9
5	50	m	27,9
6	47	m	27,4
7	38	m	23,9
8	69	w	28,7
9	56	m	31,7
10	54	m	26,4
11	39	m	24,5
12	48	m	23,7
13	46	m	31,4
14	60	w	31,1
15	57	m	23,7
Mittelwert	48,4	12m/3w	26,9

Tabelle 1 Probandenbeschreibung: Alter, Geschlecht (m = männlich, w = weiblich), BMI

In die Studie aufgenommen wurden insgesamt 3 Frauen und 12 Männer im Alter zwischen 29 und 69 Jahren (Durchschnittsalter: 48,4 Jahre) mit einem Durchschnitts-BMI von 26,9 (Minimum: 23,7, Maximum: 31,7).

3.2 Ergebnisse der Polysomnographie

Proband	Gesamtschlafzeit in Stunden	Schlafeffizienz	AHI	Schnarchindex
1	06:00	91%	5,7	68,2
2	05:20	97%	6,0	21
3	05:08	91%	6,4	34,6
4	05:56	85%	0	11,5
5	05:35	95%	1,1	29,2
6	04:53	86%	0,4	11,9
7	06:25	92%	4,1	122,2
8	04:41	71%	11,1	101,5
9	06:02	86%	8,6	112,3
10	05:14	90%	3,8	167,1
11	06:00	81%	5,8	16,5
12	05:10	77%	2,5	26,5
13	04:33	77%	11,2	298
14	05:56	89%	0,2	168,5
15	06:07	91%	3,4	8,3
Mittelwert	06:03	91%	4,7	38,3

Tabelle 2 Schlafstruktur der Probanden: Gesamtschlafzeit, Schlafeffizienz, AHI, Schnarchindex

Die Versuchspersonen verbrachten alle dieselbe Zeit im Bett. Ihre Gesamtschlafzeit variierte zwischen 6:07 Stunden und 4:41 Stunden. Die Schlafeffizienz lag im Durchschnitt bei 91% (Minimum 71%, Maximum: 97%). Der Apnoe-Hypopnoeindex (AHI, Anzahl der Apnoen und Hypopnoen pro Stunde in der Gesamtschlafzeit (Breugelmans *et al.* 2004) lag bei fast allen Probanden unter 10 (im Durchschnitt: 4,7 Minimum 0,0, Maximum 11,2), der Schnarchindex im Durchschnitt bei 38,3 (Minimum 8,3, Maximum 298).

3.3 Schnarchgeräusche

3.3.1 Objektive Messung

Die einzelnen Probanden schnarchten mit unterschiedlichen L_{\max} zwischen 46 dB(A) und 66 dB(A), im Mittel 56 dB(A).

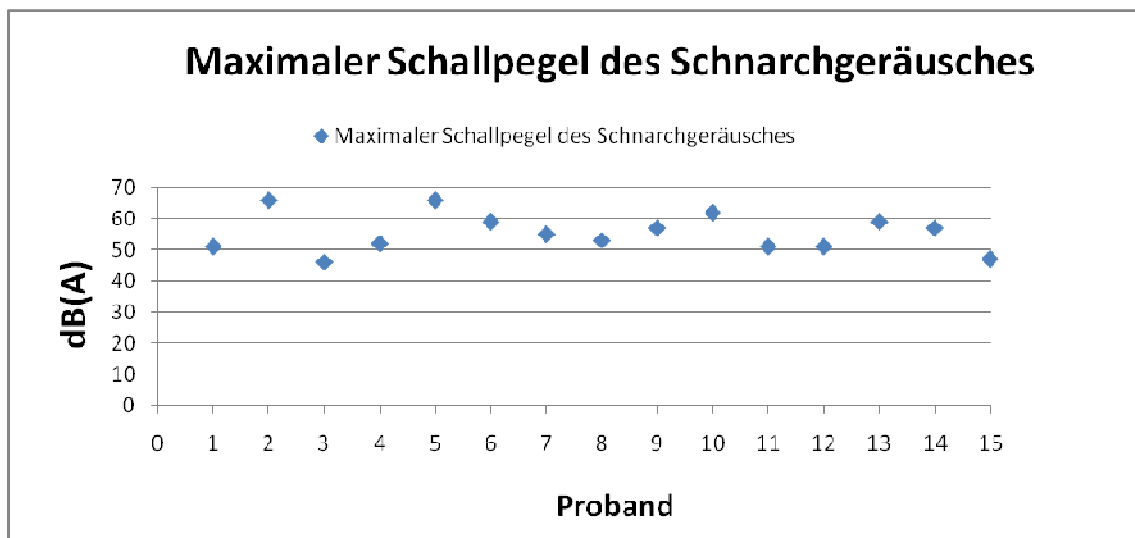


Tabelle 3 maximaler Schallpegel des eigenspielten eigenen Schnarchgeräusches

3.3.2 Subjektive Einschätzung

Um die subjektive Einschätzung des eigenen Schnarchgeräusches einheitlich erfassen zu können, bot sich in erster Linie ein Fragebogen an.

Es konnte beobachtet werden, dass die subjektive Einschätzung sich sehr von den objektiven Messungen unterscheidet.

Ein großer Teil der Probanden (6) war sich gar nicht sicher, in der Versuchsnacht überhaupt geschnarcht zu haben. Nur acht waren sich sicher und eine Person verneinte das Schnarchen sogar. Auch konnte keiner der Probanden eine Angabe dazu machen, in welcher Nachthälfte er häufiger schnarche. Schließlich fühlt sich ein Großteil der Probanden durch das eigene Schnarchen überhaupt nicht (9) oder nur gering (4), keiner sehr stark beeinträchtigt.

Die Probanden sollten auch die Intensität ihres eigenen Schnarchgeräusches auf einer Skala (sehr leise- leise- mäßig laut- laut) subjektiv bewerten.

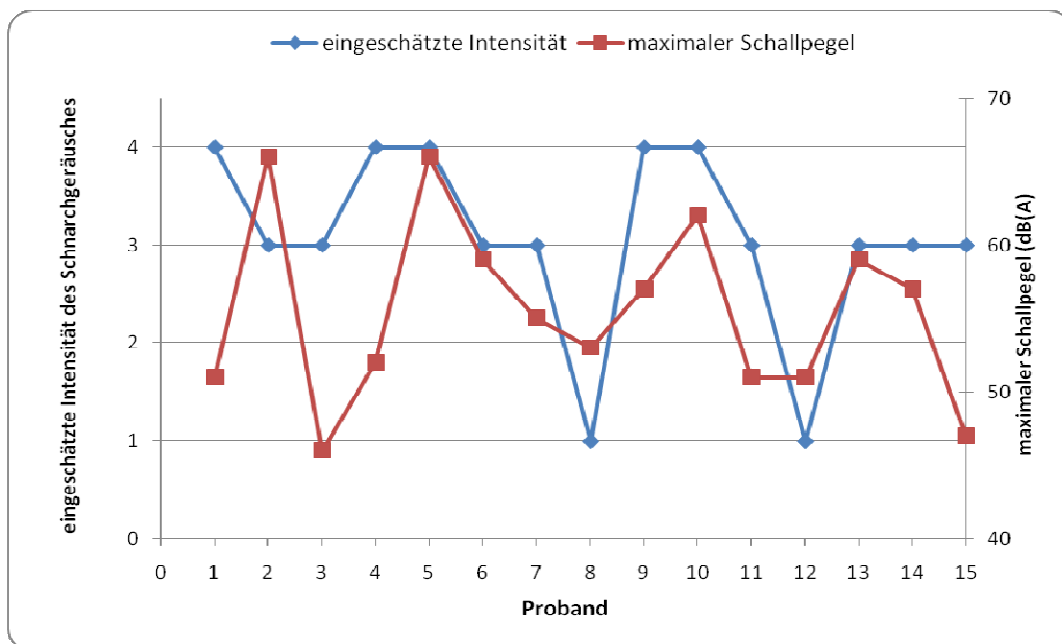


Abbildung 9 Vergleich zwischen subjektiver Einschätzung und gemessenem maximalem Schallpegel des eigenen Schnarchgeräusches. Die subjektiv eingeschätzte Intensität ist angegeben in: 1 = sehr leise, 2 = leise, 3 = mäßig laut, 4 = sehr laut; die Verbindungslinien dienen der übersichtlichen Darstellung

Nur zwei Probanden schätzten ihr eigenes Schnarchen als sehr leise ein. Auffallend ist, dass die meisten Versuchsteilnehmer ihr eigenes Schnarchen als mäßig laut (8) beziehungsweise als laut (5) einschätzen.

Diese eingeschätzte Intensität lässt sich aber nicht mit den gemessenen maximalen Schallpegeln korrelieren.

Am Ende des Versuchs durften die Probanden noch ihr eigenes Schnarchgeräusch erraten. Diese Aufgabe wurde aus logistischen Gründen (manche wollten schon sehr früh das Schlaflabor verlassen oder ihr eigenes Schnarchgeräusch auf keinen Fall hören) nur 10 Versuchspersonen gestellt. Von den zehn befragten, errieten drei ihr eigenes Schnarchen, sieben nicht. Einer der drei Probanden, die ihr Schnarchen errieten hatte sich kurz zuvor selbst aufgenommen, sich also vor der Studie schon mit dem Geräusch vertraut gemacht.

3.3.3 Einspielungen

Tabelle 2 zeigt die Medianwerte der Einspielungen in den verschiedenen Schlafphasen.

Die eingespielten Geräusche werden bezeichnet als:

- EIGEN (= eigenes Schnarchen)
- FREMD (= standardisiertes fremdes habituelles Schnarchen)
- FREMD OBSTRUKTIV (= standardisiertes fremdes obstruktives Schnarchen)

Schlafphase	Anzahl der Einspielungen		
	EIGEN	FREMD	FREMD OBSTRUKTIV
REM	7 ± 5	5 ± 4	4 ± 4
II	12 ± 10	7,5 ± 5,5	3,5 ± 3,5
III	8 ± 8	6 ± 6	4 ± 4

Tabelle 4 Medianwert und Standardabweichung der Anzahl der Einspielungen der Schnarchgeräusche EIGEN, FREMD, FREMD OBSTRUKTIV in den Schlafphasen REM, II und III

3.4 Ergebnisse der Polysomnographieauswertung

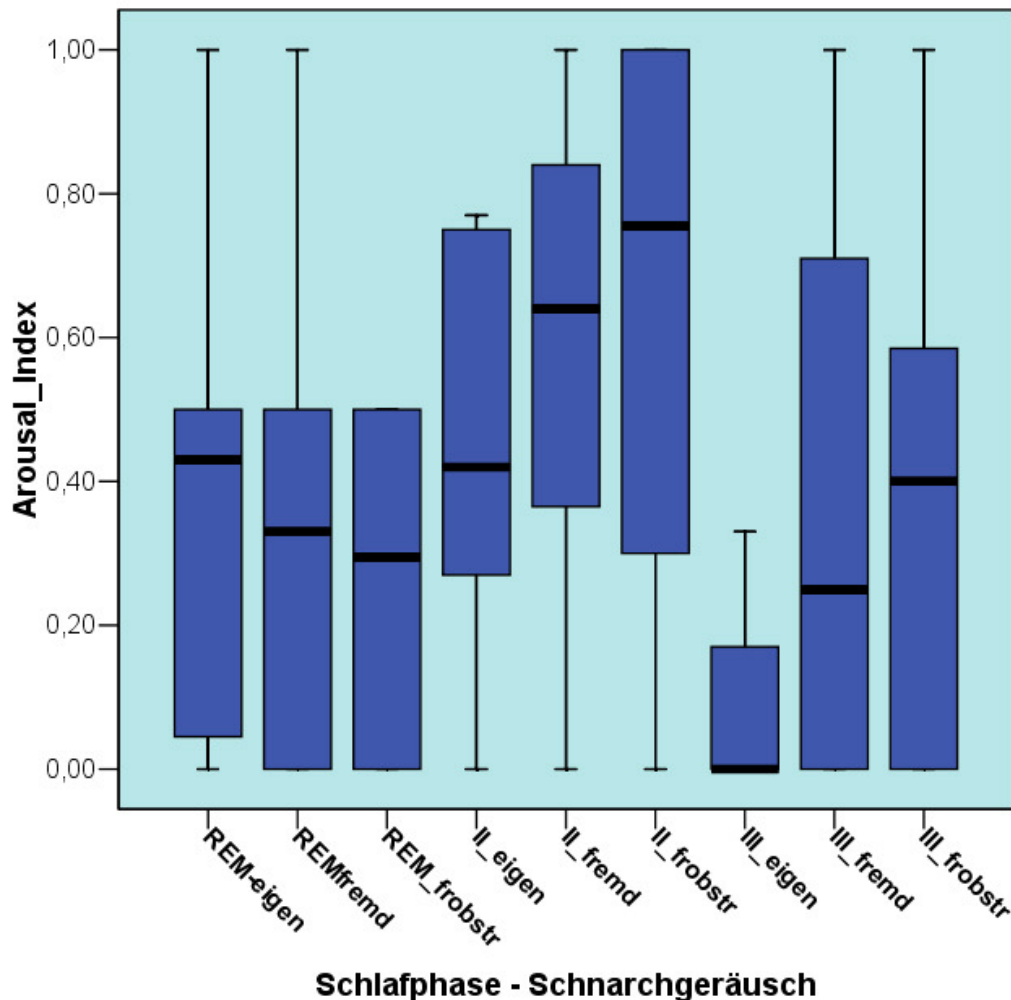


Abbildung 10 Boxplot aus Versuchsergebnissen: die untere Kante der Kästchen im Diagramm zeigt den 25- Prozentwert (1. Quartil), die waagerechte Linie innerhalb der Kästchen den Median (2. Quartil) und die obere Kante den 75%. Prozentwert (3. Quartil). Innerhalb der Kästchen liegen daher 50% der Ergebniswerte. Die vertikalen Linien oberhalb und unterhalb der Boxen zeigen die Zonen an, in denen andere Werte vorkommen, vorausgesetzt sie liegen im Interquartilen-Intervall. Ausreißer, also Werte mit stärkerer Abweichung, werden mit einem Stern gekennzeichnet

X-Achse: Geräuscheinpielung nach Schlafphasen (REM, II, III) und Geräusch-Arten (eigenes, standardisiertes fremdes habituelles und standardisiertes fremdes obstruktives Schnarchgeräusch) geordnet,

Y- Achse: Arousalindex = Anzahl der Arousals geteilt durch die Einspielungen

Folgende Nullhypothese soll überprüft werden:

Eine schnarchende Person reagiert im Schlaf auf eigene und fremde Schnarchgeräusche gleich.

