Aus der Klinik und Poliklinik für
Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde
Direktor: Prof. Dr. med. J. Strutz
der Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

Vergleich von Psychoakustik und Psychometrie bei habituellem Schnarchen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Matthias Wiest
2013

Aus der Klinik und Poliklinik für
Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde
Direktor: Prof. Dr. med. J. Strutz
der Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

Vergleich von Psychoakustik und Psychometrie bei habituellem Schnarchen

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Matthias Wiest
2013

Dekan:	Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Thomas Kühnel
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Rainer Rupprecht
Tag der mündlichen Prüfung:	04. Februar 2013

Meiner Familie in Dankbarkeit gewidmet.

Auszüge dieser Arbeit wurde als Poster auf der 16. Jahrestagung der Mitteldeutschen Hals-Nasen-Ohrenärzte (31.08. bis 01.09.2007 in Weimar) vorgestellt.

1 Einleitung

[1]

Anthony Burgess

nach: Ella Wheeler Wilcox

Das von Anthony Burgess in Anlehnung an ein Zitat von Ella Wheeler Wilcox („Lache, und die Welt lacht mit Dir. Weine und Du weinst allein.“) formulierte Zitat beschreibt das Problem vieler Patienten, die sich in den Praxen und Klinikambulanzen vorstellen und um Hilfe bitten.

Das sehr häufige primäre Schnarchen hat im Gegensatz zum obstruktiven Schnarchen im Wesentlichen eine soziale Beeinträchtigung zur Folge und ist zunächst kein medizinisches Problem. Schnarchen kann jedoch auch eines der Symptome weiterführender Erkrankungen wie zum Beispiel des obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms sein [2].

Aus diesem Grund sollte vor jedem operativen Eingriff zur Therapie des Schnarchens eine detaillierte Diagnostik nach einem Stufenschema erfolgen, um vor allem die Formen des krankhaften Schnarchens sowie internistische, neurologische und psychiatrische Grunderkrankungen im Vorfeld zu erkennen [2].

Um den Erfolg eines operativen Vorgehens zu beurteilen, schien es sinnvoll und nötig, eine objektive Meßmethode zu entwickeln. Bis heute ist diese Beurteilung nämlich lediglich durch die subjektive Partnerbewertung möglich [3] [4]. In neueren Studien wurde dabei eine visuelle Analog-Skala verwendet

[5], während in früheren Untersuchungen lediglich zum Beispiel „die Beschwerden der Ehefrau“ [6] oder eine einfache Bewertung hinsichtlich „besser“ oder „nicht besser“ [7] herangezogen wurden. Doch trotz der Verbesserungen bei der Partnerbewertung bleibt das eigentliche Problem bestehen, dass die Beurteilung des Schnarchens des Partners hinsichtlich seiner Lästigkeit von mehr als nur einem Faktor abhängt [3].

Im Rahmen des Studienprotokolles zur Akustik und Psychometrie des Schnarchens sollte eine objektive Methode zur Erfassung von Schnarchgeräuschen etabliert werden. Hierzu wurden folgende Nullhypothesen formuliert, die in fünf verschiedenen, aufeinander aufbauenden Untersuchungen bearbeitet wurden.

1. Schnarchgeräusche werden von Probanden und Patientenpartnern in emotionsfreier Umgebung (Hörkabine) unterschiedlich wahrgenommen.
2. Probanden erkennen in Schnarchgeräuschen keine quellenspezifischen Unterschiede im Grad der Belästigung
3. Probanden weisen keine stresstypischen Merkmale in der Bewertung des Schnarchens auf.
4. Der Grad der Belästigung durch Schnarchgeräusche ist nicht durch verschiedene Formen des Obstruktionsgrades gekennzeichnet.
5. **Die psychometrisch erfassten Grade der Belästigung sind nicht durch psychoakustische Befunde nachvollziehbar.**

Die Bewertung von Schnarchgeräuschen durch unabhängige Probanden (Psychometrie) ermöglicht eine objektivere Beurteilung, als dies durch die Partnerbewertung, die zum Beispiel von Zu- oder auch Abneigung geprägt sein kann, möglich wäre. Diese Objektivität ist zur Beurteilung eines Erfolges zum Beispiel einer operativen Therapie essentiell.
Auf der anderen Seite ist es aber auch gerade dieser Partner, auf den das Schnarchgeräusch störend oder belästigend wirkt.

Im Vergleich zur Psychometrie ist die Psychoakustik ein Verfahren, bei dem aus den verschiedenen Parametern *Lautheit*, *Rauheit*, *Schärfe* und *Schwankungsbreite* das Maß „Lästigkeit“ errechnet wird, die – so lautete zumindest der Ansatz – unabhängig von der Beziehung zum Schall sein soll [8].
Es gibt bisher kein Verfahren zur Bestimmung der subjektiv empfundenen Lästigkeit, basierend auf physikalisch erfassbaren Parametern und Reizgrößen [9].

In diesem Zusammenhang stellt sich außerdem die Frage, was unter „Lästigkeit“ verstanden, was als „lästig“ empfunden wird.

1.1 Schlafbezogene Atmungsstörungen

Die American Academy of Sleep Medicine unterscheidet in der International Classification of Sleep Disorders, die in Zusammenarbeit mit der European Sleep Research Society, der Japanese Society of Sleep Research und der Latin American Sleep Society erarbeitet wurde, das Obstruktive Schlafapnoe Syndrom (ICDS 780.53-0) und das primäre Schnarchen (ICDS 780.53-1) [10], das diagnostisch und therapeutisch von der obstruktiven Form abzugrenzen ist [11].

Eine Zwischenposition zwischen diesen beiden Extremvarianten nimmt das Upper Airways Resistance Syndrom (UARS) ein. Der Begriff wurde 1993 von Guilleminault et al. geprägt und wird im deutschen Sprachraum auch als „Widerstandssyndrom der oberen Atemwege“ bezeichnet [12]. Die International Classification of Sleep Disorders ordnet das UARS dem OSAS zu.

1.1.1 Primäres Schnarchen

Synonyma: Habituelles Schnarchen, einfaches Schnarchen, nicht apnoisches Schnarchen, benignes Schnarchen, primäres Schnarchen, kontinuierliches Schnarchen [10] [13].

Die American Association of Sleep Medicin ordnet das primäre Schnarchen dem Formenkreis der Parasomnien zu [10], während in der deutschen S3-Leitlinie „Nicht erholsamer Schlaf / Schlafstörungen“ das primäre Schnarchen keine Erwähnung findet [14] **.**
Als Parasomnie (aus griechisch *παρά*, pará, „bei“, „neben“ und lateinisch *somnus*, „der Schlaf“) werden Störungen des Schlafes bezeichnet, die beim Erwachen, beim partiellen Erwachen und beim Schlafstadienwechsel auftreten und somit den Schlafprozess unterbrechen. Dazu werden auch Schlafwandeln (Somnambulismus), Sprechen im Schlaf (Somniloquie), Nächtliches Zähneknirschen (Bruxismus), Albtraum, REM-Schlaf-abhängige Asystolie (Sinusarrest) oder auch der Plötzliche Kindstod gezählt. Parasomnien treten verstärkt im Kindesalter auf [15]**.**

Ursache der Schnarchgeräusche, die fast ausschließlich bei der Inspiration auftreten, sind Vibrationen der Schleimhaut sowie des Weichgewebes im Pharynxschlauch von Naso- bis Hypopharynx, bedingt durch ein ungleiches Kräfteverhältnis zwischen Inspirationsdruck und kritischem Verschlussdruck [16]**.**

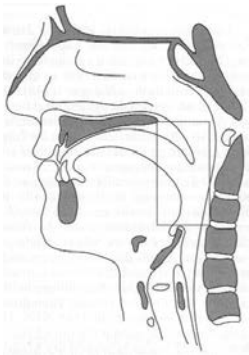

Abbildung 1: Oberer Luftweg mit knöchernen un
d knorpeligen Stützstrukturen (grau). Der kollapsgefährdete Pharynxbereich ist als Rechteck gekennzeichnet Abbildung aus [17], S. 29

Die Angaben hinsichtlich der Prävalenz des primären Schnarchens schwanken in der Literatur erheblich. Sie wird in einer amerikanischen Studie von Hiestand et al. 2006 mit 60% bei der männlichen und 50% bei der weiblichen Bevölkerung angegeben [18], weicht in anderen Studien aber deutlich davon ab (männlich 20-30%, weiblich 8-19%) [19] [20] [21]. Diese breiten Schwankungen lassen sich auf ein Fehlen einer international gültigen Definition des Schnarchens sowie der unterschiedlichen und bis heute nicht standardisierten Vorgehensweisen und Auswertungen der Diagnostik zurückführen. Gesichert ist jedoch, dass sich die höchste Prävalenz bei Männern im mittleren bis höheren Alter findet [22].

Das habituelle Schnarchen ist gekennzeichnet durch laute Atemgeräusche der oberen Atemwege im Schlaf [13] und weist definitionsgemäß keine Tagesmüdigkeit und keine nächtlichen Atempausen im Sinne von Apnoe- oder Hypoventilationsphasen auf [10] [23]. Es bestehen keine Tagesmüdigkeit und keine Einschlafneigung [10].

Das primäre Schnarchen ist die leichteste Unterform der schlafbezogenen Atemstörungen, gefolgt vom Upper Airways Resistance Syndrom (UARS) und der obstruktiven Schlafapnoe [24].

1.1.2 Upper Airways Resistance Syndrome

Synonym: Widerstandssyndrom der oberen Atemwege [12], heavy snorer's disease, obstruktives Schnarchen, Crescendoschnarchen [25]

Der Ausdruck "Upper Airways Resistance Syndrome" wurde erstmals 1993 von Guilleminault et al. geprägt. Es handelt sich hierbei um eine Form der schlafbezogenen Atmungsstörungen, die charakterisiert ist durch wiederholte partielle Obstruktionen im oberen Atemweg von der Nase bis zur Trachea [26]. Hierdurch kommt es zu Weckreaktionen (Arousals) aufgrund der erhöhten Atemarbeit im Schlaf und damit einhergehend zu Tagesmüdigkeit und Einschlafneigung. Apnoe- oder Hypopnoephasen treten beim UARS nicht auf [12]. Die Auswirkungen auf das Herz-Kreislaufsystem entsprechen in etwa denen des Obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms [25]. In der International Classification of Sleep Disorders wird diese Variante der schlafbezogenen Atmungsstörungen als Upper Airway Apnea zum Obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom gezählt [10].

Zur Prävalenz des UARS in der Allgemeinbevölkerung liegen keine validen Daten vor [12].

Pathophysiologisch kommt es zu wiederholten inkompletten Obstruktionen im Bereich der oberen Atemwege mit Erhöhung des Atemwegswiderstandes und intrathorakalen Druckschwankungen [25].

Die Diagnostik des Upper Airways Resistance Syndromes ist anspruchsvoller, es entgeht der ambulanten Polygraphie. Bei der Polysomnographie lässt es sich durch die Erfassung respiratorisch bedingter Störungen der Schlafarchitektur nachweisen [12].

1.1.3 Obstruktives Schlafapnoe-Syndrom

Die **obstruktive Schlafapnoe** wird als Sistieren des Luftflusses an Mund und Nase von mehr als zehn Sekunden Dauer im Schlaf, hervorgerufen durch eine pathologisch erhöhte Kollapsibilität der extrathorakalen Atemwege definiert. [26] [27] [28].

Leitsymptom ist das laute und unregelmäßige interapnoische Schnarchen während des Nachtschlafes. Führendes Symptom außerhalb der Schlafphase ist eine Tagesmüdigkeit mit Leistungsminderung sowie eine Tagesschläfrigkeit mit Unfallneigung. Bei über der Hälfte der Patienten wird eine Störung bzw. Einschränkung der Sexualfunktion festgestellt. [28] Des Weiteren findet sich in bis zu 60% der Fälle eine arterielle Hypertonie – umgekehrt ließ sich bei 20% der Hypertoniker ein obstruktives Schlafapnoe-Syndrom feststellen. Morgendliche Kopfschmerzen, Abgeschlagenheit, intellektuelle Leistungsminderung, Persönlichkeitsveränderung, Veränderungen im Affekt und Nykturie sind weitere Symptome des Obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms [27].

Die Prävalenz der obstruktiven Schlafapnoe wird mit 4% bei der männlichen und 2% bei der weiblichen Bevölkerung angegeben [10].
Betroffen sind vor allem Männer über 40 Jahren. Frauen sind siebenmal seltener betroffen als Männer. Als weitere Prädispositionsfaktoren sind Übergewicht, gedrungener Körperbau oder eine kraniofasziale Dysmorphie zu nennen [28].

Eine Einteilung hinsichtlich des Schweregrades einer Obstruktiven Schlafapnoe wird durch den Apnoe/Hypopnoe-Index (AHI) und den Respiratory Disturbance Index (RDI), der auch die von Atemanstrengung abhängigen Weckreaktionen erfasst, getroffen. Ab einem RDI von ≥ 5 wird von einem Obstruktiven Schlaf-Apnoe-Syndrom gesprochen, das entsprechend der Anzahl der respiratorischen Ereignisse in mild, mittelschwer und schwer eingeteilt wird. Es treten dann regelhaft pathologische Veränderungen bezüglich der kardiovaskulären und kardiopulmonalen Parameter und hinsichtlich der psychischen Leistungsfähigkeit auf.

Alle Indices erweisen sich aber als unzuverlässige Instrumente hinsichtlich der individuellen Gefährdung eines Patienten und der daraus resultierenden Behandlungsbedürftigkeit [28].

Respiratorische Ereignisse/h im Schlaf (AHI)	
≥ 5 und < 20	Milde obstruktive Schlafapnoe
≥ 20 und < 40	Mittelschwere obstruktive Schlafapnoe
≥ 40	Schwere obstruktive Schlafapnoe

Tabelle 1: Einteilung der obstruktiven Schlafapnoe, nach [29]

Abzugrenzen von der Obstruktiven Apnoe ist die Zentrale Apnoe, deren Ursache in einem unzureichenden oder fehlenden Stimulus durch das Atemzentrum liegt und die u. a. bei Schäden im Zentralnervensystem (z. B. nach ischämischem Insult) vorkommt und die Gemischte Apnoe, die sich aus einem zentralen und obstruktiven Anteil zusammensetzt. Im Vergleich zur obstruktiven Form ist die reine zentrale Form sehr selten. [27]

1.2 Diagnostik und Befunde

Gemäß der S1-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie des Schnarchens von Erwachsenen sollte die Diagnostik in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten erfolgen [2]. Auch Fischer et. al haben sich 2005 diesbezüglich, auch vor dem Hintergrund einer Kosten-Nutzen-Analyse, für eine Stufendiagnostik ausgesprochen [14].

Die Routinediagnostik zur Abklärung von schlafbezogenen Atmungsstörungen umfasst neben der ausführlichen **Anamnese** inklusive Fragebogen (z. B. Epworth Sleepiness Scale ESS), die **HNO-ärztliche Untersuchung**, die, je nach Krankheitsbild, durch internistische, neurologische oder psychiatrische Untersuchungen ergänzt werden. Im Rahmen einer bildgebenden Diagnostik können eine Kephalometrie, Nasennebenhöhlen- und Thoraxaufnahmen durchgeführt werden. Es gilt, in diesen beiden Stufen alternative Ursachen (z. B. Depression) für das Symptom Tagesmüdigkeit auszuschließen [14].

Bei der Befunderhebung etabliert sich immer mehr die pharyngolaryngoskopische transnasale Endoskopie (Schlafendoskopie) zur Detektion von Kollapsneigungen im Pharynxverlauf. Diese flexible Endoskopie wurde früher am wachen Patienten im Rahmen eines „Müller-Manövers“ durchgeführt. Studien haben allerdings eindeutig belegt, dass das Müller-Manövers keine Aussage über die anatomischen und funktionellen Verhältnisse im Nachtschlaf bietet und dass die Indikationsstellungen, die aufgrund der Befunde des Müller-Manövers gestellt wurden, keine Verbesserungen des operativen Ergebnisses erbrachten [30]. Aus diesem Grund erfolgt die endoskopische Diagnostik heute im Rahmen eines medikamentös induzierten Schlafes (Somnoendoskopie, „Propofol-Schlaf“). Bei der Durchführung der Somnoendoskopie wird durch den Anästhesisten zur Schlafinduktion das schnellwirksame Hypnotikum 2,6-Diisopropylphenol (Freiname: Propofol) appliziert, bis der Patient einschläft. Es stellt sich die Frage, ob dieser medikamentös induzierte Schlaf dem natürlichen Schlaf entspricht oder ähnelt. Im Rahmen einer prospektiven Untersuchung folgerten

Berry et al., dass zumindest der respiratorische Status des Medikamenten induzierten Schlafes dem des natürlichen Schlafes entspricht [31]. Die Prädilektionsstellen der Obstruktion finden sich im Velumbereich, im Bereich des Zungengrundes und in seltenen Fällen an der Epiglottis („floppy epiglottis“) [32] [33] [34].

Je nach Befundkonstellation erfolgt in einem nächsten Schritt ein ambulantes Schlafscreening (Polygraphie). Sollte sich im Rahmen der Anamnese, der körperlichen Untersuchung und der ambulanten Schlafuntersuchung kein einheitliches Bild ergeben oder der AHI am Übergang zum obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom liegen, wird als letzter Schritt eine Polysomnographie empfohlen [14]. Auf die Durchführung der Polygraphie und der Polysomnographie kann verzichtet werden, wenn es sich bei dem Schnarchen um ein isoliertes Phänomen handelt, wenn keine Behandlung gewünscht wird oder wenn im Rahmen der Anamnese- und Befunderhebung keine Pathologie festgestellt werden konnte [2]. Vor einer Intervention sollte jedoch mindestens eine Polygraphie erfolgen.

1.3 Therapie

1.3.1 Konservative Therapie

Bei den konservativen Therapiemaßnahmen sind zunächst Gewichtsreduktion, Schlafhygiene (ausreichender und regelmäßiger Schlaf), Abbau von Koffein- und Nikotin-Abusus und eventuell ein Entzug bei Alkohol- und Schlafmittelabusus zu nennen. Eine weitere Option ist die Erhöhung der funktionellen Residualkapazität (z. B. durch körperliches Training).
Des Weiteren gibt es die Möglichkeit, bei lageabhängigem obstruktivem Schlafapnoe-Syndrom eine Rückenlage durch ein in den Pyjama eingearbeitetes Kissen oder einen Rucksack sicher zu vermeiden und so den AHI zu reduzieren [35].

1.3.2 Medikamentöse Therapie

Ein Cochrane Review zum Thema medikamentöse Therapie der OSA beschreibt im Jahr 2009, dass sich aus den bisher vorliegenden Untersuchungen und Daten keine Wirksamkeit für eine medikamentöse Therapie der OSA ableiten lässt. [36]

1.3.3 Apparative Therapie

Den Goldstandard im Bereich der konservativen Therapieform als auch der Therapie bei obstruktiver Schlafapnoe insgesamt stellt heute die CPAP-Therapie (**c**ontinuous **p**ositive **a**irway **p**ressure) dar.
Bei der CPAP-Therapie wird beim Nachtschlaf meist über eine Nasenmaske (nCPAP, „n“ = nasal) durch einen kontinuierlichen Luftstrom eine „pneumatische Schienung“ der oberen Atemwege bewirkt. Bei mangelnder Compliance oder mangelndem Erfolg stehen auch Halbgesichts- oder

Gesichtsmasken zu Verfügung. Der Erfolg basiert auf einem rein mechanischen Effekt. In Untersuchungen wurde eindeutig nachgewiesen, dass unter nasaler CPAP-Therapie ein rein passiver Schienungseffekt vorliegt [37]. Hierdurch werden Apnoen und Hypopnoen zuverlässig verhindert und das nächtliche Schnarchen deutlich reduziert.
Nebeneffekte sind die Minderung des dynamischen Kollapsdruckes und die Vergrößerung der funktionellen Residualkapazität sowie die Erweiterung des Pharynxquerschnittes.
Die Langzeitakzeptanz liegt jedoch bei < 70%, die Bereitschaft zur Beatmungstherapie sinkt mit höherem Lebensalter [35] [38].

Weiterentwicklungen der CPAP-Therapie sind die APAP- (auto-CPAP) und BiPAP-Therapie.

Eine weitere apparative Therapiemöglichkeit stellt bei einer ausgewählten Patientengruppe die Aufbiss-Schiene dar. Durchgesetzt haben sich heute **Unterkieferprotrusionsschienen** (z. B. Esmarch-Schiene), die bei der milden und mittelschweren Form der obstruktiven Schlafapnoe eingesetzt werden. Der Unterkiefer wird um drei bis fünf mm nach ventral verlagert. Dadurch soll das Zurückfallen des Zungengrundes im Schlaf verhindert werden. Es wird von Erfolgsraten von 50-70% berichtet bei einer Akzeptanz von 40-80%.
Als Nebenwirkungen treten Hypersalivation, Xerostomie, Schmerzen im Kiefergelenk, dentale Beschwerden und permanente Zahnfehlstellungen mit Okklusionsstörung auf [35] [39].

1.3.4 Operative Therapie

1.3.4.1 UPPP - Uvulopalatopharyngoplastik

Nach der Tracheotomie ist die Uvulopalatopharyngoplastik (1964) die zweitälteste Operationstechnik zur Behandlung von Schnarchen und Schlafapnoe.
Die operative Vorgehensweise hat sich im Lauf der Jahre deutlich verändert. Wurden zunächst ausgedehnte Weichgaumenresektionen – mitunter bis an die Grenze des harten Gaumens – durchgeführt, ist man heute aufgrund der dadurch entstandenen Komplikationen zurückhaltender. Man beschränkt sich heute hauptsächlich auf eine sparsame Schleimhautreduktion unter Schonung der Muscularis mit dem Effekt, das Velum und den hinteren Gaumenbogen nach anterior zu verlagern. Sofern die Gaumenmandeln noch vorhanden sind, werden sie mit entfernt. Hierdurch wird der eigentliche Haupteffekt erzielt. Durch die einsetzende Narbenbildung kommt es zusätzlich zu einer Straffung und Stabilisierung des Gewebes und somit zu einer Reduktion der Kollapsneigung, der Pharnyquerschnitt wird in sagittaler und koronarer Ebene erweitert [38].

In Untersuchungen wurden die Ergebnisse der UPPP-Patienten denen der CPAP-Therapie gegenübergestellt. Es zeigte sich, dass erfolgreich operierte Patienten in Bezug auf das Schlafverhalten ähnliche Werte wie unter CPAP-Therapie erreichen. Insgesamt schnitt die operative Therapie aber aufgrund von UPPP-Versagern geringfügig schlechter ab. [40]

1.3.4.2 LAUP – Laser-assistierte Uvulopalatoplastik

Ende der 80er Jahre wurde die LAUP als erste ambulant und in Lokalanästhesie durchführbare Operation bei schlafbezogenen Atmungsstörungen etabliert. Unter Verzicht der Tonsillektomie und des Vernähens der Gaumenbögen erfolgt bei der LAUP eine parauvuläre Inzision der Schleimhaut sowie eine Kürzung der Uvula bis zur Muscularis. Der Laser schneidet hierbei nahezu blutungsfrei. Durch die gesetzten Läsionen soll es

zu einer Schrumpfung und Kürzung des Weichgaumens und der Uvula kommen, Der Eingriff kann beim primären Schnarchen und bei Patienten mit einem BMI < 30 kg/m^2 durchgeführt werden. Aus heutiger Sicht ist die LAUP obsolet. Nach den aktuellen amerikanischen und deutschen Leitlinien ist eine schlafbezogene Atmungsstörung keine Indikation für die LAUP.

1.3.4.3 Eingriffe am Zungenbein und Zungengrund

Die Hyoidsuspension wird in der Regel im Rahmen einer Mulit-Level-Therapie durchgeführt. Durch eine anterioinferiore Verlagerung des Zungenbeines wird eine Erweiterung des Pharynxquerschnittes auf Höhe des Zungengrundes knapp oberhalb der Epiglottis bewirkt. Die Fixierung des Zungenbeines erfolgt am Schildknorpel.
Die Studienlage lässt keine abschließende Bewertung des Verfahrens zu. Bei entsprechender Indikation wird die Hyoidsuspension im Rahmen eines kombinierten Eingriffes bei CPAP-Intoleranz oder CPAP–Ablehnung versucht [33].

Die Radiofrequenztherapie (RFT) kann bei leichtgradiger Obstruktiver Schlafapnoe eingesetzt werden. Hierbei werden speziell für den Anwendungsort, hauptsächlich Zungengrund, Tonsillen und Weichgaumen, aber auch Nasenmuscheln, gebogene Elektroden in das Gewebe eingebracht. Durch Aktivierung der mono- oder bipolaren Elektroden wird eine Thermokoagulation von Eiweiß bewirkt, die darüberliegende Schleimhaut wird bei der Therapie ausgespart. Im Rahmen der Abheilung kommt es zu einer Narbenbildung und konsekutiv zur Straffung und Festigung des Gewebes.
Je nach Befundausprägung und Behandlungsort werden 2 – 20 Läsionen pro Sitzung gesetzt, als Maximum werden vier bis sechs Sitzungen empfohlen.

1.3.4.4 Maxillomandibuläre Osteotomie (kieferchirurgische Verfahren)

Seit fast 20 Jahren wird die maxillomandibuläre Umstellungsosteotomie bei Patienten mit entsprechenden Fehlbildungen des Gesichtsschädels und bei schwerer obstruktiver Schlafapnoe durchgeführt. In Studien konnte eine chirurgische Erfolgsrate von 92% nachgewiesen werden [17]. Hochban sprach 2008 sogar von einer „vollständigen Beseitigung der Schlafapnoe“, der Therapieerfolg sei „zuverlässig prognostizierbar“ [39].

Bei dem Eingriff wird eine Le-Fort-I-Osteotomie mit einer Unterkiefervorverlagerung verbunden. Unterstützend kann je nach Indikation eine Kinnosteotomie sowie eine Nasenscheidewandbegradigung durchgeführt werden. [38]

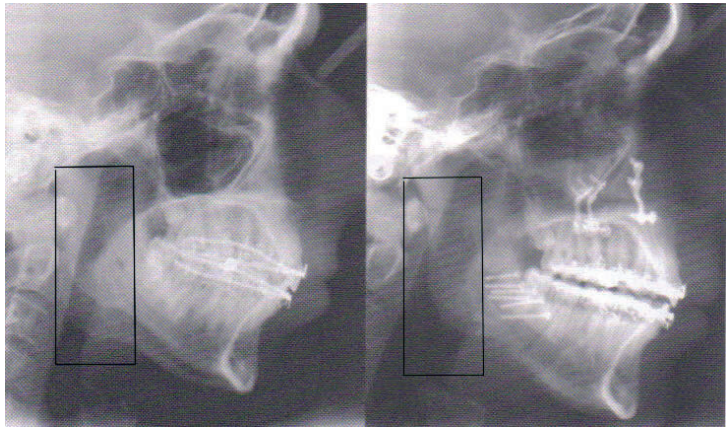

Abbildung 2: Maxillomandibuläre Umstellungsosteotomie
Links: präoperativ, pharyngeale Obstruktion; Rechts: postoperativ, deutliche pharyngeale Erweiterung nach Ober- und Unterkiefervorverlagerung um 10mm.
Abbildung nach [38], Seite 718

1.3.4.5 Tracheotomie / Minitracheotomie

Die Tracheotomie ist die älteste beschriebene Operationsmethode zur Therapie einer Schlafapnoe. Hierbei wird im Sinne eines Bypasses die potentielle Engstelle im oberen Luftweg umgangen. Aufgrund der eingeschränkten Lebensqualität ist dieser Eingriff heute jedoch Einzelfällen vorbehalten.

1.4 Allgemeine Grundlagen

1.4.1 Psychophysik

In der Psychophysik werden Zusammenhänge zwischen physikalischen Reizen und den dadurch ausgelösten Empfindungen beim Menschen beschrieben.

1.4.2 Psychoakustik

Die Psychoakustik ist ein Teilgebiet der Psychophysik. Sie befasst sich mit der Beschreibung des Zusammenhanges zwischen der menschlichen Hörempfindung als Empfindungsgröße und dem entsprechenden Schall als physikalische Reizgröße [41]. Die Skalierung in der Psychoakustik beschreibt die Stärke der Empfindung.

Zur Beschreibung des Hörereignisses werden physikalische Parameter wie Schalldruckpegel, Frequenz und Modulationsgrad auf gehörgerechte Parameter abgebildet. Im Gegensatz zu den physikalischen Größen bilden die psychoakustischen Parameter die menschliche Empfindung linear ab. Das heißt, eine Verdoppelung der psychoakustischen Größe bewirkt eine Verdoppelung der entsprechenden Hörempfindung [42].

Es sind verschiedene psychoakustische Parameter beschrieben [41]. Die Wichtigsten und am häufigsten verwendeten werden allgemein als „Zwicker-Parameter“ bezeichnet:

- Lautheit
- Schärfe
- Rauheit
- Schwankungsstärke

Daneben gibt es noch andere Parameter wie Tonhöhe, Tonhaltigkeit, Impulshaltigkeit, Beurteilungspegel oder Schalldruckpegel.

Bekannte Wissenschaftler, die sich mit der Psychoakustik befassten, waren *Hermann von Helmholtz* (1821–1894), *H. Fletcher* und *W. A. Munson* (*1933),

Eberhard Zwicker (15.01.1924 – 22.11.1990) und *Georg von Békésy* (1899–1972), der Begründer der Wanderwellentheorie.

1.4.2.1 Lautheit

Die **Lautheit** macht eine direkte Aussage darüber, wie laut ein Mensch einen bestimmten Schall empfindet. Sie erlaubt jedoch keine Aussage darüber, wie "angenehm", "unangenehm" oder „lästig“ ein Schallereignis von einer Person individuell wahrgenommen wird. Die Maßeinheit der Lautheit eines Klangs oder Geräusches ist Sone, nach dem Vorschlag von Stanley Smith Stevens (1906-1973) aus dem Jahre 1936 [43].
„Lautheit“ ist ein künstlicher Begriff (engl. loudness), dem nur in der Umgangssprache die Lautstärke entspricht. Sie lässt sich aus Verhältnismessungen ableiten und ist eine *Empfindungsgröße* der Psychoakustik. Schalldruck- und Schalldruckpegeländerungen beeinflussen die Lautheit.

Die **Lautstärke** stellt der physikalisch messbaren Amplitude des Schalls (z. B. als Schalldruck bzw. als Schalldruckpegel) die vom Menschen wahrgenommene Lautheit gegenüber. Die Lautstärke ist eine subjektive Empfindung, die allerdings im wissenschaftlichen Sinne messbar ist. Hierzu wird der Lautstärkepegel in der Einheit Phon verwendet.

Der **Lautstärkepegel** vergleicht die empfundene Lautstärke mit der Lautstärke eines Referenzsignals. Er ist keine physikalische Reizgröße und keine Empfindungsgröße der Psychoakustik, eher eine Zwischengröße, ähnlich der Frequenztonhöhe.

Der Lautstärkepegel beschreibt den Schalldruckpegel, den ein Sinuston der Frequenz 1000Hz haben müsste, um genauso laut empfunden zu werden, wie ein zu untersuchendes Geräusch [44]. Bei der Bestimmung des Schalldruckpegels wird bei der technischen Messvorrichtung ein Filter (A) (Kurven gleicher Lautstärkepegel bei ca. 20-40 phon) vorgeschaltet, der die anatomischen Eigenschaften des menschlichen Ohres nachempfinden soll

(Frequenzbewertung). Der so in praxisgerechter Entfernung gemessene und bewertete Schalldruckpegel wird mit der logarithmischen Einheit dB(A) wiedergegeben [45].

Als **Schalldruck**, angegeben in der Einheit Pascal wird der Druck angegeben, der im Moment des Schallreizes am Trommelfell herrscht. Er ist eine physikalische Reizgröße und eine Funktion der Zeit.

Bei 1000Hz stimmen der **Schalldruckpegel** (logarithmische Auftragung in Dezibel) und der **Lautstärkepegel** (in Phon) überein. Welcher Schalldruckpegel für einen Einzelton bei welcher Frequenz erforderlich ist, um jeweils den gleichen Lautstärkeeindruck zu erzielen, ist in den "Kurven gleicher Lautstärkepegel" (Isophone) beschrieben [46] [47].

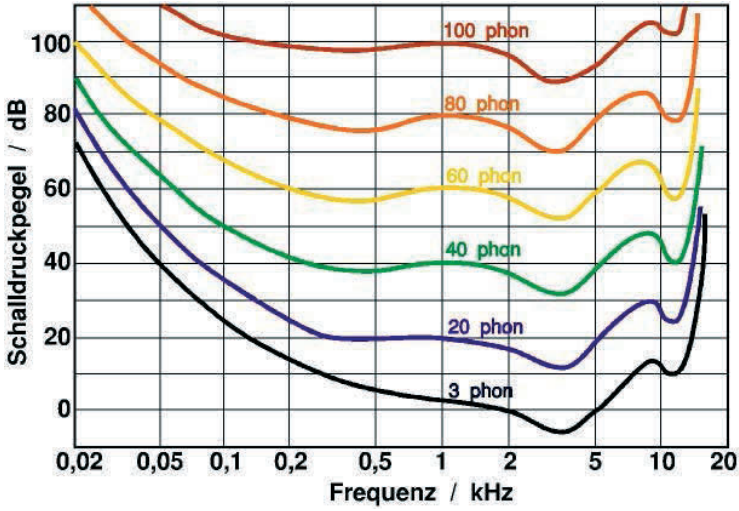

Abbildung 3: „Kurven gleicher Lautstärkepegel“ (Isophone) [48] [47] [44] [49]

Eine Erhöhung des Schalldruckpegels um +10 dB wird subjektiv als Verdoppelung der vorhergehenden Lautstärke wahrgenommen. [44] Eine

leise Unterhaltung mit 40 dB(A) ist somit nicht viermal so laut wie das normale Atmen mit 10 dB(A), sondern achtmal lauter. Eine Verdoppelung einer Lärmquelle (z.B. von 20 auf 40 PKWs) verursacht hingegen eine Zunahme des Schalldruckpegels um 3 dB(A) [50]. Die Lautheit in Sone ist eine psychoakustische Größe. Ein Schall mit dem Lautstärkepegel von 40 phon erhält die Lautheit 1 sone. [51] Ein doppelt so laut empfundener Schall erhält den doppelten Lautheitswert (2 sone), ein halb so laut empfundener Schall den halben Lautheitswert. *DIN 45631* bzw. *ISO 532 B* beschreiben „Messverfahren für die Lautheitsmessung breitbandiger Signale“. [52]

0,03 sone	Blätterrauschen
0,50 sone	Kühlschrankbrummen
1 sone	Weckerticken, Rauschen von Klimaanlagen.
2 sone	normale Unterhaltung
3 sone	gerade noch akzeptabler Geräuschwert.
4 sone	laute Unterhaltung
6 sone	Geräusch wird als störend empfunden.