Für eine übersichtliche Darstellung der Ergebnisse wurde eine Boxplot-Graphik verwendet. In einem gruppierten Boxplot-Diagramm ist die Unterscheidung von Fallgruppen, in vorliegender Studie die Reaktionen auf verschiedene Schnarchgeräusche in bestimmten Schlafstadien, möglich. Vergleicht man nun zuerst grob die Lage der Kästchen miteinander, so wird deutlich, dass der Wert der Arousalindizes (= die Aufwachwahrscheinlichkeit nach Geräuscheinpielung), in der Schlafphase II höher ist, als in der Tief- und REM-Schlafphase. Die Probanden wachten also bei jeglicher Art von Geräuscheinpielung in der Leichtschlafphase leichter auf, als in der Tief- und REM-Schlafphase.

Stellt man nun die Medianwerte der Arousalindizes dar, so können klare Unterschiede in verschiedenen Schlafphasen festgestellt werden. Im REM-Schlaf liegt der Medianwert der Arousalhäufigkeit beim Schnarchgeräusch *EIGEN* etwas höher als bei den beiden fremden Schnarchgeräuschen. Sowohl in Schlafphase II, als auch in Schlafphase III liegen die Medianwerte beim *eigenen* Schnarchgeräusch deutlich unter denen der *fremden* Schnarchgeräusche. Das bedeutet, dass die Probanden nach der Einspielung des *eigenen* Schnarchgeräusches weniger häufig aufwachten, als bei der Einspielung des *fremden*. Es bestehen also, im Boxplot klar erkennbare Unterschiede der Reaktionen der Probanden auf verschiedene Schnarchgeräusche abhängig von den verschiedenen Schlafphasen.

Mit dem Wilcoxon-Test wurde die Signifikanz der Unterschiede festgestellt.

Hierzu erfolgte zuerst ein Vergleich der Arousalindizes beim *eigenen* und bei den *fremdem* Schnarchgeräuschen *insgesamt*. Die beiden untersuchten *fremden* Schnarchgeräusche, also das FREMDE HABITUELLE und das FREMDE OBSTRUKTIVE wurden dazu als gemeinsame Variable betrachtet. Es zeigte sich in der Schlafphase II und III ein hochsignifikanter Unterschied der Arousalindizes. Die Probanden wachten also in Schlafphase II und III signifikant häufiger durch die Einspielung eines fremden Schnarchgeräusches als durch die ihres eigenen auf. In der REM -Schlafphase konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Schlafphase	Signifikanter Unterschied der Arousalindizes zwischen EIGEN und FREMD INSGESAMT	errechnete Signifikanz α
II	Ja	0,028
III	Ja	0,012
REM	nein	0,833

Tabelle 5 Vergleich der Arousalindizes zwischen eigenem und fremdem (habituell und obstruktiv zusammengekommen) Schnarchgeräusch insgesamt in den verschiedenen Schlafphasen: errechnete Signifikanz des Unterschieds

Der Vergleich zwischen den einzelnen Variablen untereinander brachte folgende Ergebnisse:

Sowohl in Schlafphase II, als auch in Schlafphase III wachten die Probanden signifikant häufiger durch ein *fremdes habituelles* Schnarchgeräusch auf, als durch ihr *eigenes*. In Schlafphase III zeigte sich sogar ein hochsignifikanter Unterschied.

Schlafphase	Signifikanter Unterschied der Arousalindizes zwischen EIGEN und FREMD HABITUELL	errechnete Signifikanz α
II	Ja	0,044
III	Ja	0,017
REM	nein	0,646

Tabelle 6 Vergleich der Arousalindizes zwischen eigenem und fremdem habituellen Schnarchgeräusch in den verschiedenen Schlafphasen: errechnete Signifikanz des Unterschieds

Im Vergleich der Arousalindizes zwischen *eigenem* und *fremdem obstruktiven* Schnarchgeräusch findet sich nur in Schlafphase III ein signifikanter Unterschied. In Schlafphase II und der REM- Schlafphase ist keine signifikante Differenz erkennbar.

Schlafphase	Signifikanter Unterschied der Arousalindizes zwischen EIGEN und FREMD OBSTRUKTIV	errechnete Signifikanz α
II	nein	0,131
III	Ja	0,036
REM	nein	0,674

Tabelle 7 Vergleich der Arousalindizes zwischen eigenem und fremdem obstruktiven Schnarchgeräusch in den verschiedenen Schlafphasen: errechnete Signifikanz des Unterschieds

Die Probanden wachten bei Einspielung der beiden fremden Schnarchgeräusche ohne signifikanten Häufigkeitsunterschied in jeder Schlafphase auf.

Schlafphase	Signifikanter Unterschied der Arousalindizes zwischen FREMD HABITUELL und FREMD OBSTRUKTIV	errechnete Signifikanz α
II	nein	0,878
III	nein	0,726
REM	nein	0,269

Tabelle 8 Vergleich der Arousalhäufigkeit zwischen fremdem habituellem und fremdem obstruktiven Schnarchgeräusch in den verschiedenen Schlafphasen: errechnete Signifikanz des Unterschieds

3.5 Ergebnisse der Fragebogenauswertung

Sämtliche Ergebnisse der Fragebögen sind im Anhang nochmals tabellarisch zusammengefasst. Die Anzahl der Antworten bezieht sich auf ein Patientenkollektiv von 15 Personen.

Nun zu den einzelnen Fragen:

- Wie sehr sind Sie daran interessiert, Ihr eigenes Schnarchen genauer kennen zu lernen, bzw. medizinisch untersuchen zu lassen?

Ein Großteil der Versuchspersonen brachte großes Interesse mit, sein eigenes Schlafverhalten besser kennenzulernen. Acht waren ziemlich interessiert, fünf sehr, nur zwei hielten sich mit geringem Interesse zurück.

- Wie hoch war für Sie die Hemmschwelle an dieser Schlafuntersuchung teilzunehmen?
- Wie aufgeregt fühlen Sie sich bei dieser Untersuchung?

Die meisten Probanden, die sich für die Teilnahme der Studie entschlossen hatten, mussten keine (9) oder zumindest nur eine niedrige Hemmschwelle (4) überwinden, um ihr Schnarch- und Schlafverhalten in der Studie untersuchen zu lassen. Eine hohe beziehungsweise sehr hohe Hemmschwelle gaben zwei Probanden an. Zwei Probanden waren ziemlich, fünf gering, acht gar nicht aufgeregt.

- Fühlt sich Ihre Familie/Partner durch Ihr Schnarchen beeinträchtigt?
- Wie sehr leiden Sie selbst unter Ihrem Schnarchen?
- Schnarcht Ihr Partner?
- Wie sehr fühlen Sie sich durch das Schnarchen Ihres Partners gestört?

Viele Bettpartner fühlen sich durch das Schnarchen des Partners belästigt und tun dies am nächsten Morgen kund. So gaben auch in dieser Studie die meisten Probanden zu, ihr Partner wäre sehr (6) oder ziemlich (6) durch das eigene Schnarchen gestört. Nur drei seien gering beeinträchtigt. Die Schnarcher selbst dagegen stört ihr eigenes

Schnarchen eher weniger. Acht fühlten sich gar nicht beeinträchtigt, drei gering und nur einer ziemlich. Drei Versuchspersonen gaben einen hohen Leidensdruck an. Auffallend war jedoch, dass diejenigen Schnarcher, deren Partnerinnen auch schnarchten (4), sich darüber nicht aufregten. Nur eine Probandin gab zu, durch das Schnarchen ihres Partners gestört zu sein.

- Wie zufrieden waren Sie mit der persönlichen Betreuung/Einweisung und Information?

Alle Probanden waren mit Betreuung, Einweisung und Information während des Versuchs sehr zufrieden.

- Wie beurteilen Sie selbst Ihre Schlafqualität dieser Nacht?
- Wie beurteilen Sie Ihre Schlafqualität normalerweise?
- Können Sie durchschlafen?

Keiner der Probanden konnte angeben, eine sehr gute Nacht im Schlaflabor verbracht zu haben. Immerhin sechs berichteten von einer guten Schlafqualität. Dagegen sprachen sich aber sieben für eine schlechte und zwei sogar für eine sehr schlechte Nacht aus. Vergleicht man diese Angaben mit denen zur normalen Schlafqualität, so stellt man fest, dass fünf Probanden, die in der Versuchsnacht schlecht geschlafen hatten, auch zu Hause unter schlechter Schlafqualität leiden. Die Laborsituation konnte dies eher verschlechtern als verbessern. Die andern gaben an in gewohnter Umgebung gut (4) und sehr gut (6) zu schlafen.

- Wie lärmempfindlich sind Sie?

Die Lärmempfindlichkeit wurde höchst unterschiedlich bewertet: vier gaben an gar nicht, fünf ein wenig, vier ziemlich und zwei sehr lärmempfindlich zu sein. Objektiv ließ sich aber kein Zusammenhang zwischen hoher Lärmempfindlichkeit und hoher Aufwachwahrscheinlichkeit finden.

- Wie sehr sind Sie zu Hause durch Lärm im Schlaf belastet?

- Wie hoch schätzen Sie die Lärmbelastung nachts in Ihrem eigenen Schlafzimmer zu Hause (Verkehrslärm, Nachbarn...)?

Zwölf Versuchspersonen gaben an in leiser Umgebung zu wohnen und durch Lärm im Schlaf wenig belastet zu sein. Nur einer gab hohe Lärmbelastung an.

- Wie stark wurden Sie gestört durch das Einspielen der Geräusche?

Die schlechte Schlafqualität in der Versuchsnacht lag nicht unbedingt am Einspielen der Geräusche. Nur zwei wurden dadurch sehr gestört, drei dagegen überhaupt nicht. Die Restlichen zur Hälfte gering oder ziemlich.

- Wie wurden Sie durch die Laborsituation in Ihrem Schlaf beeinträchtigt?

Vielmehr beklagten sich die Probanden über die Laborsituation. Einer fühlte sich sehr, sechs ziemlich, sieben gering und nur einer gar nicht beeinträchtigt.

- Wie stark wurden Sie durch externe Faktoren im Schlaf beeinflusst und am Schlafen gehindert (Kabel, Störgeräusche auf Station, Gewitter...)?

Viele der Schläfer (neun) fühlten sich nachts ziemlich gestört durch die vielen externen Geräusche auf der Station, durch Regen oder Gewitter von draußen usw. Immerhin sechs Probanden ließen sich aber nur geringfügig beeinflussen.

- Haben Sie den Eindruck in einer 2. Nacht besser schlafen zu können?

Nur vier der Probanden waren der Meinung, eine weitere Nacht würde die Schlafqualität verbessern. Sieben sahen keinen Vorteil in einer zweiten Versuchsnacht. Vier wussten es nicht.

- Würden Sie noch mal eine Nacht im Schlaflabor zu verbringen?

Diese Frage wurde im Hinblick auf zukünftige Schlaf- und Schnarchuntersuchungen gestellt. Immerhin acht Probanden erklärten sich, wenn erforderlich, zu einer weiteren Teilnahme an einer Versuchsnacht, bereit. Sechs ließen es sich offen und einer verneinte.

4 Diskussion

4.1 Diskussion des Versuchsaufbaus und –designs

4.1.1 Probandenauswahl

Der Schlaf eines jeden Individuums ist ein sehr komplexes Feld. Grundsätzlich muss man eine hohe Bereitschaft und ein großes Interesse mitbringen, um freiwillig an der vorgestellten Studie teilzunehmen und sein Schlaf- und Schnarchverhalten untersuchen zu lassen.

Viele Menschen haben eine große Scheu davor, ihr Schlafprofil und das dazugehörige Schnarchen untersuchen zu lassen. Sie haben Angst davor, dass ihr als banal angesehenes Schnarchen plötzlich als Krankheit dargestellt werde. Auch signalisierten manche vor der Untersuchung eine große Hemmschwelle, sich dieser Prozedur zu unterziehen. Dies zeigte sich in vorliegender Studie vor allem bei der schwierigen Suche nach Probanden. Die Personen, die dann am Versuch teilnahmen, brachten großes Interesse mit, ihr Schnarchen medizinisch bewerten zu lassen. Oft führte auch der Leidensdruck des Partners, der in der Nacht durch das Geräusch gestört wird und dem Schnarcher morgens davon berichtet, den Schnarcher dazu, sich über sein eigenes Schnarchen zu ärgern und sich deswegen untersuchen zu lassen. Ein paar waren vor der Untersuchung sehr nervös und aufgeregt, die meisten hingegen ließen keine Unruhe aufkommen. Dies kann individuell bei den Probanden mit ihrem unterschiedlichen Leidensdruck erklärt werden.

Bei der Probandenauswahl war die Fremdanamnese entscheidend. Leider besteht ein hoher Grad an Unstimmigkeit zwischen den Aussagen des Bettpartners und der eigenen Aussage (Stoohs *et al.* 1998). Entweder unterschätzen Männer ihr eigens Schnarchen, oder Frauen überschätzen das Schnarchen ihrer Männer (Wiggins *et al.* 1990). Die Aufwachwahrscheinlichkeit der Frauen im Schlaf ist höher als die der Männer. Sie lassen sich daher leichter durch das Schnarchen ihres Ehemanns stören (Norton *et al.*

1983) (Wiggins *et al.* 1990). Dies zeigte sich auch bei dieser Studie: Zum einen war ein großer Anteil der Probanden männlich, wurde also auf Grund der Anamnese der Partnerin ausgewählt. Zum andern regten sich diejenigen Schnarcher, deren Partnerinnen auch schnarchten, darüber nicht auf. Eine Probandin gab zu, durch das Schnarchen ihres Partners gestört zu sein.