Tabelle 2: Empfindungsbeispiele

Lautstärkepegel und Lautheit lassen sich ineinander umrechnen, die lineare Umrechnung ist gültig zwischen 40 phon und 120 phon [46]. Oberhalb von 40 phon besteht ein linearer Zusammenhang zwischen sone und phon.
Eine Zunahme des Lautstärkepegels um 10 phon entspricht hier einer Verdopplung der empfundenen Lautstärke.

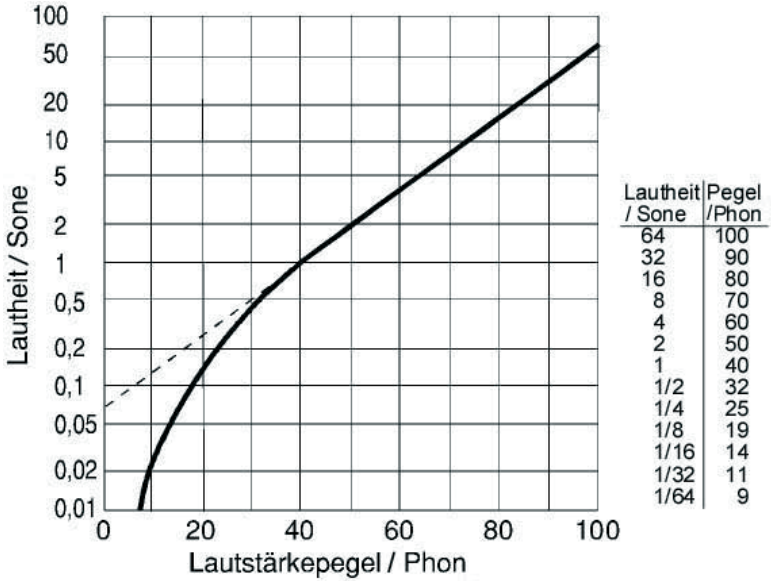

Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Lautstärkepegel und Lautheit
durchgezogene Linie: Gemessener Zusammenhang zwischen Lautstärkepegel und Lautheit; gestrichelte Linie: Näherungsformel nach ISO 131 für mittlere und große Lautstärkepegel [46]

1.4.2.2 Schärfe

Die **Schärfe** ist eine Empfindungsgröße der Psychoakustik, die unabhängig von der Tonhöhe, Lautheit und Rauheit bewertet werden kann. Die Hörempfindung Schärfe wurde 1974 als ein wesentliches Attribut der Klangfarbenwahrnehmung von G. v. Bismarck eingeführt [53]. Die Schärfe wird in der Maßeinheit *Acum* (*lat*. acer: scharf) angegeben.
Der Bezugsschall ist ein um 1 kHz (920 Hz bis 1080 Hz) zentriertes, frequenzgruppenbreites Schmalbandrauschen mit einem Pegel von 60 dB. (Im Hörbereich bis 16kHz können etwa 24 Frequenzgruppen untergebracht werden, deren Breite von der jeweiligen Mittelfrequenz abhängt. Für Frequenzen unter 500 Hz sind die Frequenzgruppen etwa 100 Hz breit, über 500 Hz betragen sie etwa 20% der Mittelfrequenz [54]).

Die Schärfe dieses Schalles beträgt 1 *acum* [55]. Die Schärfe anderer Geräusche wird durch Verhältnisskalierung bestimmt. Ein Schall, dessen Schärfe als halb so scharf wie der Referenzschall empfunden wird, hat die Schärfe 0,5 acum.

Eng mit der Schärfe verbunden ist der **sensorische Wohlklang** (sensory pleasentness), der allerdings sehr wohl von weiteren Hörempfindungen wie Rauheit, Lautheit oder Klanghaftigkeit (tonalness) abhängt [56]**.** Die Korrelation zwischen dem berechneten und dem psychoakustisch gemessenen Wohlklang liegt über 90% [57]**.**

1.4.2.3 Rauheit

Die **Rauheit,** früher auch Rauhigkeit oder Rauigkeit, ist eine psychoakustische Empfindungsgröße, deren Wert durch Hörversuche ermittelt wird. Sie ist eine Hörempfindung, die durch Fluktuationen von Schallsignalen ausgelöst wird und tritt zum Beispiel auf, wenn zwei Sinustöne in geringem Frequenzabstand gleichzeitig erklingen [58]. Als plastischeres Beispiel kann die Hörempfindung beim Sprechen eines rollenden „R“s angeführt werden.
Das Rauheitsempfinden entsteht aufgrund des beschränkten Frequenzausflösungsvermögens der Basilarmembran. Bei geringem Frequenzabstand überschneiden sich dort die Erregungsmuster zweier Töne. Wenn der Frequenzabstand größer wird und man zwei getrennte Töne wahrnimmt, bedeutet dies, dass die Töne auf der Basilarmembran zwei unabhängige Frequenzmaxima hervorrufen („Tonotopie der Cochlea“) [59] [60] [49].

Die Rauheit eines Geräuschs (Klangs) wird in der Maßeinheit *asper* angegeben. Ein *asper* entspricht der Rauheit eines zu 100 % mit 70 Hz modulierten 1-kHz-Sinustons bei einem Schalldruckpegel von 60 dB SPL. Schall mit Modulationsfrequenzen im Bereich von 15 bis 150 Hz (Optimum) und weiter bis 300 Hz (Maximum) wird als rau empfunden, die Rauheit eines Klanges oder Geräusches wird in einem Frequenzbereich von 15 Hz bis 300 Hz wahrgenommen [61].

Die physikalische Reizgröße, die die Rauheit bestimmt, ist der Modulationsgrad.

Frequenzdifferenz	Hörempfindung
0-15 Hz	Einzelner Ton mit schwankender Amplitude (Schwebung). Bei 4 Hz ist der Eindruck der Schwankung am stärksten.
15 Hz - 70 Hz	Ein mit größerer Frequenzdifferenz zunehmend rauher Ton. Die **Rauheitsempfindung** ist bei etwa 70 Hz Modulationsfrequenz am stärksten.
über 70 Hz	Zwei zunehmend getrennte Teiltöne; die **Rauheit** des Klangs nimmt ab.
200-300 Hz	Der Eindruck der **Rauheit** verschwindet. Die beiden Teiltöne sind vollständig getrennt wahrnehmbar.

Tabelle 3: Ebenen des Hörempfindens
bei zwei gleichzeitig erklingenden Sinustönen [58] [61].

1.4.2.4 Schwankungsstärke

Die **Schwankungsstärke** ist eine Messgröße für die subjektiv empfundene, zeitliche Schwankung der Lautstärke. Die Einheit der Schwankungsstärke ist *vacil*.

1 *vacil* ist definiert als Schwankungsstärke eines amplitudenmodulierten 1-kHz-Tons von 60 dB Schalldruck bei einer Modulationsfrequenz von 4 Hz und einem Modulationsgrad von 100% (siehe 1.4.2.3 Rauheit) [62].

Die Schwankungsstärke ist verhältnisskaliert, d. h. ein Geräusch, das doppelt so schwankend empfunden wird wie der Definitionsschall, besitzt eine Schwankungsstärke von 2 vacil.

1.4.2.5 Lästigkeit

Der Begriff „**Lästigkeit**“ wird oft benutzt um die Reaktion auf ein Geräusch zu beschreiben. Unter Belästigung oder Lästigkeit (annoyance) wird die bewusste Wahrnehmung und Bewertung der Behinderung einer gewünschten Aktivität durch Lärm verstanden [63] [64].
Obwohl der Begriff „Lästigkeit“ seit über 30 Jahren in wissenschaftlichen Untersuchungen existiert, ist er bis heute nicht eindeutig definiert [52].

Zunächst muss davon ausgegangen werden, dass verschiedene Individuen verschiedene Auffassungen von Lästigkeit haben.

Die Lästigkeit ist stark subjektiv geprägt und hängt zu einem großen Teil von der Einstellung des Probanden oder Hörers gegenüber dem Geräusch ab.
Als Beispiel führt Zwicker, einer der Begründer der Lästigkeits-Theorie, einen Motorradfahrer an. Der Fahrer wird sich von dem Motorengeräusch nicht belästigt fühlen und sich vielleicht auch wünschen, der Motor mache noch mehr Geräusch. Ein Anwohner, durch dessen Straße der Motorradfahrer fährt, könnte sich aber durch dieses Geräusch durchaus in seiner Arbeit, seiner momentanen Beschäftigung oder im Schlaf gestört fühlen [65] [8].

Vor allem aufgrund der Subjektivität ist es schwierig bis unmöglich, die Lästigkeit im Allgemeinen zu berechnen oder eine Formel zu deren Berechnung zu entwickeln.

Aus diesen Gründen wurde der Begriff der „unbeeinflussten Lästigkeit“ oder „vorurteilsfreien Lästigkeit“ (unbiased unit of annoyance) eingeführt. Die unbeeinflusste Lästigkeit hängt nicht von einer Beziehung zwischen Hörer und Schallquelle ab und sie wird ausschließlich durch den Schall unter „beschreibbaren Randbedingungen“ erzeugt [8].

In Laboruntersuchungen durch E. Zwicker selbst [66], durch Partnerbefragung und Paarvergleichs-Studien wurde ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der unbeeinflussten Lästigkeit und der Lautheit N eines Geräusches dargestellt. Neben der Lautheit werden aber auch die Schärfe S und die

Schwankungsstärke F als Parameter zur Berechnung der unbeeinflussten Lästigkeit herangezogen. Die Rauheit scheint nach Studienlage laut Zwicker zu vernachlässigen zu sein. Die Tageszeit ist das vierte Kriterium zur Berechnung der unbeeinflussten Lästigkeit [65] [8].

In Zusammenschau der Untersuchungen postulierte Zwicker untenstehende Formel als näherungsweiser Vorschlag zur Berechnung der „unbeeinflussten Lästigkeit". Die Formel ist in Erfahrungswerten aus Versuchen begründet und muss sich in der Realität bewähren.

(1)
$$UBA = d\left(\frac{N_{10}}{sone}\right)^{1,3}\left\{1+0,25\left(\frac{S}{acum}-1\right)\log\left(\frac{N_{10}}{sone}+10\right)+0,3\left(\frac{F}{vacil}\frac{1+\left(N_{10}/sone\right)}{\left(N_{10}/sone\right)+0,3}\right)\right\}au$$ [67]

In einer allgemeineren Form wird die Formel wie folgt ausgedrückt:

(2) $$UBA = d\left(\frac{N_{10}}{sone}\right)^{1,3}\cdot(1+s+f)au$$ [8, 65, 67]

Betrachtet man die Formel (2) wird die unbeeinflusste Lästigkeit UBA aus den Parametern Lautheit N_{10} (die in 10% der Zeit überschrittene gemessene Lautheit), Schärfe S und der Schwankungsstärke F errechnet. Über den Korrekturfaktor d (3) wird die Tageszeit berücksichtigt.
Die Einheit der Lästigkeit wird in *au* (annoyance unit) angegeben.

Die dominierende Abhängigkeit der Lästigkeit von der Lautheit ist unbestritten. Aufgrund der größeren Bedeutung wird die Lautheit N in der Formel deshalb stärker gewichtet. In Messergebnissen aus Studien vor allem von Hellmann zeigten, dass ein etwa 1,3-facher Zusammenhang besteht bzw. dass die Lästigkeit mit einem Exponenten von etwa 1,3 stärker ansteigt, als die Lautheit [68].

Eine mögliche Beeinflussung der Lästigkeit durch die Schärfe eines Geräusches wurde ebenfalls in früheren Studien von Zwicker [56, 66] vermutet und von Weber und Mellert quantifiziert [69]. Es zeigte sich, dass bei gleichbleibender Lautheit Schalle mit mittlerer bis hoher Schärfe lästiger empfunden werden, als es allein aufgrund der Lautheit zu vermuten wäre. Zugleich fiel auf, dass Schalle mit geringer Schärfe bei gleichbleibender Lautheit sogar als weniger belästigend empfunden werden. Um diesen Ergebnissen Rechnung zu tragen, wird auch die Schärfe S in die Formel einbezogen [8].

Eine „zeitliche Variation“ des Schalles wird ebenfalls als lästig empfunden. Dies gilt vor allem dann, wenn es sich um markante Schwankungen handelt, aber auch bei kleinen Pegeln, wie sie vor allem nachts auftreten. Aus diesem Grund wird auch die Schwankungsstärke F in der Formel berücksichtigt [8].

Die Lästigkeit eines Schalles wechselt im Tagesverlauf. So werden Schalle tagsüber im Mittel etwa halb so lästig empfunden, wie in den Nachtstunden. In Lautheits- und Lästigkeitsstudien an 12 Versuchspersonen hat Zwicker 1991 versucht, Pegeldifferenzen und Lautheitsverhältnisse zu quantifizieren. Es zeigte sich, dass der Korrekturfaktor für die Nachtstunden bei Werten unterhalb von 2 sone deutlich abnimmt, bei Werten über 20 sone allerdings deutlich zunehmen muss, was in der Formel (3) zum Ausdruck kommt [8].

(3) $$d = \begin{cases} 1 & \text{gültig von 6.00 Uhr bis 22.00 Uhr} \\ 1 + \left(\frac{N_{10}}{sone} \right)^{0,5} & \text{gültig von 22.00 Uhr bis 6.00 Uhr} \end{cases}$$

[8, 70]

Abzugrenzen von der unbeeinflussten Lästigkeit ist die „**psychoakustische Lästigkeit“ (PA)**. Diese Formel wurde zur Berechnung der Lästigkeit von synthetischen und technischen Geräuschen entwickelt und basiert neben der Schärfe S, Lautheit N und Schwankungsstärke F auch auf der Rauheit R.

(4) $$PA = N_5 \left(1 + \sqrt{w_S^2 + w_{FR}^2} \right)$$ [71]

wobei

$$w_s = \left(\frac{S}{acum} - 1,75 \right) \cdot 0,25 \lg \left(\frac{N_5}{sone} + 10 \right)$$ für S>1,75 acum

und

$$w_{FR} = \frac{2,18}{\left(N_5 / sone \right)^{0,4}} \left(0,4 \cdot \frac{F}{vacil} + 0,6 \cdot \frac{R}{asper} \right)$$ [71]

Die Variable w_s beschreibt hierbei den Effekt der Schärfe S, w_{FR} den Einfluss der Schwankungsstärke F und der Rauheit R [71].

Die Lästigkeit wird heute hauptsächlich im Rahmen der Beurteilung von Geräuschimmissionen und der Lärmbewertung, zum Beispiel im Umfeld von Flughäfen und Autobahnen herangezogen.

1.4.3 Psychometrie

Die **Psychometrie** ist ein Gebiet der Psychologie, das sich allgemein mit Theorie und Methode des *psychologischen Messens* befasst. Als Methode der Psychologie umfasst sie jeden Zweig der Psychologie, der sich mit dem psychologischen Messen befasst. Die Psychometrie versucht Aussagen, Einschätzungen und Einstufungen, die Versuchspersonen treffen, zu skalieren [72].

1.5 Ziele der Untersuchung

Für die vorliegende Studie wurde folgende Nullhypothese H_0 formuliert:

H_0 Die psychometrisch erfassten Grade der Belästigung sind nicht durch psychoakustische Befunde nachvollziehbar.

Für die verschiedenen schlafbezogenen Atmungsstörungen gibt es heute eine Vielzahl von Therapiemöglichkeiten, angefangen von einer konservativ-apparativen Therapie wie der CPAP-Beatmung bei der obstruktiven Schlafapnoe bis hin zum chirurgischen Vorgehen zum Beispiel einer Weichgaumenplastik (UVPP). Während der Erfolg eines Eingriffes bei der obstruktiven Schlafapnoe auch nach wissenschaftlichen Methoden verifizierbar ist – etwa im Rahmen einer Polysomnographie – ist der Erfolg eines Eingriffes beim habituellen oder primären Schnarchen bis heute lediglich aufgrund einer Partnerbewertung möglich und in diesem Rahmen auch verbreitet.

Diese Form der subjektiven Bewertung des Schnarchgeräusches fällt interindividuell sehr variabel aus und lässt somit keine allgemein gültige Einstufung hinsichtlich der Belästigung zu. Des Weiteren ist durch die subjektive Bewertung auch ein standardisierter Maßstab zur Beurteilung eines Therapieerfolges nicht möglich.
Eine objektivere Einschätzung kann hier durch die Bewertung der Geräusche durch unabhängige Probanden erzielt werden. Der Einfluss emotionaler Faktoren lässt sich hierbei so gering wie möglich halten. Trotzdem wird auch diese Form der Bewertung stets von gewissen Einflussfaktoren abhängig sein (z. B. Proband hat gut oder schlecht geschlafen, hat Urlaub oder steht kurz vor einer Prüfung usw.).
Die Bewertung von Schnarchgeräuschen durch Individuen, ob durch Partner oder unabhängige Probanden, wird deshalb immer zu einem gewissen Grad auch subjektiv sein.

Eine Möglichkeit zur Standardisierung der Beurteilung sowohl des Schnarchgeräusches hinsichtlich seiner Lästigkeit als auch eines Therapieerfolges könnte die Psychoakustik bieten, die objektive Parameter im Rahmen der Bewertung eines Geräusches liefert.

In der Lärmforschung wird heute eine Formel zur Berechnung der Lästigkeit (annoyance) von technischen Geräuschen wie Flug- und Straßenlärm verwendet. Diese Formel wurde vor über 20 Jahren von Eberhard Zwicker und Hugo Fastl entwickelt und als Grundlage aller Weiterentwicklung zur Verfügung gestellt.
Mit der Formel lässt sich, basierend auf den oben erwähnten objektiven Parametern der Psychoakustik, eine Empfindungsgröße (Belästigung, Annoyance) berechnen - in Abgrenzung zu physikalischen Größen und Reizgrößen, die sich zwar aus den Geräuschen bestimmen lassen, aber keine allgemeingültige Bewertung der Geräusche hinsichtlich Belästigung und Therapieerfolg erlauben.

Es stellt sich die Frage, inwieweit die genannte Formel, sowie die oben aufgeführten Abwandlungen, auch zur Berechnung der Lästigkeit eines natürlichen Geräusches wie des primären Schnarchens tauglich ist, ob die errechneten Werte mit der subjektiven Empfindung übereinstimmen, ob sich anhand des Ergebnisses Rückschlüsse auf einen etwaigen Operationserfolg ziehen lassen und ob anhand der Formel eine Qualitätskontrolle im Sinne eines Vorher-/Nachher-Vergleiches erfolgen kann.

2 Material und Methode

In der Untersuchung wurden die Ergebnisse der psychoakustischen Auswertung von 72 Geräuschen – 60 Schnarch- und 12 Umweltgeräusche – den subjektiven Bewertungen dieser Geräusche durch 25 Probanden gegenübergestellt.

2.1 Material

An der Studie nahmen insgesamt 50 Personen teil, davon 25 Patienten, die sich wegen Schnarchens an der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde an der Universitätsklinik Regensburg vorstellten und 25 Probanden, die die aufgezeichneten Schnarchgeräusche beurteilten. Die Probanden hatten keine verwandtschaftlichen oder freundschaftlichen Beziehungen zu den Patienten.

Der Altersdurchschnitt der Patienten lag bei 55 Jahren und reichte von 23 bis 71 Jahre. In die Studie wurden 23 männliche und 2 weibliche Patienten aufgenommen. Bei drei männlichen Patienten konnte aufgrund mangelnder Compliance im Rahmen der Polysomnographie keine Aufzeichnung der Schnarchgeräusche erfolgen.

2.2 Methode

2.2.1 Vorarbeiten und Psychometrischer Abschnitt

Vorbereitend auf die Untersuchungen der Arbeitsgruppe Schlafstörungen der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde an der Universitätsklinik Regensburg wurden im Rahmen einer getrennten Arbeit die Schnarchgeräusche von 22 Patienten aufgezeichnet. Bei der psychometrischen Auswertung wurde geprüft, ob eine statistisch signifikante Übereinstimmung in der subjektiven Einschätzung auf einer visuellen Analogskala besteht.

Kanäle	2
Abtastrate	44100 Hz
Bits per sample	16
Signallänge	3,00 sec.

Tabelle 4: Spezifikation der digitalen Aufzeichnung auf der Sampler-CD

Es wurde mittels standardisierter Technik eine Sample-CD mit 60 Schnarch- und 12 Umweltgeräuschen erstellt (siehe Tabelle 5). Die Schnarchgeräusche wurden im Schlaflabor bei 22 Patienten jeweils in einer Nacht im Rahmen einer Polysomnographie nach vorher festgelegtem, standardisiertem Schema aufgezeichnet. Von jedem Schnarcher wurden mindestens zwei verschiedene Schnarchgeräusche der aufgezeichneten Nacht in den Sampler aufgenommen. Der Aufzeichnungszeitraum lag von 25.07.2005 bis 15.12.2005.

Als Umweltgeräusche dienten alltägliche akustische Ereignisse wie Kindergeschrei, ein klingelnder Wecker, eine Betoniermaschine, ein Rasenmäher, ein bellender Hund und LKW-Lärm. Diese Geräusche wurden den Hörern jeweils nur einmal auf dem Sampler angeboten.

Jedes Schnarchgeräusch wurde unter Einhaltung derselben Lautstärke über die Dauer von drei Sekunden dreimal hintereinander in der Hörkabine abgespielt. Danach folgte eine Pause von fünf Sekunden, die dem Hörer die Möglichkeit gab, seine Bewertung so spontan wie möglich zu treffen. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, die Geräusche hinsichtlich ihres Grades der Belästigung zu bewerten.

Diese Geräusche wurden 25 Probanden in einer Audiometriekabine dargeboten mit der Anweisung, die Geräusche hinsichtlich der subjektiven Belästigung auf einer visuellen Analogskala von 0 bis 10 einzuschätzen. 0 entsprach dabei der größten, 10 der geringsten Belästigung.

Diese genannten Vorarbeiten sind nicht Gegenstand dieser Arbeit und werden hier zum besseren Verständnis aufgeführt.

2.2.2 Psychoakustische Datenanalyse

Die selben Geräusche, die der psychometrischen Auswertung dienten, wurden mittels der Software 01dB-Metravib dBSONIC [73] hinsichtlich der psychoakustischen Parameter Lautheit, Rauheit, Schärfe und Schwankungsstärke ausgewertet. Die Auswertung erfolgte automatisiert. Quelldaten waren exakt die selben Geräusche in derselben Reihenfolge, die auch auf dem Sampler zur Anwendung kamen.

Bei der Auswertung wurden die maximale, mittlere und empfundene Lautheit, die maximale, mittlere und empfundene Schärfe, die maximale, mittlere und empfundene Schwankungsbreite sowie die Länge der Schwankungsbreite und die maximale, mittlere und empfundene Rauheit sowie deren Länge bestimmt. Des Weiteren wurde der maximale und minimale Schalldruckpegel dB (A) und der zeitliche Verlauf des Geräusches (siehe Abb. 5 und Abb. 6) bestimmt.

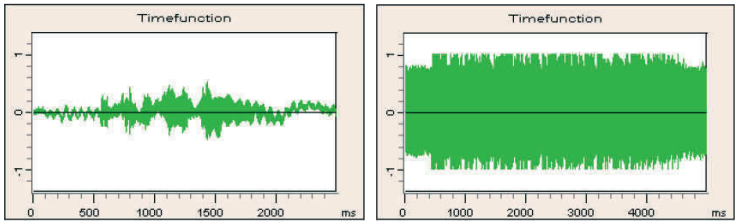

Abbildung 5: Timefunction Umweltgeräusche.

Links: Fahrradklingel (subjektiv mittelgradig belästigend). Rechts: Betoniermaschine (subjektiv stark belästigend). Zur Visualisierung des Geräusches wird es als Timefunction dargestellt [74].

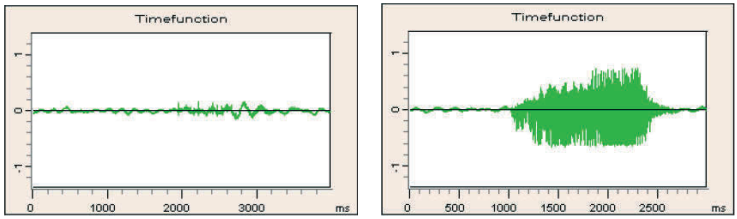

Abbildung 6: Timefunction Schnarchgeräusche.

Links: subjektiv gering belästigend, rechts: subjektiv stark belästigend. Zur Visualisierung des Geräusches wird es als Timefunction dargestellt [74].

Die erhaltenen Daten wurden in die Formel von Zwicker und Fastl zur Errechnung der „unbeeinflussten Lästigkeit“ (unbiased unit of annoyance, siehe 1.4.2.5 (2) und (3)) sowie der „psychoakustischen Lästigkeit (siehe 1.4.2.5 (4)) eingesetzt.

Hierbei muss erwähnt werden, dass softwareseitig bei der psychoakustischen Auswertung der Geräusche jeweils nur die 5. Perzentile der Parameter ausgegeben wird (das heißt die Lautheit, Rauheit, Schärfe oder Schwankungsbreite, die in 5% der gemessenen Zeit überschritten wurde). Die „unbeeinflusste Lästigkeit“ wird aber unter Verwendung von N_{10} berechnet (siehe Kapitel 1.4.2.5, Seite 33). Nachdem die verwendeten Formeln aber kein unabänderliches Dogma darstellen, sondern im Laufe der Jahre durch Ausprobieren entstanden sind, scheint es möglich und vertretbar, eine derartige Modifikation vorzunehmen und zuzulassen. Da somit Werte anfallen, die statt 10% der Zeit nur 5% der Zeit überschreiten, sind im Rahmen der Auswertung andere Werte zu erwarten, als Vergleichswerte in der Literatur zu finden sind.

Die Formel der „psychoakustischen Lästigkeit“ basiert auf der 5. Perzentile (siehe Kapitel 1.4.2.5, ab Seite 33). Nicht zuletzt auch aus diesem Grund gelangt diese Formel zur Auswertung, obwohl sie für die Bewertung technischer und synthetischer Geräusche gedacht war um zu zeigen, ob sich auch unter Verwendung der 5. Perzentile eine Belästigung errechnet, die der subjektiven, psychometrischen Bewertung des Geräusches entspricht.

Die Berechnung der Lästigkeiten erfolgte somit unter Verwendung der 5. Perzentile (Lautheit, Rauheit, Schärfe, Schwankungsbreite).
Zur Berechnung wurde die Formel mittels Microsoft Excel 2003 verarbeitet.

2.2.3 Statistik

Die Ergebnisse sowohl des psychometrischen als auch der psychoakustischen Untersuchungsteiles im Rahmen der vorliegenden Studie wurden zunächst auf Normalverteilung überprüft. Aufgrund der Anzahl der Fallzahlen wurde hierzu der Kolmogorov-Smirnov-Test verwendet.

Basierend auf den Ergebnissen wurde in einem nächsten Schritt der Median sowie das Minimum und Maximum bezogen auf die Bewertung der Schnarch- und der Umweltgeräusche sowie auf die einzelnen psychoakustischen Parameter, die unbeeinflusste Lästigkeit sowie die psychoakustische Lästigkeit bestimmt.

Da sich bei der Prüfung auf Normalverteilung der Daten eine signifikante Abweichung von einer Normalverteilung zeigte, erfolgte eine Korrelationsanalyse mittels nicht-parametrischer Rangkorrelation nach Spearman.
Hierbei wurden die Ergebnisse der Psychometrie den einzelnen psychoakustischen Parametern, der unbeeinflussten Lästigkeit zu Tages- und Nachtstunden sowie der psychoakustischen Lästigkeit gegenübergestellt.

Die Datenaufbereitung erfolgte mittels Microsoft Excel 2003 und 2010, die Auswertung mittels SPSS 11.0 und 18.0 sowie unter Zuhilfenahme entsprechender Literatur [75].

3 Ergebnisse

3.1 Psychometrie

Im Rahmen der Prüfung hinsichtlich Normalverteilung fallen häufig signifikante p-Werte (<0,05) auf. Somit besteht eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung, so dass statt des Mittelwertes der Median als zentrales Lagemaß verwendet wird.

Die Bewertung der Geräusche durch die Probanden zeigte erwartungsgemäß ein sehr heterogenes Bild. Es fanden sich Geräusche, die überwiegend übereinstimmend als wenig, mittel oder stark belästigend eingestuft wurden (Abbildung 7, Abbildung 8).
Drei Geräusche, ausschließlich Umweltgeräusche, wurden allerdings von einigen Probanden als überhaupt nicht belästigend (10) und von anderen als höchst-belästigend (0) bewertet (Tabelle 5, Abbildung 8).

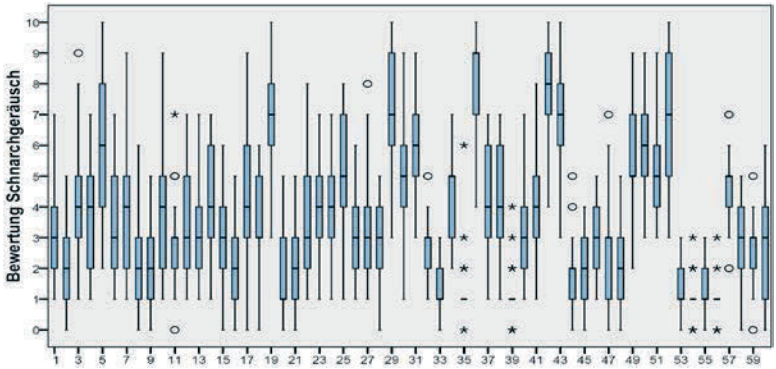

Abbildung 7: Boxplot: Median der Bewertung der Schnarchgeräusche
der subjektiven Einstufung von 25 Probanden hinsichtlich der empfundenen Belästigung der dargebotenen Geräusche. Zusätzlich wurden Minimum und Maximum der Bewertung eingezeichnet.
0 = höchste Belästigung, 10 = keine Belästigung. Zur bessern Übersicht ist nur jedes zweite Schnarchgeräusch auf der Abszisse nummeriert. Extremwerte sind mit * markiert, Ausreißer mit ○.

Deskriptive Statistiken

	N	Minimum	Maximum	Perzentile		
				25.	50. (Median)	75.
UG: Kindergeschrei 1	25	1	9	2,00	4,00	6,50
UG: Kindergeschrei 2	25	1	7	2,00	3,00	5,00
UG: Knurrender Hund	25	1	10	2,00	4,00	7,00
UG: Hundegebell	25	1	9	2,00	4,00	6,00
UG: An 125 (Moped)	25	1	10	3,50	5,00	7,00
UG: Zug	25	1	9	3,00	5,00	8,00
UG: Betoniermaschine	25	0	10	1,00	1,00	1,50
UG: Rasenmäher	25	0	10	1,00	3,00	3,00
UG: Fahradklingel	25	3	9	4,50	6,00	8,50
UG: Martinshorn	25	0	7	1,00	1,00	2,00
UG: Autobahn	25	1	10	3,00	5,00	7,00
UG: LKW Autobahn	25	1	10	3,00	5,00	7,00

Tabelle 5 Deskriptive Statistik: Umweltgeräusche

Die statistische Auswertung der Schnarchgeräusche findet sich aufgrund des Umfanges im Anhang (II).

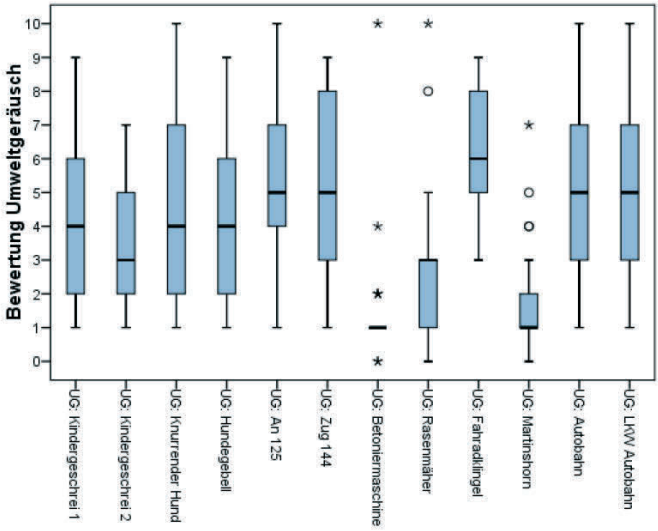

Abbildung 8: Boxplot: Median der Bewertung der Umweltgeräusche

Subjektive Einstufung von 25 Probanden hinsichtlich der empfundenen Belästigung der dargebotenen Geräusche. Zusätzlich wurden Minimum und Maximum der Bewertung eingezeichnet.

0 = höchste Belästigung, 10 = keine Belästigung. Extremwerte sind mit * markiert, Ausreißer mit ○.

3.2 Psychoakustik

Erneut erfolgt zunächst die Beurteilung der psychoakustischen Parameter sowie der Lästigkeiten hinsichtlich der Normalverteilung. Hierbei zeigt sich eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung (p<0,05, siehe Tabelle 6).

	n	Signifikanz
Lautheit N: sone	60	,020
Schärfe S: acum	60	<0,001
Rauheit R: asper	60	,174
Schwankungsbreite F: vacil	60	,093
Psychoakustische Lästigkeit [au]	60	,200*
Unbeeinflusste Lästigkeit (6.00 - 22.00) [au]	60	,001
Unbeeinflusste Lästigkeit (22.00 – 6.00) [au]	60	<0,001

Tabelle 6: Psychoakustik: Test auf Normalverteilung

Zur genaueren Beschreibung wird in einem nächsten Schritt eine deskriptive Statistik unter Verwendung des Medians als zentrales Lagemaß sowie des Minimums und des Maximums angefertigt. Hierbei zeigt sich bezüglich der Lautheit ein Median von 18,85 sone (min. 7,0 sone, max. 42,2 sone), bezüglich der Schärfe ein Median von 1,6 acum (min. 1,0 acum, max. 2,4 acum), bezüglich der Rauheit ein Median von 80,20 asper (min. 21,4 asper, max. 203,4 asper) und bezüglich der Schwankungsbreite ein Median von 73,05 vacil (min. 19,8 vacil, max. 140,5 vacil).
Bezogen auf die unbeeinflusste Lästigkeit zeigt sich ein Median von 3829,44 au in den Tages- und 8295,15 au in den Nachtstunden (siehe Tabelle 8).

	n	Min	Max	Perzentile		
				25.	50. (Median)	75.
Lautheit N: sone	60	7,0	42,2	14,800	18,85	26,88
Schärfe S: acum	60	1,0	2,4	1,425	1,6	1,7
Rauheit R: asper	60	21,4	203,4	57,250	80,2	110,58
Schwankungsbreite F: vacil	60	19,8	140,5	61,425	73,05	92,63
Psychoakustische Lästigkeit [au]	60	257,11	2635,53	661,7396	1132,76	1607,37
Unbeeinflusste Lästigkeit (6.00 – 22.00) [au]	60	278,60	17284,34	2238,8128	3829,44	6921,56
Unbeeinflusste Lästigkeit (22.00 – 6.00) [au]	60	431,60	52992,79	4508,7195	8295,15	17398,81

Tabelle 7: Psychoakustik: Deskriptive Statistik

3.2.1 Lautheit

Bei der Korrelationsanalyse mittels der nicht-parametrischen Rangkorrelation nach Spearman zeigt sich bezüglich der Lautheit eine hohe negative Korrelation zur subjektiven Bewertung, sowohl bei Berücksichtigung des Medians (r= -0,835) als auch des Mittelwertes (r= -0,858). Die Korrelation ist auf dem 0,01-Niveau signifikant. Die entsprechenden Daten sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

		Bewertung Min	Bewertung Max	Bewertung Mittelwert	Bewertung Median
Lautheit [sone]	Korrelationskoeffizient	-,738**	-,764**	-,858**	-,835**
	Signifikanz, 2-seitig	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	n	60	60	60	60

Tabelle 8: Korrelation Lautheit vs. subjektiver Bewertung

Je höher also die Lautheit ist, desto geringer ist die Einstufung auf der visuellen Analogskala (negativ korreliert), desto belästigender wird das Geräusch empfunden.