Den für den Versuch perfekt geeigneten Schnarcher zu finden ist nicht leicht: wie oben erwähnt, unterscheidet sich die Eigenanamnese der Schnarcher sehr von der Fremdanamnese bezüglich des Schnarchens. Viele Schnarcher können nicht beurteilen, ob, in welcher Form und welchem Ausmaß sie schnarchen. Oft reicht auch die Fremdanamnese nicht aus, um das Schnarchen des Probanden richtig zu bewerten. Auch kann das Vorscreening mit MESAM nur zu einer groben Auswahl führen. Die Einschlusskriterien der Studie erfüllen sehr viele Schnarcher. Während der Vorbereitung des Versuchs stellte sich jedoch heraus, dass die Schnarcher ganz bestimmte zusätzliche Kriterien des Schnarchens erfüllen müssen, damit der Versuch gelingt. Zum einen müssen sie laut genug schnarchen, damit eine gute Aufnahme des Schnarchgeräusches entstehen kann. Die Aufnahme erfolgte mit Triggersystem und nahm Geräusche überhaupt erst ab 30 dB auf, um die Anzahl der Artefakte gering zu halten. Schnarchen unter 30 dB wurde also nicht registriert. Zum anderen dürfen die Probanden auch nicht zu viel schnarchen. Es muss noch genügend schnarch freie Intervalle geben, um richtig einspielen zu können. Eine Einspielung zu starten, während der Proband selbst schnarcht, ist nicht sinnvoll und verfälscht das Ergebnis.

In die Studie wurden nur Personen bis 70 Jahre aufgenommen. Die Altersbeschränkung nach oben ist sinnvoll, da sich im Alter die Schlafstruktur ändert: die Prävalenz der Insomnie steigt mit höherem Alter, ältere Menschen haben eine verkürzte Gesamtschlafzeit, Schlafeffizienz, eine verlängerte Schlaf-Latenzzeit und höhere Anzahl an Aufwachreaktionen und Wachphasen während der Nacht (Weyerer and Dilling 1991).

Jeder einzelne Proband dient vom Versuchsdesign her als seine eigene Kontrolle. Wegen der begrenzten Anzahl an Versuchsplätzen konnte nur eine kleine Zahl von Versuchspersonen untersucht werden. Trotzdem konnten statistisch aussagekräftige Ergebnisse erzielt werden.

4.1.2 „First-night-effect“

In vielen Studien wird der sogenannte „First-night-effect“ beschrieben (Bliwise *et al.* 1991;Katz *et al.* 2002;Le *et al.* 2000). Schlafquantität, Schlafqualität, Aufwachfrequenz und Fatigue werden in der ersten Nacht im Schlaflabor bei Erwachsenen nachweislich beeinflusst (Agnew, Jr. *et al.* 1966;Basner *et al.* 2000).

Wie auch aus Ergebnissen unserer Fragebögen, aber auch an der Gesamtschlafzeit und der Schlaffeffizienz der Probanden eindeutig gesehen werden kann, bewirkt die ungewohnte Umgebung, beklebt mit Kabeln und umringt von unbekannten Geräten und Aufnahmемaterialien im Schlaflabor eine schlechtere Schlafqualität als in gewohnter Umgebung. Vergleicht man diese Angaben zur Schlafqualität in der Versuchsnacht mit denen zur normalen Schlafqualität in vertrauter Umgebung, so stellt man fest, dass fünf Probanden, die in der Versuchsnacht schlecht geschlafen hatten, auch zu Hause unter schlechter Schlafqualität leiden. Die Laborsituation konnte diese aber offensichtlich eher verschlechtern als verbessern. Außerdem stehen manche Probanden unter einem psychischen Leidensdruck verbunden mit der Angst vor der Untersuchung sowie vor den Ergebnissen.

Wenn man mit der Grundsituation unzufrieden ist, kann dies die Schlafqualität verschlechtern. Auch wenn man sich schlecht in die Laborsituation eingewiesen und schlecht behandelt fühlt, kann sich dies negativ auf die Schlafqualität auswirken. Diese Faktoren konnten in der Versuchsnacht jedoch durch Sorgfalt und umfassende Betreuung verhindert werden. So waren alle Probanden mit Betreuung und Einweisung in den Versuch sehr zufrieden.

Die Probanden in vorliegender Studie verbrachten nur eine einzige Nacht im Schlaflabor. Die akustische Datengewinnung, die Aufnahme des eigenen Schnarchgeräusches, die Bearbeitung und darauffolgende Schnarchgeräusch-Einspielung erfolgten in einer Nacht. Diese Methode hatte zum Vorteil, dass der gesamte Versuch während einer Nacht stattfinden konnte und somit eine weitere Versuchsnacht eingespart werden konnte. Den Probanden wurde aber nicht die Möglichkeit gelassen, sich in einer ersten Versuchsnacht an die Laborsituation zu gewöhnen, um dann in einer zweiten besser schlafen zu können. Ziel dieser Studie war

es aber nicht, die Nacht *im Gesamten* und damit die Schlafqualität in einer ganzen Nacht zu erkunden. Vielmehr konzentrierte man sich auf einzelne Ereignisse nach Geräuscheinfluss in den bestimmten Schlafphasen. Für den Versuch war demnach weniger eine „gute Nacht“ wichtig, sondern vielmehr der Umstand, dass alle Schlafphasen vorhanden waren, in denen Messungen vorgenommen werden konnten. Es blieb zwar von großer Wichtigkeit, den Probanden die Möglichkeit zu geben, alle Schlafphasen zu durchlaufen, eine bestimmte Länge dieser erschien aber zweitrangig.

Erstaunlicherweise zeigte sich bei vorliegender Patientenbefragung, dass die große Mehrheit nicht davon ausging, dass eine weitere Nacht die Schlafqualität verbessern könnte und eine zweite Versuchsnacht einen Vorteil brächte.

4.1.3 Aufnahme der Schnarchgeräusche

Ziel der Aufnahme eines Schnarchgeräusches ist es, dieses möglichst authentisch und nebergeräuschfrei zu registrieren. Verschiedenste Techniken wurden dazu schon angewandt, doch noch gibt es keine standardisierte Messung für das Schnarchen (Dalmasso and Prota 1996b). Die große Schwierigkeit besteht, wie in der Einleitung schon erwähnt, darin, den subjektiv gewonnenen Eindruck genau zu erfassen und wiederzugeben. Ein weiteres Problem stellt die Wahrnehmung des eigenen Schnarchgeräusches dar, wenn man es von außen hört. Jeder kennt das Phänomen, dass man seine eigene Stimme anders vernimmt, wenn man spricht, als wenn man eine Aufnahme der eigenen Stimme hört. Dies liegt an der Knochenleitung, die den Klang der eigenen Stimme direkt auf das Innenohr überträgt. Trotzdem konnte nachgewiesen werden, dass man seine eigene Stimme, die man auf einem Tonband vorgespielt bekommt, von fremden Stimmen unterscheiden kann (Holzman *et al.* 1966;Olivos 1967). Wenn man trotz Knochenleitung seine eigene Stimme auch von außen eingespielt erkennt, dann verhält es sich beim eigenen Schnarchgeräusch vermutlich genauso. Trotzdem muss man bedenken, dass beim Schnarchen der ganze Gesichts- und Oropharynxbereich atmungsabhängig in Schwingung gerät. So könnte auch dies dem Schnarcher eine Art der Information liefern, nämlich, dass er jetzt gerade zu diesem Zeitpunkt schnarcht und somit der wahrgenommene Lärm ungefährlich, da selbst

produziert, ist. Diese Vibration lässt sich aber im Versuch schwer nachstellen. Eine passende Methode dafür muss noch entwickelt werden. Welchen Einfluss die Vibration auf die Wahrnehmung des eigenen Schnarchens hat und ob diese taktile Wahrnehmung auch einen Informationsgehalt trägt, könnte Themen weiterer Forschung bieten.

Bei dieser Studie wurde dasselbe Aufnahmeprinzip, dasselbe Gerät und dieselbe Mikrofonposition wie Kühnel et al (Kühnel *et al.* 2008), 50 cm über dem Kopf des Probanden frei hängend, verwendet. Dies hat zum Vorteil, dass so das Mikrofon nicht mit der Schlafposition interferiert und die normalen Schlafgewohnheiten respektiert werden können. Nachteilig könnte sich diese Position auswirken, wenn die Versuchsperson auf dem Bauch oder auf der Seite schnarcht und somit das Geräusch durch Kissen gedämpft wird. In unserer Studie wurde aber nur ein einzelnes Schnarchgeräusch zur Weiterverwendung benötigt und konnte demnach nach guter Qualität einzeln angehört und ausgewählt werden.

Patienten schnarchen häufiger bei Untersuchungen zu Hause als im Krankenhaus. Der Unterschied kommt wahrscheinlich daher, das Schlafen in einer unbekannten Umgebung und die Präsenz von vielen Kabeln, die den Patienten mit dem Aufnahmegerät verbinden, mit dem natürlichen Schlaf interferieren (Osman *et al.* 1998). Auch bei diesem Experiment gab es Versuchspersonen, die auf Grund der doch häufig schlechten Schlafqualität, trotz eindeutiger Fremdanamnese wenig schnarchten, was eine Aufnahme des Schnarchgeräusches erschwerte.

4.1.4 Bearbeitung der Schnarchgeräusche

Wie in der Einleitung schon erwähnt gibt es keine *richtige Definition* für das Schnarchgeräusch an sich. Jeder Mensch kann zwar eindeutig ein normales Atemgeräusch von einem Schnarchgeräusch unterscheiden, eine objektive Messmethode ist bisher noch nicht standardisiert (Hoffstein 1996). Auch verändert sich das Schnarchen in einer Nacht. Es bleibt nie im selben Frequenzspektrum, ist mal lauter, mal leiser, mal länger mal kürzer (Hara *et al.* 2006). Starke Schnarcher schnarchen mehr im Tief- und im REM-Schlaf als in anderen Schlafphasen (Hoffstein *et al.* 1991). In Schlafphase II dauern die Schnarchperioden am längsten (Perez-Padilla *et al.* 1987). Das bedeutet, dass man zwar intensiver im Tief- und REM-Schlaf schnarcht, dadurch aber, dass der Anteil an Schlafphase II am Gesamtschlaf am größten ist, wird am häufigsten in Schlafphase II geschnarcht.

Als standardisierte Schnarchgeräusche dienten ein weibliches habituelles und ein männliches obstruktives Schnarchen. Nach Wilson *et al.* ist bei Männern die Schnarchgeräuschintensität deutlich höher als bei Frauen, das heißt, sie schnarchen lauter (Wilson *et al.* 1999). Ob man jedoch ein weibliches von einem gleich lauten männlichen Schnarchgeräusch unterscheiden kann, sei dahingestellt und bietet Thema für weitere Forschung.

Eine Schwierigkeit in der Studie stellte dar, ein für den Schnarcher *repräsentatives Schnarchgeräusch* herauszuhören, um es danach einzuspielen. Das Abhören der Aufnahmen erfolgte immer durch dieselbe Person, die das ihr subjektiv am eindeutigsten klingende Geräusch aussuchte, ohne die verschiedenen Schlafphasen zu berücksichtigen. So wurde zum Beispiel ein in Schlafphase II aufgenommenes Geräusch dem Patienten in Schlafphase III eingespielt. Ob dies einen Einfluss auf die Ergebnisse hat ist fraglich.

4.1.5 Einspielungen der Schnarchgeräusche

Wenn man seine Schlafumgebung ändert, kann man empirisch feststellen, dass sich die Schlafqualität verschlechtert. Man wird hellhörig auf ungewohnte Geräusche, die dann zum Beispiel am Einschlafen hindern. So beklagten sich einige Probanden über die vielen externen Geräusche auf der Station, Regen oder Gewitter von draußen usw.

Um die Klagen über die Schlafqualität in der Versuchsnacht richtig beurteilen zu können ist es jedoch wichtig, zusätzlich zu erfahren, wie sie zu Hause in gewohnter Umgebung ist. Des Weiteren differiert die Empfindlichkeit auf Lärm bei jedem Einzelnen. Auch ist jeder zu Hause in seinem Schlafzimmer an unterschiedliche Lärmbelastung gewohnt. Manche Menschen können bei dem geringsten Geräusch nicht mehr schlafen, während andere dieses gar nicht wahrnehmen. All diese Faktoren spielen bei vorgestellter Studie eine wichtige Rolle und wurden einzeln erfragt. Es konnte beobachtet werden, dass die Probanden höchst unterschiedlich mit der Laborsituation und der Aussetzung von Lärm in der Nacht umgehen konnten. Die meisten gaben an, in einer ruhigen Umgebung zu wohnen und an wenig Lärmbelastung in der Nacht gewohnt zu sein. Die schlechte Schlafqualität in der Versuchsnacht lag aber nicht unbedingt am Einspielen der Geräusche, sondern eher an der Laborsituation.

Da die Probanden höchst unterschiedliche Schlafstrukturen aufwiesen, und die Zeit, bis eine geeignete Aufnahme des Schnarchgeräusches entstanden war, sehr differierte, war es nicht möglich die Schnarchgeräusche in jeder Schlafphase bei jedem Probanden gleich oft einzuspielen. Um stabile Schlafphasen zu erhalten, ist es wichtig die Schlafkontinuität und die Schlafarchitektur zu bewahren (Kato *et al.* 2003). Deshalb wurde die Einspielung, sobald sie zu sehr den Schlaf fragmentierte und zu richtigem Erwachen des Patienten führte, unterbrochen. Bei einigen Probanden konnte aus diesem Grund nicht sehr oft eingespielt werden, was offensichtlich dazu führte, dass keine signifikanten Ergebnisse in bestimmten Schlaf-Phasen erzielt werden konnten. Es war jedoch ausreichend, um einen Trend in den Ergebnissen feststellen zu können.