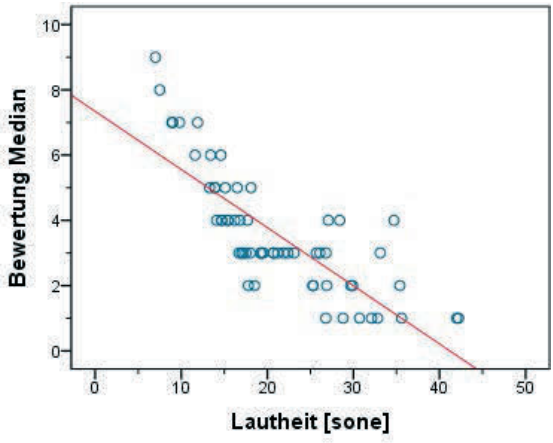

Abbildung 9: Streudiagramm Lautheit – Bewertung (Median)

3.2.2 Schärfe

Bezüglich der Schärfe findet sich bei der statistischen Auswertung keine Korrelation zur subjektiven Bewertung, der Korrelationskoeffizient bleibt sowohl bei Betrachtung des Medians (0,091) als auch des Mittelwertes (0,105) ≤ 0,2. Die entsprechenden Daten sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

		Bewertung Min	Bewertung Max	Bewertung Mittelwert	Bewertung Median
Schärfe [acum]	Korrelationskoeffizient	,019	,123	,105	,091
	Signifikanz, 2-seitig	,885	,349	,426	,490
	n	60	60	60	60

Tabelle 9: Korrelation Schärfe vs. subjektive Bewertung

Das zugehörige Streudiagramm verdeutlicht optisch, dass kein Zusammenhang zwischen der Schärfe und der Bewertung der Geräusche besteht.

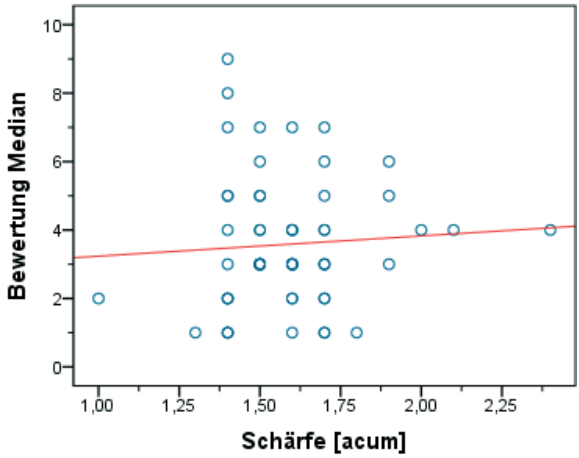

Abbildung 10: Streudiagramm Schärfe – Bewertung (Median)

Da in der Literatur eine kombinierte Wirkung von Schärfe und Lautheit auf die Lästigkeit beschrieben wird, erfolgt diesbezüglich eine weitere Auswertung.

Ein Zusammenhang zwischen Lautheit und Schärfe lässt sich nicht beobachten (Spearman-Korrelation, $r=0{,}124$, $p=0{,}346$). Der Korrelationskoeffizient (Lästigkeit und Schärfe) zeigt mit 0,091 nicht einmal einen Ansatz einer Korrelation an.

3.2.3 Rauheit

Hinsichtlich der Rauheit kann eine schwache negative Korrelation zur subjektiven Bewertung, sowohl bei Betrachtung des Medians (r=-0,428) als auch des Mittelwertes (r=-0,465) festgestellt werden. Die Korrelation ist auf dem 0,01-Niveau signifikant. Die entsprechenden Daten sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

		Bewertung Min	Bewertung Max	Bewertung Mittelwert	Bewertung Median
Rauheit	Korrelationskoeff.	-,438**	-,441**	-,465**	-,428**
[asper]	Signifikanz, 2-seitig	< 0,001	< 0,001	< 0,001	,001
	n	60	60	60	60

Tabelle 10: Korrelation Rauheit vs. subjektiver Bewertung

Je größer also die Rauheit eines Geräusches ist, desto kleiner wird der Wert auf der visuellen Analogskala, desto größer ist die Belästigung.

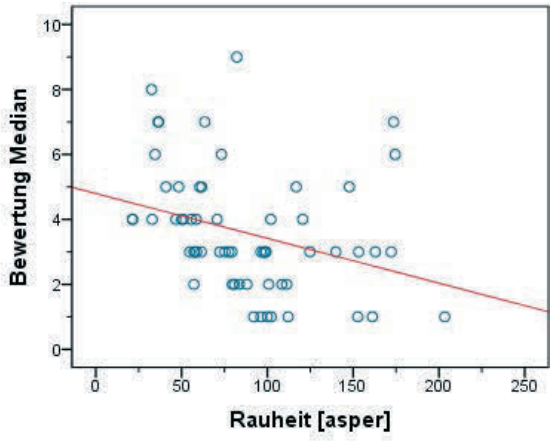

Abbildung 11: Straudiagramm Rauheit – Bewertung (Median)

3.2.4 Schwankungsstärke

Die Schwankungsstärke ist deutlich negativ mit der subjektiven Bewertung korreliert, sowohl bei Betrachtung des Medians (r=-0,534), als auch des Mittelwertes (r=-0,526). Auch dieses Ergebnis ist auf dem 0,01-Niveau signifikant. Die entsprechenden Daten sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

		Bewertung Min	Bewertung Max	Bewertung Mittelwert	Bewertung Median
Schwankungsstärke [vacil]	Korrelationskoeff.	-,469**	-,450**	-,526**	-,534**
	Signifikanz, 2-seitig	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	n	60	60	60	60

Tabelle 11: Korrelation Schwankungsstärke vs. subjektive Belästigung

Je größer also der Wert der Schwankungsstärke eines Geräusches ist, desto geringer ist die Einstufung dieses Geräusches auf der visuellen Analogskala (negativ korreliert), desto belästigender wird das Geräusch empfunden.

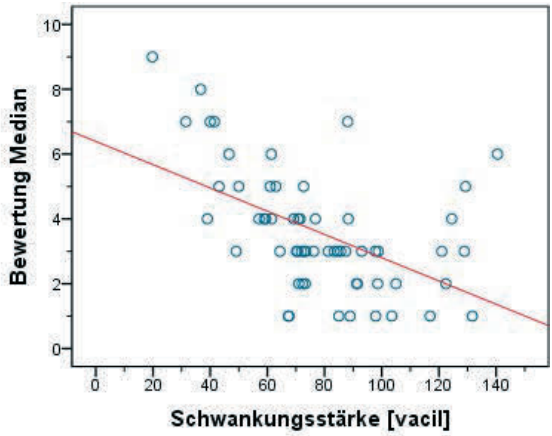

Abbildung 12: Streudiagramm Schwankungsstärke – Bewertung (Median)

3.2.5 Lästigkeit

3.2.5.1 Unbeeinflusste Lästigkeit (Tageszeit)

Für die unbeeinflusste Lästigkeit zur Tageszeit (6.00 Uhr bis 22.00 Uhr) zeigt sich eine starke negative Korrelation zur subjektiven Bewertung, sowohl bezogen auf den Median (r=-0,776) als auch auf den Mittelwert (r=-0,791). Die Korrelation ist auf dem 0,01-Niveau signifikant. Die entsprechenden Daten sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

		Bewertung Min	Bewertung Max	Bewertung Mittelwert	Bewertung Median
Unbeeinflusste Lästigkeit (Tag) [au]	Korrelationskoeff.	-,688**	-,687**	-,791**	-,776**
	Signifikanz, 2-seitig	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	n	60	60	60	60

Tabelle 12: Korrelation unbeeinflusste Lästigkeit (Tag) – subjektive Belästigung

Je höher also der Wert für die berechnete unbeeinflusste Lästigkeit ist, desto geringer ist bei negativer Korrelation der Wert auf der visuellen Analogskala zur subjektiven Beurteilung der Lästigkeit dieses Geräusches, desto lästiger wird das Geräusch empfunden.

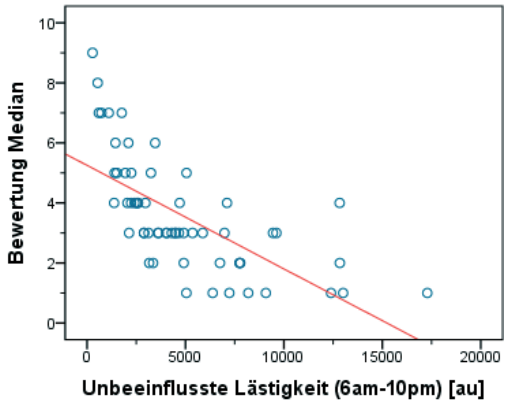

Abbildung 13: Streudiagramm unbeeinflusste Lästigkeit (Tag) – Bewertung (Median)

3.2.5.2 Unbeeinflusste Lästigkeit (Nacht)

In den Nachtstunden (22.00 Uhr bis 6.00 Uhr) zeigt sich eine starke negative Korrelation zur subjektiven Bewertung der Schnarchgeräusche, bezogen auf den Median (r=-0,794). Bezogen auf den Mittelwert (r=-0,810) zeigt sich eine hohe negative Korrelation (siehe hierzu Kapitel 2.2.3, Seite 44). Die Korrelation ist auf dem 0,01-Niveau signifikant. Die entsprechenden Daten sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

		Bewertung Min	Bewertung Max	Bewertung Mittelwert	Bewertung Median
Unbeeinflusste Lästigkeit (Nacht) [au]	Korrelationskoeff.	-,699**	-,708**	-,810**	-,794**
	Signifikanz, 2-seitig	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	n	60	60	60	60

Tabelle 13: Korrelation unbeeinflusste Lästigkeit (Nacht) – subjektive Belästigung

Je höher also der Wert für die berechnete unbeeinflusste Lästigkeit ist, desto geringer ist bei negativer Korrelation der Wert auf der visuellen Analogskala, desto lästiger wird das Geräusch empfunden.

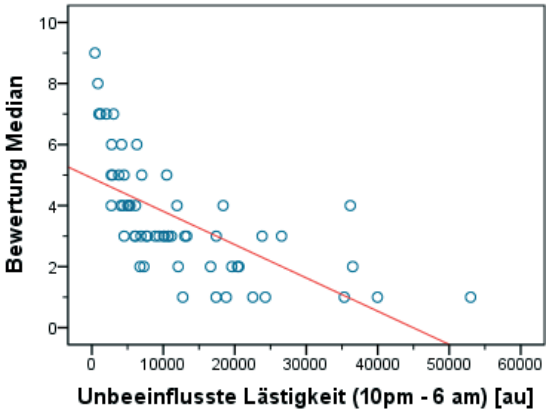

Abbildung 14: Streudiagramm unbeeinflusste Lästigkeit (Nacht) – Bewertung (Median)

3.2.5.3 Psychoakustische Lästigkeit

Bei Berechnung der Lästigkeit mit Hilfe von Formel (4) (siehe Kapitel 1.4.2.5, ab Seite 33) zeigt sich eine starke Korrelation zur subjektiven Bewertung, sowohl bezogen auf den Median (r=-0,724), als auch auf den Mittelwert (r=-0,762). Auch diese Korrelation ist auf dem 0,01-Niveau signifikant. Die entsprechenden Daten sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt.

		Bewertung Min	Bewertung Max	Bewertung Mittelwert	Bewertung Median
Psychoakustische Lästigkeit [au]	Korrelationskoeffizient	-,688**	-,681**	-,762**	-,724**
	Signifikanz, 2-seitig	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	n	60	60	60	60

Tabelle 14: Korrelation Psychoakustische Lästigkeit vs. subjektive Belästigung

Je höher also der Wert für die berechnete psychoakustische Lästigkeit ist, desto geringer ist bei negativer Korrelation der Wert auf der visuellen Analogskala, desto lästiger wird das Geräusch empfunden.

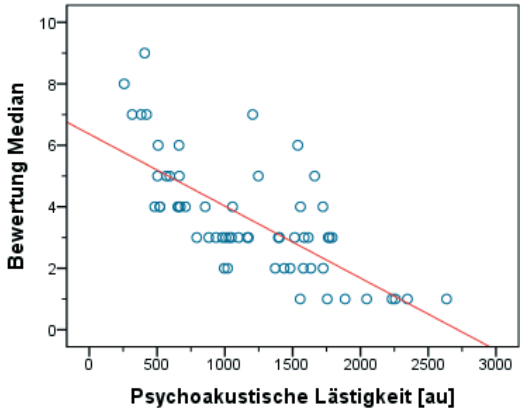

Abbildung 15: Streudiagramm Psychoakustische Lästigkeit – Bewertung (Median)

4 Diskussion

Das habituelle oder primäre Schnarchen, das hauptsächlich durch seine sozial störende Komponente und weniger durch physische Einschränkungen gekennzeichnet ist, wird vorrangig als lästig und störend empfunden. Es isoliert den Schnarcher und zerstört in vielen Fällen eine familiäre Harmonie mit allen physischen und psychischen Konsequenzen (z. B. getrennte Schlafzimmer, Schuldgefühle, den Partner zu stören u. ä.).

Gerade in den letzten Jahren, in Zeiten von Körperkult und Wellness, füllen sich die Praxen und Ambulanzen der Kliniken mit Patienten, die den Wunsch nach einer – meist operativen – Therapie des Schnarchens äußern. Um dem gerecht zu werden, gibt es mittlerweile zahlreiche Therapieformen mit mehr oder weniger überzeugenden Ergebnissen.

Zur Etablierung einer verlässlichen Methode zur Einschätzung der Lästigkeit des Schnarchgeräusches vor und nach einem operativen Eingriff wurde durch die Arbeitsgruppe Schlafmedizin der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde des Universitätsklinikums Regensburg eine mehrstufige Studie durchgeführt. In der vorliegenden Untersuchung sollte bewertet werden, inwieweit die mittels entsprechender Formeln aus psychoakustischen Empfindungsgrößen, die aus Schnarchgeräuschen bestimmt wurden, berechnete Lästigkeit mit der subjektiv empfundenen und bewerteten Lästigkeit korreliert. Zu beachten ist hierbei, dass es sich nur um primäre, nicht um obstruktive Schnarcher handelte.
1996 zeigte nämlich Fiz et al, dass signifikante Unterschiede zwischen primären Schnarchern und Patienten mit Obstruktiver Schlafapnoe hinsichtlich des akustischen Spektrums bestehen [76].
In einer Studie von Kühnel et al konnte bereits 2006 gezeigt werden, dass der Grad der Belästigung mit dem Grad der Obstruktion hochsignifikant korreliert ist [4].

Eine Bewertung des primären Schnarchens war aber bisher noch nicht im Umfang wie bei obstruktivem Schnarchen erfolgt.

4.1 Die unterschiedlichen Definitionen der Lästigkeit

In der deutschen sowie der englischen und in vielen anderen Sprachen existieren verschiedene Begriffe zur Beschreibung eines lästigen Geräusches (siehe hierzu auch Kapitel 1.4.2.5, Seite 33) [77]. Begriffe wie „Belästigung“, „Störung“ oder „Lästigkeit“ machen deutlich, dass in den verschiedenen Untersuchungen der letzten Jahrzehnte bezüglich dieses Themas womöglich nicht immer jeder von derselben Bedeutung der Begriffe ausgegangen ist [66].

Der Begriff „Störung“ ist relativ eindeutig definiert. Hierbei handelt es sich um eine „negativ bewertete Veränderung, die durch ein Agens (hier Geräusch) in einer mit einer bestimmten Tätigkeit beschäftigten Person bewirkt wird“.
Der Begriff der „Lästigkeit“ lässt sich dagegen weniger einfach beschreiben. „Lästig“ ist nicht ganz so negativ wie „störend“ und impliziert, zumindest vermeidbar zu sein [78].
Guski untersuchte 1999 den Begriff der Lästigkeit näher. Hierbei kam er zu dem Schluss, dass Lästigkeit der vorrangige Effekt von Geräuschen ist, dass Lästigkeit ein vielschichtiges, psychologisches Konzept, das Verhalten und emotionale Bewertung einschließt und dass akustische Parameter eine untergeordnete Rolle im Lästigkeitskonzept spielen [77].

In einer Studie von Schick im Jahre 1981 wurde deshalb statt nach der „Lästigkeit“ nach der „Unangenehmheit“ der Geräusche gefragt. Es zeigte sich allerdings, dass Versuchspersonen, wenn ihre Aufgabe lediglich darin besteht, den Geräuschen zuzuhören und Urteile bezüglich ästhetischer Dimensionen zu fällen, zwischen Lästigkeit und Unangenehmheit keinen Unterschied machen [79].
Und auch Zwicker empfahl 1966, Versuchspersonen nicht nach der Lästigkeit, sondern nach der Lautstärke zu fragen [66].

Bosshardt hat 1988 den Lästigkeitsbegriff eingehender untersucht. Er zeigte, dass verbal geschilderte Belästigungssituationen dann als stark belästigend empfunden werden, wenn keine Kompensationsmöglichkeiten erkennbar sind. In seiner Beschreibung formuliert er den Lästigkeitsbegriff als

Belästigungserlebnis, bei dem ein gewöhnlich vernachlässigter Umweltaspekt in den Fokus der Aufmerksamkeit rückt und negativ bewertet wird. Dabei wird gleichzeitig eine Umwelt deutlich, wie sie sein sollte, aber momentan nicht ist [78, 80].

Hoeger äußerte in einer Studie aus dem Jahr 2002, die Lästigkeit hänge im Allgemeinen von zwei Aspekten ab: 1. das Geräusch behindert oder stört bei einer bestimmten Beschäftigung und 2. es wird negativ bewertet [81].

Eberhard Zwicker behauptet 1991 gar, dass der Begriff Lästigkeit gar nicht definiert ist und sich im weitesten Sinne auch nicht definieren lässt. Er grenzt bei seinem Definitionsansatz von der allgemeinen Lästigkeit die „unbeeinflusste Lästigkeit“ ab [8]. Zwicker geht bei der Definition der “unbeeinflussten Lästigkeit” davon aus, dass die Beurteilung eines Geräusches hinsichtlich des Grades seiner Belästigung zunächst hauptsächlich von der Einstellung des Bewertenden zu diesem Geräusch abhängt. Sein Ansinnen war es, aus dem Bedeutungsbereich von „Lästigkeit“ denjenigen Teil herauszugreifen, der unabhängig von der Beziehung der Versuchsperson zur Schallquelle ist und der entsteht, wenn die Lästigkeit ausschließlich durch den Schall erzeugt wird. [8, 70, 78].

Es zeigt sich also, dass die vielen verschiedenen Untersuchungen jeweils auf unterschiedlichem Verständnis einer Empfindung, die hier mit dem Oberbegriff „Lästigkeit“ subsumiert werden darf, basierten.

4.2 Eigene Ergebnisse

In der vorliegenden Studie sollte untersucht werden, inwieweit die aus den psychoakustischen Empfindungsgrößen Lautheit, Schärfe, Rauheit und Schwankungsstärke berechnete unbeeinflusste Lästigkeit der reell empfundenen Lästigkeit (durch Versuchspersonen, Partner bzw. Bettnachbarn) entspricht.
Zwicker ging bei der Entwicklung eines Vorschlages für eine Formel zur Errechnung der unbeeinflussten Lästigkeit gemäß seinen Untersuchungen davon aus, dass für die unbeeinflusste Lästigkeit vor allem Lautheit, Schärfe und Schwankungsbreite von Bedeutung sind [8].

4.2.1 Lautheit

Bei der Korrelationsanalyse zeigt sich eine signifikante, hohe negative Korrelation (r=-0,835) zwischen der psychoakustischen Empfindungsgröße Lautheit und der subjektiv bewerteten Lästigkeit (die negative Korrelation ist in der psychometrischen Skaleneinteilung begründet. Hohe Werte in der Psychometrie entsprechen hierbei geringen Belästigungen und umgekehrt). Je größer also die Lautheit eines Geräusches ist, desto belästigender wird dieses Geräusch empfunden und von Versuchspersonen bewertet. Im Vergleich zu den anderen psychoakustischen Parametern Schärfe, Rauheit und Schwankungsstärke zeigt die Lautheit in dieser Studie die höchste Korrelation zur subjektiv bewerteten Lästigkeit.

Dieses Ergebnis ist im Einklang mit der publizierten Literatur, allgemein wird eine positive Korrelation zwischen Lautheit und Lästigkeit postuliert („Lautheitsregel“ *„je höher die Lautheit, desto größer die Lästigkeit“*).

Schönpflug hat 1981 in seinen Ausführungen zur Lästigkeit von Schallen allerdings tiefe Zweifel an der Universalität der Lautheitsregel geäußert und belegt [82]. Er hat acht Ursachen für die Lästigkeit von Schallen aufgezählt, die er als unabhängig von der Lautheit sieht. Dazu gehören psychologische Aspekte (Abneigung gegen den Ursprung der Schalle, Zuschreibung von

Misserfolgen) ebenso wie anatomische und pathologische Gründe („Anzeichen von drohender, beginnender oder sich ausbreitender Gewebsschädigungen im Innenohr“ als Schlussfolgerung von Arbeiten von Hood und Poole aus den Jahren 1966 und 1971, die als Ursprungsort von Unannehmlichkeitsempfindungen bei 90dB(A) die Cochlea eingrenzten) [82]. Aus heutiger Sicht kann dem widersprochen werden, dass die Lautheitsregel wegen Gewebsschädigung im Innenohr nicht stimmte. Die Lautheit ist zwar eine Empfindungsgröße, wird aber durch physikalische Größen wie Schalldruck und Schallpegeländerung beeinflusst. Dass sich ab einem gewissen Pegel (hier 90dB(A)) ein „Unannehmlichkeitsempfinden“, das wohl heute als Unbehaglichkeitsschwelle bezeichnet würde, einstellt, ist eine Begebenheit, die sich bei jedem Patienten findet und die eine Widerlegung der Lautheitsregel nicht zulässt.

Zwicker, der Begründer der Lästigkeitstheorie, postulierte 1966: „Einzelimpulse sind, wenn sie gleich laut sind, auch gleich lästig“ [66]. Im Jahre 1991 schrieb Zwicker dann bei der Vorstellung eines Vorschlags zur Berechnung der Lästigkeit, dass sich in vielen seiner vorbereitenden Studien eine deutliche Abhängigkeit von Lautheit und Lästigkeit fand [8, 70]. Auch Hellmann [68] kam 1982 bei seinen Messungen zu diesem Schluss. Und auch Rule [83] berichtete schon 1964 von einem Zusammenhang zwischen Lautheit und subjektiv empfundener Lästigkeit.

Fastl und Yamada fanden 1986 in ihrer Studie an deutschen und japanischen Studenten ebenfalls eine enge Korrelation zwischen Lautheit und Lästigkeit („annoyance“) [84].

Weber und Mellert zeigten in ihrem Versuch zur Frage „wie viele Dimensionen hat die Empfindung lästig?“ eine Korrelation zwischen Lautheit und Lästigkeit von r=0,99 (Straßenverkehrslärm) [9], ebenso Völk (16 sehr unterschiedliche Geräusche) [79].

Ellermeier et al. führten in ihrer Untersuchung an speziell ausgewählten Geräuschen (digitale Aufnahmen von Umweltgeräuschen [aufgenommen vom Medizinischen Institut für Umwelthygiene, Düsseldorf], aus 64 Geräuschen

wurden zehn aufgrund der Heterogenität der Geräuschquelle und –charakteristik ausgewählt: LKW, Bremse, Zug, Wasser, Boot, Presslufthammer, Rasenmäher, Verkehrsunfall, Mixer, Ventilator) jedoch an, dass die Lautheit statistisch unbedeutend auf das Unbehaglichkeitserleben („unpleasentness“) sei. Einschränkend wurde aber erwähnt, dass dieses Ergebnis auf die spezielle Selektion der Geräusche zurückgeführt wird. Im Rahmen anderer Untersuchungen sei die Lautheit allerdings durchaus als beeinflussender Faktor hinsichtlich der Unbehaglichkeit zu berücksichtigen [85].

4.2.2 Schärfe

Bei der Auswertung der Schnarchgeräusche findet sich in dieser Studie keine Korrelation (r=0,091) zwischen der psychoakustischen Empfindungsgröße Schärfe und der subjektiven Lästigkeit. Die Schärfe der Geräusche hat demnach keinen Einfluss auf die Bewertung dieser Geräusche durch die Probanden. Diese Tatsache lässt sich auch damit begründen, dass die Schärfe über die Gesamtheit der Schnarchgeräusche gesehen relativ konstant ist (Median 1,6 acum (min. 1,0 acum, max. 2,4 acum)).
Betrachtet man isoliert einzelne Schnarchgeräusche, so fällt auf, dass gerade Schnarchgeräusche, die subjektiv im Rahmen der psychometrischen Beurteilung als eher störend eingestuft wurden, eine Schärfe im Bereich des Medians zeigten. Schnarchgeräusche mit hoher Schärfe deutlich über dem Median (2,1 bzw. 2,4 acum) wurden hingegen im Mittelfeld bezüglich der empfundenen Belästigung eingeordnet.

Bezüglich des Einflusses der Schärfe auf die subjektiv empfundene Lästigkeit existieren nur wenige Publikationen.

G. von Bismarck zeigte in seiner Untersuchung 1972 die Schärfe als entscheidenden Faktor (r=0,85) [79] – bezogen auf Geräusche derselben Lautheit und Tonhöhe.

Im Rahmen von Auswertungen eigener Studien wies Zwicker 1991 darauf hin, dass die Schärfe einen gewissen Einfluss auf die Empfindung Lästigkeit hat.

So entstand bei Schallen großer Schärfe bei hoher Lautheit ein stärkeres Lästigkeitsempfinden, als dies nur aufgrund der Lautheit zu erwarten gewesen wäre. Gleichzeitig fiel aber auf, dass die Lästigkeit bei Schallen geringer Schärfe trotz gleicher Lautheit sogar abnahm [8, 70].
Diese kombinierte Wirkung von Schärfe und Lautheit hinsichtlich des Einflusses auf die Lästigkeit lässt sich in der vorliegenden Studie nicht beobachten. Bei einem Korrelationskoeffizienten von 0,91 zeigt sich diesbezüglich kein Zusammenhang und kein Einfluss.

4.2.3 Rauheit

Bezüglich der Rauheit zeigt sich in der vorliegenden Studie eine schwache negative Korrelation (r=-0,428) zwischen der Empfindungsgröße und der subjektiv bewerteten Lästigkeit. Die Rauheit der Geräusche trägt also nur geringfügig zum Lästigkeitsempfinden der Versuchspersonen bei.

Auch dieses Ergebnis deckt sich mit vorangegangenen Studien.

Schon bei der Vorstellung eines Vorschlages zur Errechung der unbeeinflussten Lästigkeit postulierte Zwicker 1991: „Der Einfluss der Rauheit auf die Lästigkeit bleibt verhältnismäßig gering“ [8, 70].

Zu vernachlässigen ist die Rauheit deshalb aber nicht, denn die Rauheit eines Schalls wird als Komponente der Lästigkeit gesehen und wurde durch Messergebnisse schon 1966 bestätigt [66].

Die Empfindungsgröße Rauheit und zu einem geringen Maß auch die Schärfe tragen zusammen zu einer Empfindung bei, die Ellermeier et al. in ihrer Studie von 2004 als Unbehaglichkeit („unpleasentness“) beschreiben [85]. Einschränkend wird angeführt, dass es sich bei dieser Untersuchung um eine sehr ausgewählte Anzahl von speziellen Geräuschen handelte und die Ergebnisse nicht als allgemein anwendbar gelten dürfen [85].

4.2.4 Schwankungsstärke

Die Schwankungsstärke hat in der vorliegenden Studie nach der Lautheit den stärksten Einfluss auf die subjektiv empfundene Lästigkeit. Es zeigt sich eine deutliche negative Korrelation (r=-0,534). Je höher also die Schwankungsstärke eines Schnarchgeräusches ist, desto störender wird dieses Schnarchgeräusch empfunden.

Zum Einfluss der Schwankungsstärke auf die Lästigkeit finden sich in der Literatur nahezu keine Angaben.
Zwicker wies aber 1991 darauf hin, dass der Einfluss der Schwankungsstärke schon bei kleinen Pegeln auf die Lästigkeit ganz erheblich sei. Gerade diese kleinen Pegel treten eben nachts auf, so dass „dieser Faktor auch bei Nachtzeiten“ zu berücksichtigen sei [8, 70].

4.2.5 Lästigkeit

Nach der Betrachtung des Zusammenhanges zwischen den einzelnen psychoakustischen Empfindungsgrößen und der subjektiv empfundenen und bewerteten Lästigkeit soll im Folgenden dargestellt werden, inwieweit die aus den Parametern berechnete Lästigkeit dem subjektiven Empfinden entspricht. Hierzu existieren in der Literatur zwei Formeln (siehe Kapitel 1.4.2.5, Seite 33, Formel (2) „Unbeeinflusste Lästigkeit“ und (4) „Psychoakustische Lästigkeit“) [8, 65, 71], wobei nur eine zwischen Tageszeit und Nachtstunden unterscheidet [8, 65].

Es zeigt sich bei Verwendung aller drei Formeln durchweg eine starke negative Korrelation zwischen der berechneten Lästigkeit und der subjektiv bewerteten Lästigkeit. Je größer also die Werte für die berechnete Lästigkeit eines Geräusches sind, desto belästigender wird dieses Geräusch von den Versuchspersonen empfunden und bewertet.
Die Unterschiede zwischen den einzelnen Formeln sind hierbei nur marginal, die Formel für die unbeeinflusste Lästigkeit in den Nachtstunden zeigt aber eine höhere Korrelation (r=-0,794) als zur Tageszeit (r=-0,776) und als die Formel für die Psychoakustische Lästigkeit (r=-0,724). Zur Bewertung der Schnarchgeräusche, zum Beispiel im Rahmen eines prä- und postoperativen

Screenings, bietet sich also die Formel zur Berechnung der Unbeeinflussten Lästigkeit in den Nachtstunden an.

Studien von Dreher und Genuit zeigten, dass die Messung des Schalldruckpegels von Geräuschen nicht der subjektiv empfundenen Lästigkeit entsprach [3, 86].
In der vorliegenden Untersuchung findet sich bei dem als am stärksten lästig empfundenen Schnarchgeräusch ein maximaler Schalldruckpegel von 50,7 dB(A), bei dem am wenigsten lästig empfundenen Schnarchgeräusch ein maximaler Schalldruckpegel von 70,2 dB(A). Insofern entspricht das vorliegende Ergebnis eher den Ergebnissen von Dreher [3] und Genuit [86], der Schalldruckpegel scheint keinen Einfluss auf die Empfindung Lästigkeit zu haben.

4.3 Schlussfolgerung

Nach Aus- und Bewertung der erhobenen Daten kann die formulierte Nullhypothese

H_0 *Die psychometrisch erfassten Grade der Belästigung sind nicht durch psychoakustische Befunde nachvollziehbar*

verworfen werden.

Die Auswertung aufgezeichneter Schnarchgeräusche hinsichtlich der psychoakustischen Parameter Lautheit, Schärfe, Rauheit und Schwankungsstärke sowie die Berechnung der Unbeeinflussten Lästigkeit geben Hinweise auf das subjektive Empfinden der Lästigkeit dieser Geräusche.
Die unbeeinflusste Lästigkeit erlaubt Rückschlüsse auf das subjektive Lästigkeitsempfinden und könnte als Parameter zur qualitativen und auch quantitativen Bewertung z. B. des Erfolges einer Schnarchoperation im Sinne einer prä- und postoperativen Vergleiches Verwendung finden.

Der subjektiven Bewertung von Schnarchgeräuschen durch den Partner mangelt es an Objektivität, weshalb diese Methode zur allgemeingültigen Bewertung (Belästigung, Erfolg einer Operation) ungeeignet erscheint. Ziel war es, die „Beziehung“ zwischen Schnarcher und Hörer zu subtrahieren. Dies wurde mittels Bewertung durch unabhängige Probanden im Rahmen des psychometrischen Teils erreicht. Die Probanden (Hörer) hatten keine Beziehung zu den Patienten (Schnarcher).

Es muss allerdings angemerkt werden, dass die Hörbedingungen in der Hörkabine sicher nicht den häuslichen Bedingungen entsprachen.
Die Bewertung der Schnarchgeräusche durch unabhängige Probanden hinsichtlich der Lästigkeit der Schnarchgeräusche ist zudem insofern nicht ganz unproblematisch, als sich die Frage stellt, wobei die Geräusche zur Last fallen sollen, wenn die eigentliche Tätigkeit die Bewertung dieser Geräusche ist [78].

Die Ergebnisse sind durch die Verwendung von unbeeinflussten Versuchspersonen hinsichtlich ihrer Aussagekraft bezüglich eines objektiven Bewertungsmaßstabes allgemein verwertbar.

Erwähnenswert ist jedoch, dass Aufzeichnung und Auswertung der Schnarchgeräusche einen nicht unerheblichen apparativen und zeitlichen Aufwand bedeuten. Die routinemäßige Verwendung des Parameters Lästigkeit im Rahmen der Therapie des primären Schnarchens z. B. als Screening scheint daher – zumindest in der in der vorliegenden Studie angewandten Vorgehensweise - eher unpraktikabel. Denkbar und sinnvoll wäre ein Integrieren der Mess- und Rechenprozeduren in die Zeitreihe, so dass zumindest der zeitliche Aufwand deutlich reduziert würde.