4.1.6 Arousal als Deskriptor der Informationsverarbeitung des schlafenden Gehirns

In zahlreichen Studien zur Messung von Lärmbelästigung einer schlafenden Person wurden die Parameter diskutiert, die am besten den Störungsgrad und somit die Informationsbearbeitung eines schlafenden Gehirns widerspiegeln sollen, z.B. die Steigerung der Herzfrequenz, die Steigerung des peripheren Widerstands, die Erhöhung des Blutdrucks und die erhöhte Ausscheidung von Stresshormonen. In unserer Studie wählten wir den Parameter *Arousal*. Dies ist ein relativ spezifischer Parameter, um Störung im Schlaf nachzuweisen. Man kann allerdings anhand von elektrophysiologischen Kriterien nicht unterscheiden, ob es sich bei dem beobachteten Arousal um eine spontane Reaktion, ausgelöst durch endogene Reize, oder um eine Reaktion, die auf Grund von externen Reizen entstanden ist, handelt. Eine Differenzierung der beiden Reaktionen ist aber möglich, wenn man die akustische Einspielung und die elektrophysiologische Aufzeichnung synchronisiert (Basner *et al.* 2004). Trotzdem ergibt die Problematik, dass spontane Arousals während des Schlafes vollkommen unregelmäßig vorkommen. Sie können also auch nach der Einspielung eines Geräusches auftreten, ohne eine Reaktion des Körpers auf das Geräusch darzustellen. Es lässt sich also nie mit letzter Sicherheit genau feststellen, ob eine Reaktion, die man im Zusammenhang mit einer Geräuscheinpielung beobachtet, auch spontan, also ohne Geräuscheinpielung, entstanden wäre. Basner nennt dies attributive Risiken und fordert die genaue Differenzierung der echt induzierten Arousals an Hand einer Formel, bei der die spontanen Arousals von der Anzahl der geräuschinduzierten Arousals abgezogen werden (Basner *et al.* 2004).

In dem vorgestellten Versuch wurde aber auf diese Problematik nicht genauer eingegangen und jedes Arousal, das innerhalb einer Epoche nach Geräuscheinpielung auftrat, als Reaktion auf diese betrachtet.

4.1.7 Auswertung der polysomnographischen Daten

Dadurch, dass immer dieselbe Person die Daten auswertete, konnte Objektivität gewahrt werden und ein einheitliches Ergebnis aller Auswertungen entstehen. Die Person hatte keine Angaben darüber, wann die Geräuscheinspielungen erfolgt waren. Auch die Probanden wussten nicht, ob, wann und welche Geräusche eingespielt wurden. So wurde die Studie doppelt verblindet.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Objektive Messung der Schnarchgeräusche

Während des Versuchs war das *einzelne Schnarchgeräusch* von Bedeutung. Im Interesse standen nicht das Schnarchen während der gesamten Nacht, sondern das Geräusch an sich und die Einzelreaktion des Probanden auf dieses eine eigene Schnarchgeräusch.

Der akute Störungseffekt auf intermittierende Geräusche entsteht hauptsächlich durch ein einzelnes Ereignis (Quehl 2005a). Je lauter ein Geräusch ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Mensch aufwacht (Kato *et al.* 2004). Auch die Aufwachdauer ist abhängig von den Maximalpegeln. Bei niedrigen Maximalpegeln werden keine zusätzlich erinnerbaren Aufwachreaktionen induziert (Griefahn *et al.* 2004). Deshalb wurde nicht der energieäquivalente Dauerschallpegel L_{eq} (= zeitlicher Mittelwert), sondern der maximale Schallpegel L_{max} des einzelnen, im Versuch eingespielten Schnarchgeräusches der Schnarcher gemessen und mit den anderen eigenen Schnarchgeräuschen verglichen.

Die Versuchspersonen waren alle *habituelle Schnarcher* und schnarchten in ähnlicher Lautstärke. So gelang es möglichst einheitliche Versuchsbedingungen zu schaffen.

Der Maximalpegel des standardisierten Schnarchgeräusches, das jedem Probanden mit gleicher Lautstärke eingespielt wurde, liegt bei 53 dB, also 3dB unter dem Medianwert der Maximalpegel des eigenen Schnarchgeräusches aller Probanden. Besser wäre es gewesen, den L_{max} des standardisierten Schnarchgeräusches dem des eigenen genau anzupassen. Da sich die Lautstärke mit dem Audiometer aber nur immer um 5 dB genau verstellen ließ, war eine genaue Anpassung technisch nicht möglich.

4.2.2 Subjektive Einschätzung des eigenen Schnarchgeräusches

Ein Fragebogen prüfte die subjektive Einschätzung des eigenen Schnarchens. Die Validität eines Fragebogens, der das Empfinden des eigenen Schnarchens abfragt, ist natürlich in Frage zu stellen, da viele Menschen ihr eigenes Schnarchen überhaupt nicht wahrnehmen und sich oft nur auf die Aussagen anderer berufen. Da bisher kein Goldstandard für Messungen des Schnarchgeräusches besteht, fehlen valide Fragebögen zur Beurteilung des Schnarchens (Young 1991). Ein schlafender Patient ist sich nicht bewusst, ob er schnarcht, oder nicht. Hoffstein et al. zeigten in einer Untersuchung an Schnarchern, die eine Nacht im Schlaflabor verbrachten, dass die Einschätzung über das eigene Schnarchen von der Realität stark differiert, beziehungsweise, nicht bewertet werden kann. 77% der schnarchenden Probanden konnten nicht entscheiden, ob sie geschnarcht hatten, oder nicht. Von den verbliebenen 23% sagte die Hälfte, sie hätte nicht geschnarcht, obwohl die Polysomnographie dies bewies (Hoffstein *et al.* 1994). Nach Wiggins et al schätzt ein Schnarcher die Intensität seines Schnarchens selbst als geringer ein, als der Bettpartner (Wiggins *et al.* 1990).

Die subjektive Einschätzung des eigenen Schnarchgeräusches unterscheidet sich auch in vorgestellter Untersuchung sehr von den objektiven Messungen. So können die Schnarcher weder beurteilen, ob sie schnarchen oder nicht, noch Angaben dazu machen, in welcher Nachthälfte sie häufiger schnarchen. Auch der Intensität ihres eigenen Schnarchens sind sich die Schnarcher nicht bewusst. Sie schätzten es oft lauter ein, als es ist, obwohl sie sich überhaupt nicht im Schlaf durch das Schnarchen beeinträchtigt fühlen. Dies ist sicher zurückzuführen auf die Beschwerden der Bettpartner, denen sich die Schnarcher allmorgendlich unterziehen müssen, weil die Probanden oft während des Ausfüllens erwähnten, dies wüssten sie selbst nicht, ihre Familie würde dies aber sagen.

4.2.3 Reaktionen auf verschiedene eingespielte Schnarchgeräusche

Folgende Nullhypothese soll überprüft werden:

Eine schnarchende Person reagiert im Schlaf auf eigene und fremde Schnarchgeräusche gleich.

Diese Hypothese wurde unter verschiedenen Voraussetzungen, nämlich den drei untersuchten Schlafstadien und Schnarchgeräuschen entsprechend überprüft.

Man muss bei der Prüfung immer bedenken, dass bei vielen Lärmstudien, die den Einfluss des Lärms auf den Schlaf aufzeigen, die Effekte auf den Schlaf bei Feldstudien viel geringer waren, als im Labor. Dies liegt wohl an der *Habituation* an das Geräuscheszenario und dem simultanen Einfluss von anderen akustischen und nicht akustischen Stimuli, die die Antworten auf akustische Stimuli modifizieren oder sogar maskieren (Griefahn 2002). Vorliegende Studie ist eine reine Laborstudie, wodurch ein Vergleich zu Reaktionen auf Schnarchgeräusche in gewohnter Umgebung fehlt.

Den Studienteilnehmern wurden eigene und völlig fremde Schnarchgeräusche vorgespielt. Es wurde aber nicht untersucht, wie sie auf ihnen *bekannte*, z.B. denen des Partners, im Schlaf reagieren. Auch diese hören sie ja, neben dem eigenen, jede Nacht und sollten nach langjährigem Teilen des Schlafzimmers auch einen entwarnenden Informationsgehalt vermitteln. Ob diese bekannten Schnarchgeräusche anders wahrgenommen werden, als das eigene oder ein völlig fremdes Schnarchgeräusch, ist noch nicht erforscht. Der Erfahrungsbericht einer Probandin lässt uns nur vermuten, dass es auch hier einen Unterschied in den Reaktionen gibt. Diese Probandin, deren Mann, genauso wie sie auch, schnarcht, berichtete von schlechten Träumen während der gesamten Versuchsnacht. Sie sei die ganze Nacht von einem schlechten Gewissen geplagt worden, in der Meinung, ein fremder Mann läge neben ihr. Dies zeigt, dass sie im Schlaf das fremde Schnarchen wahrgenommen hat.

Nach einer Geräuscheinpielung weiterzuschlafen, oder aufzuwachen hängt von der Natur des externen Stimulus und von den Schlafphasen ab. Kato et al. beobachteten die Reaktionen von schlafenden Probanden auf akustische und vibrotaktile Reize mit drei unterschiedlichen Intensitätsstufen. Sie stellten fest, dass kombinierte Reize eine höhere

Arousal-Wirkung haben, als einzelne und mit der Steigerung der Intensität der Stimuli eine höhere Arousal-Antwortfrequenz intensivere Arousals erfolgt (Kato *et al.* 2004).

Auch in diesem Versuch bestehen klare Unterschiede in den Reaktionen der Probanden auf verschiedene Schnarchgeräusche, vor allem auch in Abhängigkeit von verschiedenen Schlafphasen. Die Boxplot-Graphik veranschaulicht eindeutig, dass in unserer Studie die Probanden grundsätzlich in der Leichtschlafphase leichter aufwachten, als in der Tief- und REM-Schlafphase. In Schlafphase II wacht man durch Geräuscheinspielung öfter auf, als in Schlafphase III und auch in der REM-Schlafphase ist die Aufwachempfindlichkeit geringer als in Schlafphase II (Kato *et al.* 2004).

Aber die Anzahl der Arousals, und somit die *Reizempfindlichkeit*, differierte nicht nur abhängig von den *unterschiedlichen Schlaf-Phasen*, sondern auch abhängig von den *unterschiedlichen Schnarchgeräuschen*.

Ein Vergleich der Arousalhäufigkeiten nach Einspielung der beiden fremden (habituelles und obstruktives) insgesamt und des eigenen Schnarchgeräusches ergibt für Schlafphase II und III einen hochsignifikanten Unterschied. Die Nullhypothese, eine schnarchende Person reagiert im Schlaf auf eigene und fremde gleich, kann also für Schlafphase II und III auf hochsignifikantem Niveau zurückgewiesen werden. Für die REM-Schlafphase wird sie angenommen, da die Anzahl der Arousals nicht signifikant voneinander abweicht. Desgleichen brachte die Gegenüberstellung der Reaktionen auf das eigene und das fremde habituelle Schnarchgeräusch. Auch hier kann die Nullhypothese für Schlafphase II und II abgelehnt und für die REM- Phase angenommen werden.

Abweichungen zeigen sich erst in der Gegenüberstellung von eigenem und fremdem obstruktiven Schnarchgeräusch. Hier lässt sich die Nullhypothese nur die Schlafphase III betreffend zurückweisen. In der Schlafphase II und der REM- Schlafphase wird sie angenommen, da kein signifikanter Unterschied in den Reaktionen ermittelt werden konnte. Es zeichnet sich aber trotzdem ein eindeutiger Trend dahingehend ab, dass die Schnarcher zumindest in Schlafphase II seltener auf ihr eigenes Schnarchen reagierten, als auf das fremde obstruktive. Dies hängt vermutlich mit der geringen Anzahl an Einspielungen des Obstruktiven Schnarchgeräusches beziehungsweise dem Unterschied der Anzahl der Einspielungen in Schlafphase II zusammen. So wurden durchschnittlich 12 mal EIGEN und nur 3.5 mal FREMD OBTSTRUKTIV eingespielt. Diese unterschiedlichen Einspielungen ergaben sich dadurch, dass FREMD OBTSTRUKTIV

sehr häufig zu Arousals führte und dadurch der Schlaf sehr fragmentiert wurde. Um die Schlafarchitektur nicht völlig durcheinander zu bringen wurde auf häufigere Einspielungen demnach verzichtet. In den anderen Schlafphasen besteht keine so große Differenz zwischen der Anzahl der Einspielungen der unterschiedlichen Geräusche.

Die Reaktionen auf fremdes habituelles und fremdes obstruktives Schnarchgeräusch lassen sich bei einer Gegenüberstellung nicht signifikant voneinander abgrenzen.

Fasst man nun die Ergebnisse zusammen, so lässt sich folgendes feststellen:

Im NREM-Schlaf wachten die Versuchspersonen deutlich seltener durch das Einspielen ihres eigenen Schnarchgeräusches auf als durch das Einspielen eines fremden.

Dies liegt vermutlich daran, dass das eigene Schnarchen neben den psychoakustisch messbaren Parametern auch einen Informationsgehalt trägt, der dem Schnarcher die Nachricht übermittelt, dieses Geräusch sei ungefährlich. Das schlafende Gehirn ist in der Lage die eingehenden akustischen Signale zu filtern (Halasz *et al.* 2004;Kisley *et al.* 2001). Im Thalamus werden die aus den peripheren Rezeptoren eingehenden Informationen gesammelt. Nur Informationen, die besonders intensiv sind, oder als relevant eingestuft werden, werden dann von dort aus in den Cortex weitergeleitet und bewirken dann beim Schlafenden eine Aufwachreaktion (Coenen and Drinkenburg 2002). Dieses Phänomen besteht in allen Schlafphasen (Bastuji and Garcia-Larrea 1999). In Schlafphase II findet der leistungsstärkste kognitive Prozess statt (Karakas *et al.* 2007). An repetitive Stimuli kann man sich im Schlaf grundsätzlich gewöhnen. Tragen diese aber eine Bedeutung, wie zum Beispiel der eigene Name oder das Wimmern eines Neugeborenen, reagiert man im Schlaf weiterhin (Langford *et al.* 1974;McDonald *et al.* 1975;OSWALD *et al.* 1960). Das Hören von Schnarchgeräuschen führte im Experiment zu Arousals. Der klare Unterschied der Reaktionen auf das eigene und fremde Schnarchen zeigt, dass das eigene Schnarchen dem Schläfer bekannt ist. Er kann es im Schlaf von anderen Schnarchgeräuschen unterscheiden und als sein eigenes einordnen.

Der REM-Schlaf unterscheidet sich von den anderen Schlafphasen. So reagierten die Probanden während des REM-Schlafs mit ähnlicher Arousalhäufigkeit sowohl auf fremde als auch auf eigene Schnarchgeräusche. Dem eigenen Schnarchgeräusch wurde also im REM-Schlaf keine spezielle Bedeutung oder Entwarnung zugemessen. Dies

könnte man folgendermaßen erklären: der auditorische Cortex reagiert erwiesenermaßen in der REM-Phase anders auf externe Stimuli als in den NREM-Phasen. Die gemessenen Reaktionen und somit die Wahrnehmung von akustischen Stimuli ähneln denen der Wachphase (Perrin *et al.* 1999; Pratt *et al.* 1999). In unserer Studie untersuchten wir nicht nur die Reaktion auf das eigene Schnarchen im Schlaf, sondern auch im Wachzustand, indem wir testeten, ob die Probanden ihr eigenes Schnarchen im Wachzustand unter fremden heraushören konnten. Dabei stellten wir fest, dass dazu nur wenige in der Lage waren.

Wenn man also sein eigenes Schnarchen in der Wachphase nicht erkennt, so ist es plausibel, dass man dies auch in REM-Schlafphase nicht schafft.

5 Zusammenfassung

Schnarchen wird vom verursachenden Schläfer regelhaft weniger störend empfunden als vom Bettpartner. Diesem verursacht es meist in erheblichem Umfang Schlafprobleme, die dem habituellen Schnarcher fremd sind. Warum der Schnarcher von seinem eigenen Schnarchgeräusch nicht aufwacht, der Partner jedoch durch die Lärmbelästigung weder ein- noch durchschlafen kann, war Gegenstand dieser Studie.

Die Ergebnisse vorliegender klinisch-experimenteller Untersuchung zeigen, dass Schnarchgeräusche ähnlicher physikalischer Eigenschaften (Lautheit, Frequenzspektrum, Schärfe, Schwankungsstärke) in den verschiedenen Schlafphasen unterschiedlich wahrgenommen und verarbeitet werden. Dem eigenen, habituellen Schnarchgeräusch wohnt im Gegensatz zum fremden Schnarchgeräusch keine alarmierende Information inne, die den Schnarcher zum Aufwachen zwingt. Dies konnte sowohl in Schlafphase II, als auch in Schlafphase III nachgewiesen werden. In beiden Phasen provozierte das eigene Schnarchgeräusch deutlich weniger Arousals, als fremde. Im REM-Schlaf hingegen reagierten die Probanden auf die unterschiedlichen Einspielungen ähnlich und differenzierten nicht zwischen den verschiedenen Schnarchgeräuschen.

Vorliegende Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass sich Schnarchen über mehr als seine physikalischen und damit messbaren Parameter definiert. Es ist auch der Informationsgehalt des Geräusches, der über seine schlafstörende Potenz entscheidet.

6 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Thomas Kühnel für die freundliche Überlassung des Themas, die gute Zusammenarbeit, die große Unterstützung, die freundliche Betreuung und die geduldige Beantwortung all meiner Fragen. Ohne seine Motivierung wäre diese Arbeit nie entstanden.

Ich danke Herrn Prof. Dr. Jürgen Strutz, dem Leiter der Abteilung für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde der Universität Regensburg, der die Durchführung meiner Dissertation ermöglichte.

Dank gebührt auch Herrn Mathias Huber für die Betreuung während der Vorbereitungsphase und der Ergebniserstellung, Herrn Dr. biol. hom. Dipl.-Ing. Thomas Steffens für die Unterstützung bei der Entwicklung des technisch-akustischen Versuchsaufbaus, Herrn Dr. Thomas Neumann für die Überlassung seiner Aufnahmen der Schnarchgeräusche und Frau Prof. Dr. Gertrud Mayerhofer für die statistische Auswertung der Daten.

Herzlich danke ich dem Schlaflaborteam für das Anlernen der Technik der Polysomnographie und im Speziellen Frau Astrid Braune für die zuverlässige Datenauswertung der Polysomnographie.

Meinen zahlreichen willigen Probanden danke ich, dass sie die Untersuchung auf sich nahmen und mit ihren Erfahrungen im Schlaflabor und Ratschlägen viel zur Verbesserung und Optimierung des Versuchdesigns beitrugen.

Herrn Prof. Dr. Isidor Baumgartner danke ich herzlich für sein großes Interesse an meiner Arbeit und seine konstruktiven Ideen.

Schließlich danke ich meiner Familie und engen Freunde, die mich nach einsamen durchwachten Nächten wieder aufweckten, aufmunterten und neu motivierten.

7 Lebenslauf

PERSÖNLICHE INFORMATIONEN

Familienstand: ledig
Geburtsdatum: 28.05.1982
Geburtsort: München

AUSBILDUNG

09/1992 – 06/2001 *Gymnasium Leopoldinum*, Passau
04/2002 – 07/2002 *Studium Lehramt Gymnasium Französisch/Englisch*, Universität Passau
10/2001 – 03/2002 *Medizinstudium*, Universität Halle- Wittenberg
09/2002 – 12/2008 *Medizinstudium*, Universität Regensburg
08/2004 Physikum
12/2008 Staatsexamen

WISSENSCHAFTLICHE TÄTIGKEIT

07/2006-05/2009 *Promotion zum Thema:*
Der Informationsgehalt des Schnarchgeräusches:
eine klinisch-experimentelle Untersuchung über den Einfluss des
eigenen Schnarchgeräusches auf Weckreaktionen im Schlaf, in
Zusammenarbeit mit der HNO- Abteilung der Universität
Regensburg bei Prof. Dr. Thomas Kühnel
10/2006 *Vortrag zum Thema und den Ergebnissen der Promotion*
14. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Schlafmedizin
in Regensburg

Regensburg, 25.05.2009

8 Erklärung zu den erbrachten Leistungen

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeit erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Regensburg, den 25.05.2009

Sophie Glas

9 Abkürzungsverzeichnis

AHI	Apopnoe/Hypopnoeindex (Anzahl der Apnoen und Hypopnoen pro Stunde in der Gesamtschlafzeit)
BMI	Body Mass Index = $\text{Gewicht (kg)} / \text{Größe}^2 \text{ (m)}$
dB	Dezibel, physikalische Einheit des Schalldruckpegels
dB(A)	physikalische Einheit des A- bewerteten Schalldruckpegels
EEG	Elektroenzephalogramm
EEP	Ereignisevoziertes Potential
EKG	Elektrokardiogramm
EMG	Elektromyogramm
EOG	Elektrookulogramm
ESS	Epworth-Sleepiness-Scale
L_{eq}	Energieäquivalenter Dauerschallpegel (= zeitlicher Mittelwert)
L_{max}	Maximaler Schalldruckpegel (= höchster Schalldruckpegel innerhalb eines definierten Zeitintervalls)
OSA	obstruktives Schlafapnoesyndrom
PMCI	Personal Computer Memory Card Industrial Association
REM	Rapid eye Movement
Wav	Wave-Audioformat

10 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 schematische Skizze des Versuchsaufbaus	19
Abbildung 2 Versuchsaufbau: das Mikrophon hängt im Abstand von 50 cm über dem Gesicht des auf dem Rücken liegenden Probanden, der Lautsprecher steht im Abstand von 50 cm am Kopfende des Bettes	20
Abbildung 3 Versuchsaufbau: Kontrollraum des Schlaflabors mit Rechner für die Polysomno-graphie, persönlichem Laptop und Audiometer	20
Abbildung 4 Audiometer	21
Abbildung 5 Versuchsperson an das Polysomnographiegerät angeschlossen	23
Abbildung 6 NC10 Analysgerät	24
Abbildung 7 polysomnographische Aufzeichnung: gezeigt ist eine Epoche von 30 Sekunden. Der rote vertikale Strich markiert die am unteren Bildrand angegebene Einspielung des Schnarchgeräusches EIGEN, der Einspielung folgt keine sichtbare Reaktion im EEG.	30
Abbildung 8 polysomnographische Aufzeichnung: gezeigt ist eine Epoche von 30 Sekunden. Man sieht ein typisches Arousal in Schlafphase II. Der rote vertikale Strich markiert die am unteren Bildrand angegebene Einspielung des Schnarchgeräusches FREMD.	30
Abbildung 9 Vergleich zwischen subjektiver Einschätzung und gemessenem maximalem Schallpegel des eigenen Schnarchgeräusches. Die subjektiv eingeschätzte Intesität ist angegeben in: 1 = sehr leise, 2 = leise, 3 = mäßig laut, 4 = sehr laut; die Verbindungslinien dienen der übersichtlichen Darstellung	35
Abbildung 10 Boxplot aus Versuchsergebnissen: die untere Kante der Kästchen im Diagramm zeigt den 25- Prozentwert (1. Quartil), die waagerechte Linie innerhalb der Kästchen den Median (2. Quartil) und die obere Kante den 75%. Prozentwert (3. Quartil). Innerhalb der Kästchen liegen daher 50% der Ergebniswerte. Die vertikalen Linien oberhalb und unterhalb der Boxen zeigen die Zonen an, in denen andere Werte vorkommen, vorausgesetzt sie liegen im Interquartilen-Intervall. Ausreißer, also Werte mit stärkerer Abweichung, werden mit einem Stern gekennzeichnet	37

Tabelle 1 Probandenbeschreibung: Alter, Geschlecht (m = männlich, w = weiblich), BMI	32
Tabelle 2 Schlafstruktur der Probanden: Gesamtschlafzeit, Schlaffeffizienz, AHI, Schnarchindex	33
Tabelle 3 maximaler Schallpegel des eigenspielten eigenen Schnarchgeräusches	34
Tabelle 4 Medianwert und Standardabweichung der Anzahl der Einspielungen der Schnarchgeräusche EIGEN, FREMD, FREMD OBSTRUKTIV in den Schlafphasen REM, II und III	36
Tabelle 5 Vergleich der Arousalindizes zwischen eigenem und fremdem (habituell und obstruktiv zusammengenommen)Schnarchgeräusch insgesamt in den verschiedenen Schlafphasen: errechnete Signifikanz des Unterschieds	39
Tabelle 6 Vergleich der Arousalindizes zwischen eigenem und fremdem habituellen Schnarchgeräusch in den verschiedenen Schlafphasen: errechnete Signifikanz des Unterschieds	39
Tabelle 7 Vergleich der Arousalindizes zwischen eigenem und fremdem obstruktiven Schnarchgeräusch in den verschiedenen Schlafphasen: errechnete Signifikanz des Unterschieds	40
Tabelle 8 Vergleich der Arousalhäufigkeit zwischen fremdem habituellem und fremdem obstruktiven Schnarchgeräusch in den verschiedenen Schlafphasen: errechnete Signifikanz des Unterschieds	40

11 Anlagen

- Schlaflabor-Untersuchungsprotokoll des Regensburger Schlaflabors
- Einpielprotokoll
- Datenauswertung der Arousals
- Epworth- Sleepiness- Scale
- Fragebogen zur subjektiven Bewertung des eigenen Schnarchgeräusches
- Auswertung der Fragebögen

Schlaflabor-Untersuchungsprotokoll

Klinikum der Universität Regensburg, Klinik und Poliklinik für Innere Medizin II
Station 19, Schlaflabor, 93042 Regensburg, Telefon: 0941/944-7265

Patient/in

Name, Vorname: _____ Zimmer: _____

Geburtsdatum: _____ Datum: _____

Diagnostik:	Untersuchungsmethode
<input type="checkbox"/> PSG-Diagnostiknacht	<input type="checkbox"/> transkut. pO ₂ /pCO ₂ -Messung (2 x BGA)
<input type="checkbox"/> Kontrolluntersuchung	<input type="checkbox"/> Respi.-Trace
<input type="checkbox"/> Therapieeinleitung	<input type="checkbox"/> Pneumo-Flow (bei Diagn. Sauerstoffbrille)
<input type="checkbox"/> Therapiekontrolle	<input type="checkbox"/> zusätzl. Druckmessung

Besondere Anweisungen:	bitte sehr sorgfältig verkabeln u. dokumentieren !!
-------------------------------	--

Impedanz zu Beginn/am Ende der Ableitung:			
C3: ____/____ k	C4: ____/____ k	A1: ____/____ k	
A2: ____/____ k	FP1: ____/____ k	FP2: ____/____ k	
Bioeichung: _____ Uhr	Licht aus: _____ Uhr	Licht an: _____ Uhr	

Qualitätskontrolle:			
Signalqualität der EEG-Parameter:	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> reduziert	<input type="checkbox"/> nicht auswertbar
Signalqualität der NON-EEG-Parameter:	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> reduziert	<input type="checkbox"/> nicht auswertbar

Abgeleitet durch: _____ Unterschrift: _____

ausgewertet von: _____

[illegible]

Einspielprotokoll

von: _____

am: _____

	EIGEN			FREMD			FREMD OBSTRUKTIV		
		+	-		+	-		+	-
II	1			1			1		
	2			2			2		
	3			3			3		
	4			4			4		
	5			5			5		
	6			6			6		
	7			7			7		
	8			8			8		
	9			9			9		
	10			10			10		
	11			11			11		
	12			12			12		
	13			13			13		
	14			14			14		
	15			15			15		
III	1			1			1		
	2			2			2		
	3			3			3		
	4			4			4		
	5			5			5		
	6			6			6		
	7			7			7		
	8			8			8		
	9			9			9		
	10			10			10		
	11			11			11		
	12			12			12		
	13			13			13		
	14			14			14		
	15			15			15		
REM	1			1			1		
	2			2			2		
	3			3			3		
	4			4			4		
	5			5			5		
	6			6			6		
	7			7			7		
	8			8			8		
	9			9			9		
	10			1			10		
	11			11			11		
	12			12			12		
	13			13			13		
	14			14			14		
	15			15			15		