Griefahn et al [87] haben 2008 eine Publikation zur Entwicklung eines Sleep Disturbance Index (SDI) veröffentlicht. Dieser SDI soll eine „zuverlässige Bewertung physiologischer Schlafstörungen durch Umwelteinwirkungen, wie etwa Lärm“ ermöglichen und basiert auf sieben Parametern, die im Rahmen einer Polysomnographie erhoben werden können. Obwohl der Index auf den Einfluss von Lärm abzielt, wurde in der Zusammenfassung erwähnt, dass der Index möglicherweise auch auf ein breiteres Anwendungsgebiet ausgedehnt werden könnte.
Es wäre ein Ansatz, auch diesen Index bei der Bewertung von Schnarchgeräuschen zu berücksichtigen. Weitere Studien sollten diesbezüglich allerdings zeigen, dass auch der SDI das misst, was der Mensch empfindet.

Dreher et al [3] haben 2008 an elf männlichen Patienten ebenfalls einen „Annoyance-Score“ erhoben, der anhand von Daten aus Polysomnographien als auch „psychoakustisch“ untersucht wurde. Kritisch muss bemerkt werden, dass unter dem Begriff „Psychoakustik“ keine der bekannten psychoakustischen Empfindungsgrößen oder die Lästigkeit untersucht wurde, sondern eine subjektive Einstufung der Geräusche durch Versuchspersonen auf einer Skala von 1 bis 100 erfolgte. Diese Untersuchung hat somit eigentlich psychometrischen Charakter.

Es zeigte sich, dass die Lästigkeit, die vom primären Schnarchen ausgeht, im Mittel von einem Schnarchgeräusch zum anderen differiert. Die Methode schien den Autoren somit geeignet, akzeptable von lästigen Schnarchgeräuschen zu unterscheiden. Abschließend wurde angeregt, in weiteren Studien die Empfindungsgrößen der Psychoakustik zu evaluieren. Die Studie erhebt zwar den Anspruch, die erste zu sein, die Schnarchen unter psychoakustischen Gesichtspunkten vor allem in Hinblick auf die Lästigkeit untersucht hat, bleibt aber gleichzeitig den Beleg schuldig, welche psychoakustischen Parameter ausgewertet wurden und in welcher Korrelation die nach der Zwickerformel berechnete Lästigkeit zur subjektiven Empfindung steht. In der Diskussion wird dann auch empfohlen, die „Empfindungsgrößen“ Lautheit, Rauheit, Schärfe und Schwankungsbreite in einem nächsten Schritt zu evaluieren.

Kritisch muss angemerkt werden, dass die Verwendung einer visuellen Analogskala (auf deren Daten in der aktuellen Studie zurückgegriffen werden musste) optimiert werden sollte. Nicht nur zur statistischen Auswertung, sondern auch zum besseren Verständnis der Probanden, die die Geräusche zu beurteilen haben, sollte „0“ für „keine Belästigung“ und „10“ für die „höchste Belästigung“ stehen.

5 Zusammenfassung

Das habituelle oder primäre Schnarchen, das hauptsächlich durch seine sozial störende Komponente gekennzeichnet ist, wird vorrangig als lästig und störend empfunden. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Validierung der Vergleichbarkeit einer psychoakustischen (objektiven) Auswertung von Schnarchgeräuschen mit der psychometrischen (subjektiven) Bewertung dieser Geräusche hinsichtlich ihrer Lästigkeit zur Etablierung einer verlässlichen Methode zur Einschätzung der Lästigkeit des Schnarchgeräusches vor und nach einem operativen Eingriff.

In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der psychoakustischen Auswertung von 72 Geräuschen (60 Schnarch- und 12 Umweltgeräusche) den subjektiven Bewertungen dieser Geräusche durch 25 unabhängige Probanden gegenübergestellt.

Es kommen Schnarchgeräusche von 25 Probanden (23 männliche, zwei weibliche Patienten, Altersdurchschnitt 55 Jahre [23 – 71 Jahre]) zur Auswertung.

Die psychoakustische Auswertung erfolgt hinsichtlich der Parameter Lautheit, Schärfe, Rauheit und Schwankungsbreite. Aus diesen Parametern werden die von Zwicker und Fastl postulierten „unbeeinflusste Lästigkeit“ und „psychoakustische Lästigkeit“ berechnet – Lästigkeiten, die unabhängig von der Beziehung der Versuchsperson zur Schallquelle sind. Im Rahmen der subjektiven, psychometrischen Auswertung werden die Geräusche von 25 Probanden anhand einer Analog-Skala von 0 (sehr störend) bis 10 (gering störend) bewertet.

Zur statistischen Auswertung der Daten wird nach Prüfung auf Normalverteilung mittels Kolmogorov-Smirnov-Test (signifikante Abweichung, $p<0,05$) eine Korrelationsanalyse mittels nicht-parametrischer Rangkorrelation nach Spearman durchgeführt.

Im Vergleich zwischen Psychometrie und Psychoakustik zeigt sich jeweils eine starke Korrelation in Bezug auf die unbeeinflusste Lästigkeit zur Tageszeit (6.00 – 22.00 Uhr, auf 0,01-Niveau signifikant), auf die unbeeinflusste Lästigkeit zur Nachtzeit (22.00 – 6.00 Uhr, auf 0,01-Niveau signifikant) und auf die psychoakustische Lästigkeit (auf 0,01-Niveau signifikant).

Einfluss auf das Lästigkeitsempfinden haben die Lautheit (hohe Korrelation, r=-0,835, p<0,01), die Schwankungsbreite (deutliche Korrelation, r=-0,534, p<0,01) und die Rauheit (schwache Korrelation, r=-0,428, p<0,01) der bewerteten Geräusche. Die Schärfe der Geräusche zeigt keine Korrelation zum Lästigkeitsempfinden. (p<0,5).

Die Lautheit hat nach den vorliegenden und ausgewerteten Daten die höchste Korrelation zur subjektiv bewerteten Lästigkeit. Dieses Ergebnis ist im Einklang mit der publizierten Literatur.

Die Empfindungsgröße Schwankungsstärke hat nach der Lautheit in der vorliegenden Arbeit einen deutlichen Einfluss auf die empfundene Lästigkeit. In der Literatur finden sich diesbezüglich nahezu keine Angaben.

Die Rauheit trägt, ebenfalls übereinstimmend zu vorangegangenen Studien, nur geringfügig zum Lästigkeitsempfinden bei.

Die Schärfe eines Geräusches zeigt in der Untersuchung keine Korrelation zum Lästigkeitsempfinden. Die wenigen, in der Literatur beschriebenen Studien hierzu kommen zu einem anderen Ergebnis.

Es zeigt sich bei Verwendung aller drei Formeln zur Berechnung der unbeeinflussten und psychoakustischen Lästigkeit durchweg ein starker Zusammenhang zwischen der berechneten Lästigkeit und der subjektiv empfundenen Lästigkeit. Die „unbeeinflusste Lästigkeit zur Nachtzeit“ zeigt hierbei eine höhere Korrelation (r=-0,794) als zur Tageszeit (r=-0,776) und als die psychoakustische Lästigkeit (r=-0,724).

Die Auswertung von Geräuschen hinsichtlich der psychoakustischen Empfindungsgrößen Lautheit, Rauheit, Schwankungsbreite und vernachlässigbar der Schärfe sowie die Berechnung der unbeeinflussten Lästigkeit geben Hinweise auf das subjektive Empfinden der Lästigkeit dieser Geräusche.

Die unbeeinflusste Lästigkeit erlaubt der vorliegenden Arbeit zufolge Rückschlüsse auf das Lästigkeitsempfinden und könnte als Parameter zur qualitativen und auch quantitativen Bewertung z. B. des Erfolges einer Schnarchoperation im Sinne eines prä- und postoperativen Vergleiches Verwendung finden.

6 Verzeichnisse

6.1 Literatur

1. www.wandstyle.de, *Lache, und die Welt lacht mit dir. Schnarche und du schläfst allein.* . 2011.
2. Stuck, B.A., et al., *S1-Leitlinie "Diagnostik und Therapie des Schnarchens des Erwachsenen".* HNO, 2010. **58**(3): p. 272-278.
3. Dreher, A., et al., *The Annoyance Of Snoring.* European Archive of Otorhinolaryngology, 2008.
4. Kühnel, T. and T. Steffens, *Grad der Belästigung: Rationale der Rhonchopathie?*, in *77. Jahresversammlung der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V.* 2006: Mannheim.
5. Larrosa, F., et al., *Laser-assisted uvulopalatoplasty for snoring: does it meet the expectations?* European Respiratory Journal, 2003(24): p. 66-70.
6. Kamami, Y.-V., *Laser CO2 for snoring - Preliminary results.* Acta oto-laryngologica belg., 1990. **4**(44): p. 451-456.
7. Fujita, S., *UPPP for sleep apnea and snoring.* Ear, nose and throat journal, 1984. **5**(63): p. 227-235.
8. Zwicker, E., *Ein Vorschlag zur Definition und zur Berechnung der unbeeinflußten Lästigkeit.* Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 1991. **38**: p. 91-97.
9. Weber, R. and V. Mellert, *Wieviele Dimensionen hat die Empfindung "lästig"?*, in *Wahrnehmungspsychologie: aktuelle experimentelle Beiträge*, W. Schüle, Editor. 1978, Fachbuchhandlung für Psychologie, Verl.-Abt.: Frankfurt am Main. p. 106-113.
10. American_Academy_of_Sleep_Medicine, *International classification of sleep disorders, revised: Diagnostic and coding manual.* 2001: Chicago, Illinois.

11. Med Med Update GmbH, *Schnarchen und Obstruktive Schlafapnoe*, in *Handbuch HNO 2008: HNO Update*. 2009, Springer, Berlin: Berlin. p. 2-8.
12. Stoohs, R.A., *Widerstandssyndrom der oberen Atemwege.* Deutsches Ärzteblatt, 2007. **104**(12): p. 784-9.
13. Pirsig, W., et al., *Leitlinie: Primäres Schnarchen*, in *Leitlinien/Algorithmen der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie*, U. Ganzer, Editor. 1999. p. 51-52.
14. Mayer, G., et al., *S3-Leitlinie Nicht erholsamer Schlaf/ Schlafstörungen.* Somnologie, 2009.
15. Wiegand, M.H., F.v. Spreti, and H. Förstl, *Schlaf & Traum: Neurobiologie, Psychologie, Therapie*. 1 ed. 2006, Stuttgart: Schattauer. 288.
16. Hollandt, J.H., et al., *Schlafbezogene Atmungsstörungen Einfluss der Nasenatmung.* HNO, 2002. **50**(8): p. 765-773.
17. Schäfer, J., *Schnarchen, Schlafapnoe und obere Luftwege***.** 1996, Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
18. Hiestand, D., et al., *Prevalence of symptoms and risk of sleep apnea in the US population: Results from the national sleep foundation sleep in America 2005 poll.* Chest., 2006. **130**: p. 780-786.
19. Stuck, B.A., et al., *Diagnostik und Therapie des primären Schnarchens.* Deutsches Ärzteblatt, 2002. **99**(11): p. 710-717.
20. Hui, D., et al., *Prevalence of snoring and sleep-disordered breathing in a student population.* Chest., 1999(116): p. 1530-1536.
21. Jennum, P. and A. Sjøl, *Epidemiology of snoring and obstructive sleep apnoea in a Danish population, age 30-60.* Sleep Research, 1992. **1**: p. 240-244.
22. B A Stuck, J.A., R. de la Chaux, A. Dreher, C. Heiser, W. Hohenhorst, T. Kühnel, J.T. Maurer, W. Pirsig, A. Steffen, T. Verse, ArGe Schlafmedizin der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e.V., *S1-Leitlinie "Diagnostik und Therapie des Schnarchens des Erwachsenen".* HNO, 2010. **58**(3): p. 272-8.

23. Michaelson, P., et al., *Validations of a portable home sleep study with twelve-lead polysomnography: comparisons and insights into a variable gold standard.* Annals of Otology, Rhinology & Laryngology, 2006. **115**: p. 802-809.

24. Hörmann, K. and T. Verse, *Surgery for Sleep Disordered Breathing***.** 1. ed. 2005, Berlin: Springer. 162.

25. Hollandt, J.H., et al., *Das Upper Airways Resistance Syndrom (UARS) - Obstruktives Schnarchen.* HNO, 2000. **48**(8): p. 628-634.

26. Pirsig, W., et al., *Leitlinie: Obstruktive Schlafapnoe (OSA) und obstruktives Schnarchen*, in *Leitlinien/Algorithmen der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie*, U. Ganzer, Editor. 1999. p. 52-53.

27. Keller, C., *Diagnostik und Therapie des Schlafapnoe-Syndroms*, in *Fachartikel: Schlafapnoe-Syndrom*, K.D. GmbH, Editor. 1999.

28. Köhler, D. and T. Podszus, *Leitlinie zur Obstruktiven Schlafapnoe (OSA)*, in *Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Schlafforschung und Schlafmedizin*. 1997.

29. Verse, T., *Update: Operative Möglichkeiten zur Behandlung der Obstruktiven Schlafapnoe.* HNO, 2008. **56**: p. 1098-1104.

30. Hölzl, M., et al., *Funktionelle Topodiagnostik der oberen Atemwege bei schlafbezogenen Atmungsstörungen.* Somnologie, 2009. **13**(3): p. 136-143.

31. Berry, S., G. Roblin, and A. Williams, *Validity of Sleep Nasendoscopy in the Investigation of Sleep Related Breathing Disorders.* Laryngoscope, 2005. **115**: p. 538-540.

32. Fujita, S., *Obstructive sleep apnea syndrome: pathophysiology, upper airways evaluation and surgical treatment.* Ear, nose and throat journal, 1993. **72**: p. 67-76.

33. Hörmann, K., J. Maurer, and A. Baisch, *Schnarchen / Schlafapnoe - chirurgisch heilbar?* HNO, 2004. **2004**(52): p. 807-812.

34. Steinhart, H., et al., *Pharyngolaryngoskopische Befunde bei Patienten mit obstruktivem Schlafapnoesyndrom und primärem Schnarchen.* HNO, 2000. **48**: p. 917-921.

35. Verse, T., *Schnarchen und Obstruktive Schlafapnoe*, in *Handbuch HNO 2008: HNO Update*, M.M.U. GmbH, Editor. 2009, Springer, Berlin: Berlin. p. 2-8.

36. Smith, I., T. Lasserson, and J. Wright (2009) *Drug treatments for obstructive sleep apnoea (Review)*. The Cochrane Database of Systematic Reviews 2006 **Volume**,

37. Strohl, K.P. and S. Redline, *Nasal CPAP therapy, upper airway muscle activation and obstructive sleep apnea.* Am Rev Respir Dis, 1986. **134**: p. 555-558.

38. Peter, H., T. Penzel, and J.H. Peter, *Enzyklopädie der Schlafmedizin*. 1 ed. 2007, Heidelberg: Springer Medizin Verlag.

39. Schönhofer, B., et al., *Effektivität einer den Unterkiefer vorverlagernden Protrusionsschiene bei der obstruktiven Schlafapnoe.* Somnologie, 1998(2): p. 123-128.

40. Zorick, F.J., et al., *Response to CPAP and UPPP in apnea.* Henry Ford Hospital Medical Journal, 1990(38): p. 223-226.

41. Zwicker, E., *Psychoakustik*. 1982, Springer: Berlin.

42. Hauswirth, I., *Psychoakustische Analysen II: Rauhigkeit, Schwankungsstärke, Tonalität* in *HEAD Application Note*. 2008. p. 11.

43. Miller, G.A., *Biographical Memoirs*. Biographical Memoirs: A Series, ed. N.A.o. Sciences. Vol. 47. 1975: The National Academies Press.

44. Zwicker, E., *Loudness*, in *Psychoacoustics: Facts and Models***.** 2005, Springer: Berlin. p. 203-207.

45. Maue, J.H., *0 Dezibel + 0 Dezibel = 3 Dezibel: Einführung in die Grundbegriffe und die quantitative Erfassung des Lärms*. 8 ed. 2003, Berlin: Schmidt (Erich).

46. Sengpiel, D.-I.E., *Die subjektiv empfundene Lautstärke und der künstliche Begriff Lautheit*. 2009.

47. Mrowinski, D. and G. Scholz, *Arbeitsmedizinische Vorsorge*, in *Audiometrie*. 2006, Thieme. p. 124-126.

48. Blauert, J., *Akustik 2*. 2005: Ruhr-Universität Bochum, Institut für Kommunikationsakustik, Forschungsgruppe Allgemeine Elektrotechnik und Akustik.

49. Strutz, J. and W. Mann, *Praxis der HNO-Heilkunde, Kopf- und Halschirurgie*. Vol. 1. 2001, Stuttgart: Thieme.

50. Büscher, G. and A. Wiegemann, *Kleines ABC der Elektroakustik*. 6 ed. 1972, München: Franzis Verlag.

51. Görne, T., *Tontechnik*. 1 ed. 2006, Leipzig: Carl Hanser Verlag.

52. Kunzmann, B., *DIN 45631: Berechnung des Lautstärkepegels und der Lautheit aus dem Geräuschspektrum; Verfahren nach E. Zwicker*. 1991, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., NA 001 Normenausschuss Akustik, Lärmminderung und Schwingungstechnik (NALS) im DIN und VDI.

53. Bismarck, G.v., *Sharpness as an attribute of the timbre of steady state sounds.* Acustica. **30**: p. 157-172.

54. Valenzuela, M.N., *1.2.2 Gehörgerechte Spektralanalyse und Konturierung*, in *Untersuchungen und Berechnungsverfahren zur Klangqualität von Klaviertönen*. 1998, Herbert Utz Verlag Wissenschaft. p. 11.