Erklärung:

die Reaktionen auf das jeweilige Schnarchgeräusch sind unter Angabe der Uhrzeit einzutragen: + Arousal, - kein Arousal

Auswertung Arousalindex

Schlafphase II

	II E	II A	Arousalindex	II E	II A	Arousalindex	II E	II A	Arousalindex
Proband	EIGEN	EIGEN	EIGEN	FREMD	FREMD	FREMD	FROBSTR	FROBSTR	FROBSTR
1	11	1	0,09	2	0	0	0	0	
2	22	1	0,05	11	7	0,64	5	4	0,8
3	2	0	0	3	1	0,33	1	0	0
4	8	5	0,63	6	6	1	2	2	1
5	7	3	0,43	10	1	0,1	6	0	0
6	11	6	0,55	6	4	0,67	5	3	0,6
7	10	3	0,3	5	2	0,4	2	2	1
8	6	2	0,33	6	5	0,83	1	0	0
9	11	3	0,27	13	6	0,46	6	5	0,83
10	16	12	0,75	13	11	0,85	7	5	0,71
11	12	9	0,75	4	4	1	3	3	1
12	12	9	0,75	6	1	0,17	0	0	
13	13	10	0,77	10	8	0,8	7	5	0,71
14	22	9	0,41	13	7	0,54	7	7	1
15	16	4	0,25	10	9	0,9	0	0	
			EIGEN			FREMD			FROBSTR
Mittelwert	11,93	5,13	0,42	7,87	4,8	0,58	3,47	2,4	0,64

Schlafphase III

	III E	III A	Arousalindex	III E	III A	Arousalindex	III E	III A	Arousalindex
Proband	EIGEN	EIGEN	EIGEN	FREMD	FREMD	FREMD	FROBSTR	FROBSTR	FROBSTR
1	6	1	0,17	3	3	1	0	0	
2	7	0	0	7	0	0	7	2	0,29
3	4	0	0	4	1	0,25	5	2	0,4
4	2	0	0	4	1	0,25	0	0	
5	7	1	0,14	2	0	0	2	0	0
6	5	0	0	3	3	1	2	2	1
7	8	2	0,25	2	2	1	2	0	0
8	5	0	0	7	1	0,14	4	2	0,5
9	3	0	0	4	0	0	0	0	
10	6	2	0,33	5	1	0,2	2	1	0,5
11	0	0		0	0		0	0	
12	8	1	0,13	7	5	0,71	1	0	0
13	0	0		3	2	0,67	0	0	
14	4	1	0,25	1	0	0	3	2	0,67
15	16	1	0,06	12	5	0,42	8	6	0,75
Mittelwert	5,4	0,6	0,1	4,27	1,6	0,4	2,4	1,13	0,41

REM-Schlafphase

	REM E	REM A	Arousalindex	REM E	REM A	Arousalindex	REM E	REM A	Arousalindex
Proband	EIGEN	EIGEN	EIGEN	FREMD	FREMD	FREMD	FROBSTR	FROBSTR	FROBSTR
1	9	4	0,44	2	2	1			
2	4	0	0	2	0	0	4	0	0
3	2	0	0	1	0	0			
4	6	3	0,5	5	0	0	2	0	0
5	9	2	0,22	2	0	0	2	1	0,5
6	3	3	1	4	2	0,5	2	1	0,5
7	4	2	0,5	2	1	0,5			
8	11	1	0,1	7	2	0,29	3	0	0
9	6	2	0,33	3	0	0			
10	6	3	0,5	4	2	0,5	4	2	0,5
11	9	4	0,44	9	3	0,33			
12	2	0	0	1	2	0,5			
13	5	4	0,8	3	1	0,33	2	1	0,5
14	12	0	0	2	0	0	4	2	0,5
15	7	3	0,43	4	2	0,5			
Mittelwert	6,31	2,08	0,37	3,62	1,15	0,27	2,71	1	0,36

Code: _____

Fragebogen zur Tagesschläfrigkeit (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 ausgewirkt 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 lesend	① ① ② ③
Beim Fernsehen	① ① ② ③
Wenn Sie passiv (als Zuhörer) in der Öffentlichkeit sitzen (z.B. im Theater oder bei einem Vortrag)	① ① ② ③
Als Beifahrer im Auto während einer einstündigen Fahrt ohne Pause	① ① ② ③
Wenn Sie sich am Nachmittag hingelegt haben, um auszuruhen	① ① ② ③
Wenn Sie sitzen und sich mit jemand unterhalten	① ① ② ③
Wenn Sie nach dem Mittagessen (ohne Alkohol) ruhig dasitzen	① ① ② ③
Wenn Sie als Fahrer eines Autos verkehrsbedingt einige Minuten halten müssen	① ① ② ③
Bitte nicht ausfüllen	
Summe	

Fragebogen zur Studie über die subjektive Bewertung des eigenen Schnarchgeräusches

Name:	Gewicht:	kg
Geburtstag:	Größe:	m
Datum:	BMI:	

1. Wie sehr fühlen Sie sich durch ihr eigenes Schnarchen im Schlaf beeinträchtigt?

- ☐ überhaupt nicht
- ☐ gering
- ☐ ziemlich stark
- ☐ sehr stark

2. Wie sehr sind Sie interessiert, Ihr Schlafverhalten genauer kennen zu lernen, bzw. medizinisch untersuchen zu lassen?

- ☐ gar nicht
- ☐ gering
- ☐ ziemlich stark
- ☐ sehr stark

3. Wie hoch war für Sie die Hemmschwelle an dieser Schlafuntersuchung teilzunehmen?

- ☐ gar nicht
- ☐ gering
- ☐ ziemlich hoch
- ☐ sehr hoch

4. Wie aufgeregt fühlen Sie sich bei dieser Schlafuntersuchung?

- ☐ gar nicht
- ☐ gering
- ☐ ziemlich
- ☐ sehr

5. Für wie wichtig erachten Sie medizinische Fortschritte in der Schnarchforschung?

- ☐ gar nicht wichtig
- ☐ gering
- ☐ ziemlich
- ☐ sehr wichtig

6. Wie schätzen Sie die Intensität Ihres Schnarchens selbst ein?

- ☐ sehr leise
- ☐ leise
- ☐ mäßig laut
- ☐ sehr laut

7. Wie sehr leiden Sie selbst unter Ihrem Schnarchen?

- ☐ gar nicht
- ☐ gering
- ☐ ziemlich
- ☐ sehr

8. Fühlt sich ihre Familie/Partner durch Ihr Schnarchen beeinträchtigt?

- ☐ nein
- ☐ gering
- ☐ ziemlich
- ☐ sehr

9. Schlafen Sie allein?

- ☐ ja
- ☐ meistens
- ☐ gelegentlich
- ☐ nein

10. Schnarcht Ihr Partner?

- ☐ ja
- ☐ nein
- ☐ weiß nicht

11. Wie sehr fühlen Sie sich durch das Schnarchen Ihres Partners gestört?

- ☐ gar nicht
- ☐ gering
- ☐ ziemlich
- ☐ sehr

12. Wann Schnarchen Sie am meisten?

- ☐ in der ersten Nachthälfte
- ☐ in der zweiten Nachthälfte
- ☐ weiß nicht

13. Trinken Sie vor dem Einschlafen Alkohol?

- ☐ nie
- ☐ gelegentlich
- ☐ meistens
- ☐ immer

Wenn ja, was?

14. Schnarchen Sie dann mehr?

- ☐ ja
- ☐ nein
- ☐ weiß nicht

15. Wie beurteilen Sie Ihre Schlafqualität normalerweise?

- ☐ schlecht
- ☐ mäßig
- ☐ gut
- ☐ sehr gut

16. Können Sie durchschlafen?

- ☐ ja
- ☐ meistens
- ☐ gelegentlich
- ☐ nein

17. Wie lärmempfindlich sind Sie?

- ☐ gar nicht
- ☐ gering
- ☐ ziemlich
- ☐ sehr

18. Wie sehr sind Sie zu Hause durch Lärm im Schlaf belastet?

- ☐ gar nicht
- ☐ gering
- ☐ stark
- ☐ sehr stark

19. Wie hoch schätzen Sie die Lärmbelastung nachts in ihrem eigenen Schlafzimmer zu Hause (Verkehrslärm, Nachbarn,...)?

- ☐ gering
- ☐ niedrig
- ☐ ziemlich hoch
- ☐ sehr hoch

Vielen Dank fürs Ausfüllen!
Ich wünsche eine angenehme Nachtruhe!

Am nächsten Tag:

1. Wie zufrieden waren Sie mit:

Persönliche Betreuung

- ☐ gar nicht
- ☐ gering
- ☐ ziemlich
- ☐ sehr

Einweisung/Information

- ☐ gar nicht
- ☐ gering
- ☐ ziemlich
- ☐ sehr

2. Wie beurteilen Sie selbst Ihre Schlafqualität dieser Nacht?

- ☐ sehr schlecht
- ☐ schlecht
- ☐ gut
- ☐ sehr gut

3. Haben Sie den Eindruck, heute Nacht geschnarcht zu haben?

- ☐ ja
- ☐ nein
- ☐ weiß nicht

4. Wie stark wurden Sie gestört durch das Einspielen der Geräusche?

- ☐ gar nicht
- ☐ gering
- ☐ ziemlich
- ☐ sehr

5. Wie stark wurden Sie durch die Laborsituation in Ihrem Schlaf beeinträchtigt?

- ☐ gar nicht
- ☐ gering
- ☐ ziemlich
- ☐ sehr

6. Wie stark wurden Sie durch externe Faktoren im Schlaf beeinflusst und am Schlafen gehindert (Kabel, Störgeräusche auf Station, Gewitter...)?

- ☐ gar nicht
- ☐ gering
- ☐ ziemlich
- ☐ sehr

7. Haben Sie den Eindruck in einer 2. Nacht besser schlafen zu können?

- ☐ ja
- ☐ nein
- ☐ weiß nicht

8. Würden Sie freiwillig noch mal eine Nacht im Schlaflabor verbringen?

- ☐ ja
- ☐ nein
- ☐ vielleicht

Vielen Dank für's Ausfüllen!
Ich wünsche einen schönen Tag!

Fragebogenauswertung, sortiert nach einzelnen Themenschwerpunkten

1. Schlaf

Proband	Wie hoch war für Sie die Hemmschwelle an dieser Schlafuntersuchung teilzunehmen?	Wie aufgeregt sind Sie vor der Schlafuntersuchung?	Schlafen Sie allein?	Wie beurteilen Sie Ihre eigene Schlafqualität normalerweise?	Können Sie durchschlafen?	Wie beurteilen Sie die Schlafqualität in der Versuchsnacht?	Wie sehr wurden Sie durch die Laborsituation im Schlaf beeinträchtigt?	Wie stark wurden Sie durch externe Faktoren im Schlaf beeinflusst...?	Haben Sie den Eindruck in einer 2. Nacht besser schlafen zu können?	Würden Sie freiwillig noch mal eine Nacht im Schlaflabor verbringen?
1	1	1	3	2	4	3	2	2	2	1
2	2	2	2	3	2	3	3	3	3	3
3	1	1	4	4	1	3	3	3	1	1
4	3	3	2	3	2	3	2	2	3	1
5	1	1	4	4	1	3	2	2	2	1
6	4	3	3	2	4	1	4	3	2	2
7	1	1	2	2	2	2	2	3	1	1
8	1	1	1	4	2	2	3	3	2	1
9	2	2	4	2	2	2	3	3	3	3
10	1	2	4	2	2	3	1	2	3	1
11	2	1	2	4	1	1	3	3	2	3
12	1	2	4	4	1	2	3	3	1	3
13	1	1	1	4	4	2	2	2	2	3
14	1	1	3	3	2	2	2	2	1	3
15	2	2	1	3	4	2	2	3	2	1
Bewertung	Anzahl der Antworten									
1= gar nicht/ ja	9	8	3	0	4	2	1	0	4	8
2= gering/ nein	4	5	4	5	7	7	7	6	7	1
3= ziemlich/weiß nicht	1	2	3	4	0	6	6	9	4	6
4= sehr	1		5	6	4		1	0		

2. Schnarchen

Proband	Wie sehr fühlen Sie sich durch Ihr eigenes Schnarchen im Schlaf beeinträchtigt?	Wie schätzen Sie die Intensität Ihres eigenen Schnarchens ein?	Wie sehr leiden Sie unter Ihrem Schnarchen?	Fühlt sich Ihre Familie/Partner durch Ihr Schnarchen beeinträchtigt?	Schnarcht Ihr Partner?	Wie sehr fühlen Sie sich durch das Schnarchen Ihres Partners gestört?	Wann schnarchen Sie am meisten? In der ersten/zweiten Nachthälfte?	Trinken Sie vor dem Einschlafen Alkohol?	Haben Sie den Eindruck, heute Nacht geschnarcht zu haben?
1	2	4	2	3	1	1	3	2	1
2	1	3	1	2	3	1	3	2	1
3	1	3	1	3	2	1	3	2	3
4	1	4	4	4	2	1	3	2	3
5	2	4	1	3	2	1	3	3	3
6	3	3	4	4	2	1	3	2	3
7	3	3	4	2	2	1	3	2	3
8	1	1	1	3			3	4	1
9	2	4	3	3	1	1	3	4	1
10	1	4	2	4	1	1	3	2	3
11	2	3	2	3	2	1	3	2	1
12	1	1	1	4	2	1	3	4	2
13	1	3	1	4	2	1	3	3	1
14	1	3	1	2	1	3	3	1	1
15	1	3	1	4	2	1	3	2	1
Bewertung	Anzahl der Antworten								
1= gar nicht/ ja	9	2	8	0	4	13	0	1	8
2= gering/ nein	4	0	3	3	9	0	0	9	1
3= ziemlich/ weiß nicht	2	8	1	6	1	1	15	2	6
4= sehr		5	3	6				3	
Enthaltung					1	1			

3. Lärm

Proband	Wie lärmempfindlich sind Sie?	Wie sehr sind Sie zu Hause durch Lärm im Schlaf belastet?	Wie hoch schätzen Sie die Lärmbelastung nachts in Ihrem eigenen Schlafzimmer zu Hause?	Wurden Sie gestört durch das Einspielen der Geräusche?
1	2	1	1	1
2	1	2	1	3
3	2	1	1	3
4	1	1	1	2
5	1	1	2	2
6	4	3	2	3
7	2	1	1	2
8	1	1	1	3
9	3	2	3	1
10	2	2	1	1
11	3	2	1	4
12	3	2	1	2
13	2	1	1	4
14	4	1	1	3
15	3	1	1	2
Bewertung	Anzahl der Antworten			
1= gar nicht/ ja	4	9	12	3
2= gering/ nein	5	5	2	5
3= ziemlich/ weiß nicht	4	1	1	5
4= sehr	2			2

4. Interesse an Schlafforschung/Zufriedenheit nach Versuch

Proband	Wie sehr sind Sie interessiert, Ihr Schlafverhalten genauer kennenzulernen, bzw. medizinisch untersuchen zu lassen?	Für wie wichtig erachten Sie medizinische Fortschritte in der Schlafforschung?	Wie zufrieden waren Sie mit der persönlichen Betreuung?	Wie zufrieden waren Sie mit der Einweisung/Information
1	3	4	4	4
2	3	4	4	4
3	3	3	4	4
4	4	4	4	4
5	3	3	4	4
6	3	4	4	4
7	3	4	4	4
8	2	4	4	4
9	3	4	4	4
10	4	4	4	4
11	3	3	4	4
12	4	4	4	4
13	4	4	4	4
14	2	2	4	4
15	3	3	4	4
Bewertung	Anzahl der Antworten			
1= gar nicht/ja	0	0	0	0
2= gering/ nein	2	1	0	0
3= ziemlich/weiß nicht	9	4	0	0
4= sehr	4	10	15	15

12 Bibliographie

Bibliographie

http://www.snorenet.com/laser_snorefacts.htm . 2009.

Ref Type: Electronic Citation

Agnew, H. W., Jr., Webb, W. B. and Williams, R. L. The first night effect: an EEG study of sleep. *Psychophysiology*, 1966, 2: 263-266.

Agrawal, S., Stone, P., McGuiness, K., Morris, J. and Amilleri, A. E. Sound frequency analysis and the site of snoring in natural and induced sleep. *Clin. Otolaryngol*, 2002, 27: 163-166.

ASDA EEG arousals: scoring rules and examples: a preliminary report from the Sleep Disorders Atlas Task Force of the American Sleep Disorders Association. *Sleep*, 1992, 15: 173-184.

Babisch, W., Beule, B., Schust, M., Kersten, N. and Ising, H. Traffic noise and risk of myocardial infarction. *Epidemiology*, 2005, 16: 33-40.

Basner, M., Buess, H., Elmenhorst, D., Gerlich, A., Luks, N., Maaß, H., Mawet, L., Müller, E. W., Müller, U., Plath, G., Quehl, J., Samel, A., Schulze, M., Vejvoda, M. and Wenzel, J. Nachtfluglärmwirkungen, Band 1, Zusammenfassung. [1]. 2004. Köln, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Ref Type: Report

Basner, M., Buess, H., Linke-Hommes, A., Luks, N., Maaß, H., Mawet, L., Müller, E. W., Müller, U., Piehler, C. P. G., Samel, A., Schulze, M., Vejvoda, M. and Wenzel, J. Wirkung von Nachtfluglärm auf den Schlaf ein neuer Forschungsansatz. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung*, 2000, 47: 201-205.

Basner, M. and Samel, A. Effects of Nocturnal Aircraft Noise on Sleep Structure Beeinträchtigungen der Schlafstruktur durch nächtlichen Fluglärm. *Somnologie*, 2005, 9: 84-95.

Bastuji, H. and Garcia-Larrea, L. Evoked potentials as a tool for the investigation of human sleep. *Sleep Med. Rev.*, 1999, 3: 23-45.

Bastuji, H., Garcia-Larrea, L., Franc, C. and Manguiere, F. Brain processing of stimulus deviance during slow-wave and paradoxical sleep: a study of human auditory evoked responses using the oddball paradigm. *J. Clin. Neurophysiol.*, 1995, 12: 155-167.

- Bastuji, H., Perrin, F. and Garcia-Larrea, L. Semantic analysis of auditory input during sleep: studies with event related potentials. *Int. J. Psychophysiol.*, 2002, 46: 243-255.
- Beck, R., Odeh, M., Oliven, A. and Gavriely, N. The acoustic properties of snores. *Eur. Respir. J.*, 1995, 8: 2120-2128.
- Bliwise, D. L., Nekich, J. C. and Dement, W. C. Relative validity of self-reported snoring as a symptom of sleep apnea in a sleep clinic population. *Chest*, 1991, 99: 600-608.
- Bonnet, M. H. Performance and sleepiness following moderate sleep disruption and slow wave sleep deprivation. *Physiol Behav.*, 1986, 37: 915-918.
- Bonnet, M. H. and Arand, D. L. Heart rate variability: sleep stage, time of night, and arousal influences. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1997, 102: 390-396.
- Born, J. and Fehm, H. L. The neuroendocrine recovery function of sleep. *Noise. Health*, 2000, 2: 25-38.
- Boselli, M., Parrino, L., Smerieri, A. and Terzano, M. G. Effect of age on EEG arousals in normal sleep. *Sleep*, 1998, 21: 351-357.
- Braun, A. R., Balkin, T. J., Wesenten, N. J., Carson, R. E., Varga, M., Baldwin, P., Selbie, S., Belenky, G. and Herscovitch, P. Regional cerebral blood flow throughout the sleep-wake cycle. An H₂(15)O PET study. *Brain*, 1997, 120 (Pt 7): 1173-1197.
- Breslau, N., Roth, T., Rosenthal, L. and Andreski, P. Sleep disturbance and psychiatric disorders. a longitudinal epidemiological study of young adults. *Biological Psychiatry*, 1996, 39: 411-418.
- Breugelmans, J. G., Ford, D. E., Smith, P. L. and Punjabi, N. M. Differences in patient and bed partner-assessed quality of life in sleep-disordered breathing. *Am. J. Respir. Crit Care Med.*, 2004, 170: 547-552.
- Burdach, K. F. Die Physiologie als Erfahrungswissenschaft. 3, 482. 1830. Leipzig.
Ref Type: Serial (Book, Monograph)
- Caffier, P. P., Berl, J. C., Muggli, A., Reinhardt, A., Jakob, A., Moser, M., Fietze, I., Scherer, H. and Holzl, M. Snoring noise pollution-the need for objective quantification of annoyance, regulatory guidelines and mandatory therapy for snoring. *Physiol Meas.*, 2007, 28: 25-40.
- Carrington, M. J. and Trinder, J. Blood pressure and heart rate during continuous experimental sleep fragmentation in healthy adults. *Sleep*, 2008, 31: 1701-1712.
- Coenen, A. M. and Drinkenburg, W. H. Animal models for information processing during sleep. *Int. J. Psychophysiol.*, 2002, 46: 163-175.

- Counter, P. and Wilson, J. A. The management of simple snoring. *Sleep Med. Rev.*, 2004, 8: 433-441.
- Crick, F. and Mitchison, G. REM sleep and neural nets. *Behav. Brain Res.*, 1995, 69: 147-155.
- Czisch, M., Wetter, T. C., Kaufmann, C., Pollmacher, T., Holsboer, F. and Auer, D. P. Altered processing of acoustic stimuli during sleep: reduced auditory activation and visual deactivation detected by a combined fMRI/EEG study. *Neuroimage.*, 2002, 16: 251-258.
- Dalmasso, F. and Prota, R. Snoring: analysis, measurement, clinical implications and applications. *Eur. Respir. J.*, 1996b, 9: 146-159.
- Dalmasso, F. and Prota, R. Snoring: analysis, measurement, clinical implications and applications. *Eur Respir J*, 1996a, 9: 146-159.
- Drager, L. F., Bortolotto, L. A., Krieger, E. M. and Lorenzi-Filho, G. Additive effects of obstructive sleep apnea and hypertension on early markers of carotid atherosclerosis. *Hypertension*, 2009, 53: 64-69.
- Edeline, J. M., Dutrieux, G., Manunta, Y. and Hennevin, E. Diversity of receptive field changes in auditory cortex during natural sleep. *Eur. J. Neurosci.*, 2001, 14: 1865-1880.
- Ellen, R. L., Marshall, S. C., Palayew, M., Molnar, F. J., Wilson, K. G. and Man-Son-Hing, M. Systematic review of motor vehicle crash risk in persons with sleep apnea. *J. Clin. Sleep Med.*, 2006, 2: 193-200.
- Ellermeier, W., Mader, M. and Daniel, P. Scaling the Unpleasantness of Sounds According to the BTL-Mode: Ratio-Scale Representation and Psychoacoustical Analysis. *Acta Acustica united with Acustica*, 2003, 90: 101-107.
- Evans, G. W., Lercher, P., Meis, M., Ising, H. and Kofler, W. W. Community noise exposure and stress in children. *J. Acoust. Soc. Am.*, 2001, 109: 1023-1027.
- Fajdiga, I. Snoring imaging: could Bernoulli explain it all? *Chest*, 2005a, 128: 896-901.
- Fajdiga, I. Snoring Imaging*
Could Bernoulli Explain It All? *Chest*, 2005b, 128: 896-901.
- Fiz, J. A., Abad, J., Jané, R., Riera, M., Mananas, M. A., Caminal, P., Rodenstein, D. O. and Morera, J. Acoustic analysis of snoring sound in patients with simple snoring and obstructive sleep apnoea. *Eur Respir. J.*, 1996, 9: 2370.
- Friedmann, M. Patient Selection and Efficacy of Pillar Implant Technique for Treatment of Snoring and Obstructive Sleep Apnea/Hypopnea Syndrome. *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 2006, 134: 187-196.

- Gegenfurtner, K. *Gehirn und Wahrnehmung*. Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt am Main, 2005 (3. Auflage edition).
- Griefahn, B. Sleep Disturbances Related to Environmental Noise. *Noise. Health*, 2002, 4: 57-60.
- Griefahn, B., Scheuch, K., Jansen, G. and Spreng, M. Protection goals for residents in the vicinity of civil airports. *Noise. Health*, 2004, 6: 51-62.
- Guilleminault, C., Hill, M. W., Simmons, F. B. and Dement, W. C. Obstructive sleep apnea: electromyographic and fiberoptic studies. *Exp. Neurol.*, 1978, 62: 48-67.
- Guilleminault, C., Stoohs, R., Clerk, A., Cetel, M. and Maistros, P. A cause of excessive daytime sleepiness: the upper airway resistance syndrome. *Chest*, 1993, 104: 781-787.
- Halasz, P., Terzano, M., Parrino, L. and Bodizs, R. The nature of arousal in sleep. *J. Sleep Res.*, 2004, 13: 1-23.
- Hara, H., Murakami, N., Miyauchi, Y. and Yamashita, H. Acoustic analysis of snoring sounds by a multidimensional voice program. *Laryngoscope*, 2006, 116: 379-381.
- Herzog, M., Kuhnel, T., Bremert, T., Herzog, B., Hosemann, W. and Kaftan, H. The impact of the microphone position on the frequency analysis of snoring sounds. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.*, 2008a.
- Herzog, M., Schieb, E., Bremert, T., Herzog, B., Hosemann, W., Kaftan, H. and Kuhnel, T. Frequency analysis of snoring sounds during simulated and nocturnal snoring. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.*, 2008b, 265: 1553-1562.
- Hoffmann, B., Robra B.-P. and Swart E. Soziale Ungleichheit und Straßenlärm im Wohnumfeld - eine Auswertung des Bundesgesundheits surveys. *Gesundheitswesen* 2003. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003: 393-401.
- Hoffstein, V. Snoring. *Chest*, 1996, 109: 201-222.
- Hoffstein, V., Haight, J., Cole, P. and Zamel, N. Does snoring contribute to presbycusis? *Am. J. Respir. Crit Care Med.*, 1999, 159: 1351-1354.
- Hoffstein, V., Mateika, J. H. and Mateika, S. Snoring and sleep architecture. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1991, 143: 92-96.
- Hoffstein, V., Mateika, S. and Anderson, D. Snoring: is it in the ear of the beholder? *Sleep*, 1994, 17: 522-526.
- Holzman, P. S., Rousey, C. and Snyder, C. On listening to one's own voice: effects on psychophysiological responses and free associations. *J. Pers. Soc. Psychol.*, 1966, 4: 432-441.

Huang, Q. R., Qin, Z., Zhang, S. and Chow, C. M. Clinical patterns of obstructive sleep apnea and its comorbid conditions: a data mining approach. *J. Clin. Sleep Med.*, 2008, 4: 543-550.

Hunsaker, D. H. and Riffenburgh, R. H. Snoring significance in patients undergoing home sleep studies. *Otolaryngol. Head Neck Surg.*, 2006, 134: 756-760.

ICSD. Internationale Klassifikation der Schlafstörungen. Hrsg. der deutschen Übersetzung: Schramm E and Riemann D. 1995. Weinheim, Beltz-Verlag.
Ref Type: Report

Janszky, I., Ljung, R., Rohani, M. and Hallqvist, J. Heavy snoring is a risk factor for case fatality and poor short-term prognosis after a first acute myocardial infarction. *Sleep*, 2008, 31: 801-807.

Jennum, P., Hein, H. O., Suadicani, P. and Gyntelberg, F. Cardiovascular risk factors in snorers. A cross-sectional study of 3,323 men aged 54 to 74 years: the Copenhagen Male Study. *Chest*, 1992, 102: 1371-1376.

Johns, M. W. A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep.*, 1991, 14: 540-545.

Kajimura, N., Uchiyama, M., Takayama, Y., Uchida, S., Uema, T., Kato, M., Sekimoto, M., Watanabe, T., Nakajima, T., Horikoshi, S., Ogawa, K., Nishikawa, M., Hiroki, M., Kudo, Y., Matsuda, H., Okawa, M. and Takahashi, K. Activity of midbrain reticular formation and neocortex during the progression of human non-rapid eye movement sleep. *J. Neurosci.*, 1999, 19: 10065-10073.

Karakas, S., Cakmak, E. D., Bekci, B. and Aydin, H. Oscillatory responses representing differential auditory processing in sleep. *Int. J. Psychophysiol.*, 2007, 65: 40-50.

Kato, T., Montplaisir, J. Y. and Lavigne, G. J. Experimentally induced arousals during sleep: a cross-modality matching paradigm. *J. Sleep Res.*, 2004, 13: 229-238.

Kato, T., Thie, N. M., Huynh, N., Miyawaki, S. and Lavigne, G. J. Topical review: sleep bruxism and the role of peripheral sensory influences. *J. Orofac. Pain*, 2003, 17: 191-213.

Katz, E. S., Green, M. N., Carson, K. A., Galster, P., Loughlin, G. M., Carroll, J. and Marcus, C. L. Night-to-night variability of polysomnography in children with suspected obstructive sleep apnea. *The Journal of Pediatrics*, 2002, 140: 589-594.

Kisley, M. A., Olincy, A. and Freedman, R. The effect of state on sensory gating: comparison of waking, REM and non-REM sleep. *Clin. Neurophysiol.*, 2001, 112: 1154-1165.

- Kuhnel, T. S., Schulte-Mattler, W., Bigalke, H. and Wohlfarth, K. Treatment of habitual snoring with botulinum toxin: a pilot study. *Sleep Breath.*, 2008, 12: 63-68.
- Langford, G. W., Meddis, R. and Pearson, A. J. Awakening latency from sleep for meaningful and non-meaningful stimuli. *Psychophysiology*, 1974, 11: 1-5.
- Lavigne, G., Brousseau, M., Kato, T., Mayer, P., Manzini, C., Guitard, F. and Monplaisir, J. Experimental pain perception remains equally active over all sleep stages. *Pain*, 2004, 110: 646-655.
- Lavigne, G., Zucconi, M., Castronovo, C., Manzini, C., Marchettini, P. and Smirne, S. Sleep arousal response to experimental thermal stimulation during sleep in human subjects free of pain and sleep problems. *Pain*, 2000, 84: 283-290.
- Le, B. O., Hoffmann, G., Tecco, J., Staner, L., Nosedà, A., Pelc, I. and Linkowski, P. Mild to moderate sleep respiratory events: one negative night may not be enough. *Chest*, 2000, 118: 353-359.
- Leiberman, A., Cohen, A. and Tal, A. Digital signal processing of stridor and snoring in children. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, 1986, 12: 173-185.
- Lienert, G. A. *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik*. Meisenheim am Glan, 1986 (3. Auflage edition).
- Liistro, G., Stanescu, D. C., Veriter, C., Rodenstein, D. O. and ubert-Tulkens, G. Pattern of snoring in obstructive sleep apnea patients and in heavy snorers. *Sleep*, 1991, 14: 517-525.
- Lopez, P. P., Stefan, B., Schulman, C. I. and Byers, P. M. Prevalence of sleep apnea in morbidly obese patients who presented for weight loss surgery evaluation: more evidence for routine screening for obstructive sleep apnea before weight loss surgery. *Am. Surg.*, 2008, 74: 834-838.
- Lugaresi, E., Cirignotta, F., Montagna, P. and Sforza, E. Snoring: Pathogenic, Clinical and Therapeutic Aspects. 1994: 621-629.
- Lugaresi, E., Cirignotta, F. and Piana, G. Some epidemiological data on snoring and cardiocirculatory disturbances. *Sleep*, 1980, 3: 221-224.
- Lund, R. and Clarenbach, P. *Schlafstörungen - Klassifikation und Behandlung*. Arcis, München, 1992.
- Mathur, R. and Douglas, N. J. Frequency of EEG arousals from nocturnal sleep in normal subjects. *Sleep*, 1995, 18: 330-333.
- McDonald, D. G., Schicht, W. W., Frazier, R. E., Shallenberger, H. D. and Edwards, D. J. Studies of information processing in sleep. *Psychophysiology*, 1975, 12: 624-629.

Neumann, T. Psychoakustische und akustische Differentialdiagnose unterschiedlicher Obstruktionsgrade bei schlafbezogenen Atmungsstörungen und Prüfung eines neuartigen Therapieansatzes. 2007.

Ref Type: Thesis/Dissertation

Nielsen-Bohlman, L., Knight, R. T., Woods, D. L. and Woodward, K. Differential auditory processing continues during sleep. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1991, 79: 281-290.

Noal, R. B., Menezes, A. M., Canani, S. F. and Siqueira, F. V. [Habitual snoring and obstructive sleep apnea in adults: population-based study in Southern Brazil]. *Rev. Saude Publica*, 2008, 42: 224-233.

Norton, P., Dunn, E. and Haight, J. S. Snoring in adults: some epidemiologic aspects. *Med Ass J*, 1983, 128: 674-675.

Ohrstrom, E., Bjorkman, M. and Rylander, R. Noise annoyance with regard to neurophysiological sensitivity, subjective noise sensitivity and personality variables. *Psychol. Med.*, 1988, 18: 605-613.

Olivos, G. Response delay, psychophysiologic activation, and recognition of one's own voice. *Psychosom. Med.*, 1967, 29: 433-440.

Osman, E. Z., Osborne, J. E., Hill, P. D. and Lee, B. V. Snoring assessment: do home studies and hospital studies give different results? *Clin. Otolaryngol*, 1998, 23: 524-527.

OSWALD, I., TAYLOR, A. M. and TREISMAN, M. Discriminative responses to stimulation during human sleep. *Brain*, 1960, 83: 440-453.

Palla, A., Digiorgio, M., Carpena, N., Rossi, G., D'Amico, I., Santini, F. and Pinchera, A. Sleep Apnea in Morbidly Obese Patients: Prevalence and Clinical Predictivity. *Respiration*, 2008.

Peirano, P. D. and Algarin, C. R. Sleep in brain development. *Biol. Res.*, 2007, 40: 471-478.

Perez-Padilla, J. R., Slawinski, E., Difrancesco, L. M., Feige, R. R., Remmers, J. E. and Whitelaw, W. A. Characteristics of the snoring noise in patients with and without occlusive sleep apnea. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1993, 147: 635-644.

Perez-Padilla, J. R., West, P. and Kryger, M. Snoring in normal young adults: prevalence in sleep stages and associated changes in oxygen saturation, heart rate, and breathing pattern. *Sleep*, 1987, 10: 249-253.

Perrin, F., Garcia-Larrea, L., Mauguiere, F. and Bastuji, H. A differential brain response to the subject's own name persists during sleep. *Clin Neurophysiol.*, 1999, 110: 2153-2164.

- Portas, C. M., Krakow, K., Allen, P., Josephs, O., Armony, J. L. and Frith, C. D. Auditory processing across the sleep-wake cycle: simultaneous EEG and fMRI monitoring in humans. *Neuron*, 2000, 28: 991-999.
- Pratt, H., Berlad, I. and Lavie, P. 'Oddball' event-related potentials and information processing during REM and non-REM sleep. *Clin Neurophysiol.*, 1999, 110: 53-61.
- Prazic, M. Snoring and presbycusis. *Acta Otolaryngol.*, 1973, 75: 216-219.
- Quehl, J. Nocturnal Aircraft Noise, Annoyance, and Sleep Sensation. *Somnologie*, 2005b, 9: 76-83.
- Quehl, J. Effects of Nocturnal Aircraft Noise (Volume 4): Psychological Effects. 2005a. Köln, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Ref Type: Report
- Quinn, S. J., Huang, L., Ellis, P. D. and Williams, J. E. The differentiation of snoring mechanisms using sound analysis. *Clin. Otolaryngol.*, 1996, 21: 119-123.
- Rabat, A., Bouyer, J. J., George, O., Le, M. M. and Mayo, W. Chronic exposure of rats to noise: relationship between long-term memory deficits and slow wave sleep disturbances. *Behav. Brain Res.*, 2006, 171: 303-312.
- Rechtschaffen, A., Kales, A. and (ins Deutsche übertragen von Thomas Schichtl) A manual standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. "*Schlafpolygraphie*", 1968, 2-60.
- Rieger, B. Das Buch vom Schnarchen - kuriose Geschichten für Schnarcher und solche, die es ertragen müssen. 2002. Köln, Egmont Verlagsgesellschaft vgs Köln.
Ref Type: Generic
- Roehrs, T., Merlotti, L., Petrucelli, N., Stepanski, E. and Roth, T. Experimental sleep fragmentation. *Sleep*, 1994, 17: 438-443.
- Sardesai, M. G., Tan, A. K. W. and Fitzpatrick, M. F. Noise induced hearing loss in Snoreers and their bed partners. *J Otolaryngol.*, 2003, 32: 141-145.
- Sasazawa, Y., Xin, P., Suzuki, S., Kawada, T., Kuriowa, M. and Tamura, Y. Different effects of road traffic noise and frog's croaking on night sleep. *J. Sound Vib.*, 2002, 250: 107-113.
- Schäfer, J. "*Schnarchen, Schlafapnoe und obere Luftwege*". Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1996.
- Schneider, H., Grote, L., Peter, J. H., Cassel, W. and Guilleminault, C. The effect of triazolam and flunitrazepam--two benzodiazepines with different half-lives--on breathing during sleep. *Chest*, 1996, 109: 909-915.

Series, F. J., Marc, I. and Atton, L. Comparison of snoring measured at home and during polysomnographic studies. *Chest*, 1993, 103: 1769-1773.

Shaw, J. E., Punjabi, N. M., Wilding, J. P., Alberti, K. G. and Zimmet, P. Z. Sleep-disordered breathing and type 2 diabetes: a report from the International Diabetes Federation Taskforce on Epidemiology and Prevention. *Diabetes Res. Clin. Pract.*, 2008, 81: 2-12.

Siegel, J. M. The REM sleep-memory consolidation hypothesis. *Science*, 2001, 294: 1058-1063.

Silvani, A., Bojic, T., Cianci, T., Franzini, C., Lodi, C. A., Predieri, S., Zoccoli, G. and Lenzi, P. Effects of acoustic stimulation on cardiovascular regulation during sleep. *Sleep*, 2003, 26: 201-205.

Skatrud, J. B. and Dempsey, J. A. Airway resistance and respiratory muscle function in snorers during NREM sleep. *J. Appl. Physiol*, 1985, 59: 328-335.

Stallen, P. J. A theoretical framework for environmental noise annoyance. *Noise. Health*, 1999, 1: 69-80.

Stoohs, R., Blum, H. C., Haselhorst, M., Duchna, H. W., Guilleminault, C. and Dement, W. C. Normative data on snoring: a comparison between younger and older adults. *Eur Respir. J*, 1998, 11: 451-457.

Stoohs, R. and Guilleminault, C. Snoring during NREM sleep: respiratory timing, esophageal pressure and EEG arousal. *Respir. Physiol*, 1991, 85: 151-167.

Ulfberg, J., Carter, N., Talback, M. and Edling, C. Adverse health effects among women living with heavy snorers. *Health Care Women Int.*, 2000, 21: 81-90.

Ulrich Harten *Physik für Mediziner: Eine Einführung*. Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2007.

Valham, F., Mooe, T., Rabben, T., Stenlund, H., Wiklund, U. and Franklin, K. A. Increased risk of stroke in patients with coronary artery disease and sleep apnea: a 10-year follow-up. *Circulation*, 2008, 118: 955-960.

Weingarten, C. Z. and Raviv, G. Evaluation of Criteria for Uvulopalatoplasty (UPP) Patient Selection Using Acoustic Analysis of Oronasal Respiration (SNAP Testing). *The Journal of Otolaryngology*, 1995, 24: 352-357.

Weyerer, S. and Dilling, H. Prevalence and treatment of insomnia in the community: Results from the upper bavarian field study. *Sleep*, 1991, 14: 392-398.

White, J. E., Smithson, A. J., Close, P. R., Drinnan, M. J., Prichard, A. J. and Gibson, G. J. The use of sound recording and oxygen saturation in screening snorers for obstructive sleep apnoea. *Clin. Otolaryngol. Allied Sci.*, 1994, 19: 218-221.

Wiggins, C. L., Schmidt-Nowara, W. W., Coultas, D. B. and Samet, J. M. Comparison of self- and spouse reports of snoring and other symptoms associated with sleep apnea syndrome. *Sleep*, 1990, 13: 245-252.

Wilson, K., Mulrooney, T. and Gawtry, R. R. Snoring: an acoustic monitoring technique. *Laryngoscope*, 1985, 95: 1174-1177.

Wilson, K., Stoohs, R. A., Mulrooney, T. F., Johnson, L. J., Guilleminault, C. and Huang, Z. The snoring spectrum: acoustic assessment of snoring sound intensity in 1,139 individuals undergoing polysomnography. *Chest*, 1999, 115: 762-770.

Young, T., Palta, M., Dempsey, J., Skatrud, J., Weber, S. and Badr, S. The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults. *N. Engl. J. Med.*, 1993a, 328: 1230-1235.

Young, T., Palta, M., Dempsey, J. A., Weber, S. and Badr, M. S. The occurrence of sleep-disordered breathing among middle-aged adults. *N. Engl. J. Med.*, 1993b, 328: 1230-1235.

Young, T. B. Some methodologic and practical issues of reported snoring validity. *Chest*, 1991, 99: 531-532.

Zwicker, E. and Fastl, H. *Psychoacoustics: Facts and Models*. Springer, Heidelberg, 1990 (1 edition).