55. Widmann, U., *Simulation von Hörempfindungen mit einem digitalen Meßsystem zur Bestimmung von Qualitätsmerkmalen*, in *3. Forum Akustische Qualitätssicherung.* 1995, Müller-BBM GmbH: Planegg b. München.

56. Zwicker, E., *Sharpness and Sensory Pleasentness*, in *Psychoacoustics: Facts and Models*. 2005, Springer: Berlin. p. 239-246.

57. Aures, W., *Berechnungsverfahren für den sensorischen Wohlklang beliebiger Schallsignale.* Acustica, 1985. **59**: p. 130-141.

58. Kauer, S., *Entwicklung einer Multimedia-Lehranwendung zur Psychoakustik: Auditive Wahrnehmung und die Rolle kritischer Bandbreiten*. 2003: TU Berlin, Institut für Sprache und Kommunikation. p. 56-58.

59. Terhardt, E., *Akustische Kommunikation*. 1998, Berlin: Springer. 292ff.

60. Hellbrück, J., *Hören. Physiologie, Psychologie und Pathologie*. 1993, Göttingen: Hogrefe. 117.

61. Zwicker, E., *Roughness*, in *Psychoacoustics: Facts and Models*. 2005, Springer: Berlin. p. 257-264.

62. ITwissen.info, *Online-Lexikon für Informationstechnologie: Schwankungsstärke*. 2009, DATACOM Buchverlag GmbH.

63. Quehl, J., *Nachtfluglärm, Belästigung und Schlaferleben.* Somnologie, 2005. **9**: p. 76-83.

64. Schick, A., *Das Konzept der Belästigung in der Lärmforschung***.** 1997, Lengerich: Pabst Science.

65. Zwicker, E., *Psychoacoustics: Facts and Models*. 2 ed. 1990, Berlin: Springer. 350.

66. Zwicker, E., *Ein Beitrag zur Unterscheidung von Lautstärke und Lästigkeit.* Acustica, 1966. **17**: p. 22-25.

67. Zwicker, E., *Psychoacoustics: Facts and Models*. Vol. 3. 2005, Berlin: Springer. 462.

68. Hellmann, R., *Loudness, annoyance and noisiness produced by single-tone-noise complexes.* J. Acoust. Soc. Am., 1982. **72**: p. 62-73.

69. Weber, R. and V. Mellert. *Vergleichende Beurteilung von Verkehrsgeräuschen - Korrelation mit Lautstärke-parametern* in *DAGA '78***.** 1978. Bochum, Deutschland.

70. Zwicker, E., *A proposal for defining and calculating the unbiased annoyance*, in *Contributions to Psychological Acoustics*
Results of the 5th Oldenburg Symposium on Psychological Acoustics, A. Schick, J. Hellbrück, and R. Weber, Editors. 1991, bis: Oldenburg. p. 187-202.

71. Zwicker, E., *Psychoacoustics: Facts and Models*. Vol. 3. 2006, Berlin: Springer. 462.

72. Rao, C.R. and S. Sinharay, *Handbook of Statistics 26. Psychometrics*. 2006, Amsterdam: Elsevier.

73. 01dB-Metravib, A., *dBSONIC - Psychoacoustic Software*, 01dB-Metravib, Editor, Areva: Paris, Lyon - France.

74. Daniel, P. and J. Dumas. *01dB White Paper on PsychoAcoustics - Aurally Relevant Analysis by Synthesis: A New Software Approach To Sound Design*. Industrial Vehicle Technology International [Web Exclusive Article] 2010 [cited; Available from: http://www.ivtinternational.com/september_01db.php.]

75. Bühl, A. and P. Zöfel, *SPSS 11*. 8 ed. 2002, München: Pearson Studium.

76. Fiz, J.A., et al., *Acoustic analysis of snoring sound in patients with simple snoring and obstructive sleep apnoea.* Eur Respir J, 1996. **9**: p. 2365-2370.

77. Guski, R., *The Concept Of Noise Annoyance: How International Experts See It.* Journal of Sound and Vibration, 1999. **223**(4): p. 513-527.

78. Guski, R. and H.-G. Bosshardt, *Gibt es eine "unbeeinflußte" Lästigkeit?* Zeitschrift für Lärmbekämpfung, 1992. **39**: p. 67-74.

79. Völk, W., *Lautheit und Lästigkeit von Geräuschen*, in *Akustik zwischen Physik und Psychologie*, A. Schick, Editor. 1981, Klev-Cotta: Stuttgart. p. 63-67.

80. Bosshardt, H.-G., *Subjektive Realität und konzeptuelles Wissen. Sprachpsychologische Untersuchungen zum Begriff der Belästigung durch Lärm*. 1988, Münster: Aschendorff.

81. Hoeger, R., et al., *Night-time Noise Annoyance: State of the Art.* Noise & Health, 2002. **4**(15): p. 19-25.

82. Schönpflug, W., *Acht Gründe für die Lästigkeit von Schallen und die Lautheitsregel*, in *Akustik zwischen Physik und Psychologie*, A. Schick, Editor. 1981, Klett-Cotta: Stuttgart. p. 87-93.

83. Rule, S.J. and J.W. Little, *Effect of instructional set on responses to complex sounds.* Journal of Experimental Psychology, 1964(67): p. 215-220.

84. Fastl, H. and Y. Yamada, *Cross-cultural study on loudness and annoyance of broadband noise with a tonal component*, in *Contributions to psychological acoustics: results of the 4th Oldenburg Symposium on Psychological Acoustics*, A. Schick, Editor. 1986, Oldenburg: Oldenburg. p. 341-353.

85. Ellermeier, W., M. Mader, and P. Daniel, *Scaling the Unpleasentness of Sounds According to the BTL Model: Ratio-Scale Prepresentation an Psychoacoustical Analysis.* Acta Acustica United with Acustica, 2004. **90**: p. 101-107.

86. Genuit, K. *The Problem of Predicting Noise Annoyance as a Function of Distance*. in *17th International Congress on Acoustics*. 2001. Rome: HEAD acoustics GmbH.

87. Griefahn, B., et al., *Development of a sleep disturbance index (SDI) for the treatment of noise-induced sleep disturbances.* Somnologie, 2008. **12**: p. 150-157.

6.2 Abbildungen

6.3 Tabellen

7 Anhang

Geräusch	N5: sone	S5: acum	R5: asper	F5: vacil
1	33,1	1,9	98,8	98,8
2	35,4	1	57,2	122,4
3	34,7	2,1	70,7	124,5
4	27,1	2	120,6	61,5
5	11,6	1,5	174,5	140,5
6	19,5	1,6	96,2	121
7	14,1	1,5	32,9	69,2
8	17,8	1,4	88,1	72,3
9	18,5	1,4	80,8	73,2
10	15,4	1,4	55,7	70,8
11	20,7	1,5	77,6	84,6
12	16,7	1,5	97,7	71,9
13	19,3	1,4	75,3	83,4
14	14,7	1,7	102	39
15	17	1,5	172,2	70,2
16	25,3	1,6	100,8	71
17	14,7	1,7	58,6	59,4
18	18	1,7	79,3	81,3
19	11,9	1,5	36,3	41,5
20	32,8	1,6	161,2	85
21	25,3	1,6	111,3	98,6
22	19,2	1,6	57,5	64,4
23	17,7	1,6	51	57,1
24	16,8	1,6	50,1	58,9
25	13,9	1,5	48,3	43,1
26	17,2	1,6	61,5	87,4
27	20,7	1,5	57,4	93
28	26,8	1,5	72,2	128,9
29	9,8	1,7	173,6	88,1
30	16,5	1,7	147,8	129,3
31	13,4	1,7	73,3	46,6
32	17,5	1,5	124,8	49,1
33	26,8	1,7	152,7	67,5
34	13,9	1,4	61,7	61
35	32,1	1,8	203,4	67,4
36	7	1,4	82,2	19,8
37	16,2	1,5	21,4	76,8
38	15,4	1,6	21,5	71,5
39	28,8	1,7	96,2	88,9
40	26,1	1,7	58,8	97,8
41	28,4	2,4	46,7	88,3
42	7,5	1,4	32,5	36,7
43	8,9	1,4	36,6	40
44	29,9	1,7	83,7	91,2
45	29,7	1,7	108,4	91,5
46	21,2	1,5	54,7	85,6
47	25,7	1,5	99,2	76,2
48	26,9	1,4	79,6	105
49	15,1	1,9	40,9	63
50	14,6	1,9	34,5	61,4
51	13,3	1,4	60,6	50
52	9	1,6	63,5	31,5
53	35,6	1,3	102,3	116,9
54	42	1,4	92	131,7
55	30,7	1,4	100	103,5
56	42,2	1,4	112,1	97,9
57	18,1	1,5	116,8	72,7
58	22,4	1,6	139,9	72,9
59	23,1	1,6	153,2	73,4
60	21,9	1,7	163	70,6
Umweltgeräusch 1	41	1,5	35,5	62,8
Umweltgeräusch 2	53,3	1,3	46,1	53,9
Umweltgeräusch 3	29,8	1	108,3	201,6
Umweltgeräusch 4	51,5	1,2	128,1	380,5
Umweltgeräusch 5	47,7	1	93,1	46,8
Umweltgeräusch 6	46	1,1	51,4	20,9
Umweltgeräusch 7	61	1,2	75	68,5
Umweltgeräusch 8	45,4	1,2	122,5	216,2
Umweltgeräusch 9	23,2	1,5	109,9	108,1
Umweltgeräusch 10	61,3	1,4	14,7	69,6
Umweltgeräusch 11	33,4	1,1	39,7	12,7
Umweltgeräusch 12	30,2	1	34,2	26,6

Anhang I: Psychoakustische Auswertung der Schnarch- und Umweltgeräusche

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
						25.	50. (Median)	75.
Schnarchgeräusch 1	25	2,92	1,552	1	7	2,00	3,00	4,00
Schnarchgeräusch 2	25	2,04	1,172	0	5	1,00	2,00	3,00
Schnarchgeräusch 3	25	4,24	2,087	1	9	3,00	4,00	5,00
Schnarchgeräusch 4	25	3,76	1,715	1	7	2,00	4,00	5,00
Schnarchgeräusch 5	25	5,92	2,414	2	10	4,00	6,00	8,50
Schnarchgeräusch 6	25	3,72	1,882	1	7	2,00	3,00	5,00
Schnarchgeräusch 7	25	4,00	2,708	1	9	1,50	4,00	5,50
Schnarchgeräusch 8	25	2,60	1,633	0	6	1,00	2,00	3,50
Schnarchgeräusch 9	25	2,44	1,474	0	5	1,00	2,00	3,00
Schnarchgeräusch 10	25	4,04	2,169	1	9	2,00	4,00	5,50
Schnarchgeräusch 11	25	2,76	1,615	0	7	1,50	3,00	3,50
Schnarchgeräusch 12	25	3,44	1,474	1	7	2,00	3,00	5,00
Schnarchgeräusch 13	25	3,16	1,650	1	7	2,00	3,00	4,00
Schnarchgeräusch 14	25	4,24	2,006	1	7	2,50	4,00	6,00
Schnarchgeräusch 15	25	3,04	1,513	0	6	2,00	3,00	4,00
Schnarchgeräusch 16	25	2,04	1,172	0	5	1,00	2,00	3,00
Schnarchgeräusch 17	25	4,52	2,104	0	9	3,00	4,00	6,00
Schnarchgeräusch 18	25	3,72	1,568	0	6	3,00	3,00	5,00
Schnarchgeräusch 19	25	6,64	1,997	3	10	5,50	7,00	8,00
Schnarchgeräusch 20	25	1,84	1,248	0	5	1,00	1,00	3,00
Schnarchgeräusch 21	25	2,32	1,406	0	5	1,00	2,00	3,00
Schnarchgeräusch 22	25	3,44	1,805	1	8	2,00	3,00	5,00
Schnarchgeräusch 23	25	4,04	1,567	1	7	3,00	4,00	5,00
Schnarchgeräusch 24	25	3,96	1,567	1	7	3,00	4,00	5,00
Schnarchgeräusch 25	25	5,04	1,695	1	8	4,00	5,00	7,00
Schnarchgeräusch 26	25	3,08	1,320	1	6	2,00	3,00	4,00
Schnarchgeräusch 27	25	3,64	1,777	1	8	2,00	3,00	4,50
Schnarchgeräusch 28	25	2,72	1,429	0	5	1,50	3,00	4,00
Schnarchgeräusch 29	25	7,36	1,846	3	10	6,00	7,00	9,00
Schnarchgeräusch 30	25	4,88	1,986	1	9	4,00	5,00	6,00
Schnarchgeräusch 31	25	6,08	1,525	3	9	5,00	6,00	7,00
Schnarchgeräusch 32	25	2,80	1,080	1	5	2,00	3,00	3,50
Schnarchgeräusch 33	25	1,48	,714	0	3	1,00	1,00	2,00
Schnarchgeräusch 34	25	4,44	1,635	2	7	3,00	5,00	5,50
Schnarchgeräusch 35	25	1,40	1,118	0	6	1,00	1,00	1,50
Schnarchgeräusch 36	25	8,08	1,656	4	10	7,00	9,00	9,00
Schnarchgeräusch 37	25	4,28	1,720	1	7	3,00	4,00	6,00
Schnarchgeräusch 38	25	4,28	1,514	1	7	3,00	4,00	6,00
Schnarchgeräusch 39	25	1,12	,927	0	4	1,00	1,00	1,00
Schnarchgeräusch 40	25	3,20	1,528	1	7	2,00	3,00	4,50
Schnarchgeräusch 41	25	4,04	1,904	1	8	3,00	4,00	5,50
Schnarchgeräusch 42	25	7,48	1,735	4	10	6,50	8,00	9,00
Schnarchgeräusch 43	25	7,12	1,833	3	10	6,00	7,00	8,50

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile		
						25.	50. (Median)	75.
Schnarchgeräusch 44	25	1,88	1,130	0	5	1,00	2,00	2,50
Schnarchgeräusch 45	25	1,84	,987	0	4	1,00	2,00	3,00
Schnarchgeräusch 46	25	3,08	1,256	1	5	2,00	3,00	4,00
Schnarchgeräusch 47	25	2,60	1,607	0	7	1,00	3,00	3,00
Schnarchgeräusch 48	25	2,24	1,268	0	5	1,00	2,00	3,00
Schnarchgeräusch 49	25	5,84	1,748	2	9	5,00	5,00	7,00
Schnarchgeräusch 50	25	6,16	1,573	3	9	5,00	6,00	7,00
Schnarchgeräusch 51	25	5,40	1,555	3	9	4,00	5,00	6,00
Schnarchgeräusch 52	25	6,68	2,096	3	10	5,00	7,00	9,00
Schnarchgeräusch 53	25	1,24	,831	0	3	1,00	1,00	2,00
Schnarchgeräusch 54	25	1,04	,676	0	3	1,00	1,00	1,00
Schnarchgeräusch 55	25	1,36	,757	0	3	1,00	1,00	2,00
Schnarchgeräusch 56	25	,96	,611	0	3	1,00	1,00	1,00
Schnarchgeräusch 57	25	4,44	1,294	2	7	3,50	5,00	5,00
Schnarchgeräusch 58	25	3,08	1,441	0	5	2,00	3,00	4,00
Schnarchgeräusch 59	25	2,40	1,155	0	5	1,50	3,00	3,00
Schnarchgeräusch 60	25	2,88	1,764	0	6	1,00	3,00	4,50

Anhang II: Auswertung Psychometrie der Schnarchgeräusche (Kapitel 3.1, Seite 45)

8 Lebenslauf

Persönliche Daten

Name:	Matthias Wiest
Geburtstag:	21.07.1975 in Regensburg
Anschrift:	Hufelandstr. 14a, 99425 Weimar
	Tel.: 0 36 43 / 41 55 24
	eMail: matthias.wiest@web.de
Familienstand:	eingetragene Lebenspartnerschaft

Schulbildung

1981 – 1985	Besuch der Grundschule St. Josef in Straubing
1985 – 1994	Besuch des Anton-Bruckner-Gymnasiums in Straubing
	musischer Zweig, Instrumente: Klavier, Trompete
	Abschluss Abitur

Ausbildung

WS 1995 – WS 2002/03	Studium der Humanmedizin an der Universität Regensburg
1999 – 2000	Zweitstudium Lehramt Sekundarstufe II (Englisch / Französisch, 2 Semester)
März 1999	Ärztliche Vorprüfung
April 2000	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
April 2002	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
April 2003	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
	Erlaubnis für die Tätigkeit als Arzt im Praktikum
07/2003 – 12/2004	Arzt im Praktikum/Assistenzarzt (ab 10.2004) an der chirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses Wörth/Donau (Viszeral-, Gefäß- und Unfallchirurgie, ChA PD Dr. med. B. Semsch, ChA Dr. med. A. Hummel)
Oktober 2004	Approbation als Arzt

02/2005 – 12/2007	Weiterbildungsassistent an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten des Sophien- und Hufeland Klinikums Weimar (ChA Prof. Dr. O. Arndt)
01/2008 – 12/2008	Weiterbildungsassistent an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten des HELIOS Klinikums Erfurt (ChA Prof. Dr. med. D. Eßer)
01/2009 – 10/2009	Weiterbildungsassistent an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten des Sophien- und Hufeland Klinikums Weimar (ChA Prof. Dr. O. Arndt)
10/2009	Anerkennung als Facharzt für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
10/2009-06/2011	Facharzt an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten des Sophien- und Hufeland Klinikums Weimar (ChA Prof. Dr. O. Arndt, ab 01.01.10 kommissarische Leiterin Frau Dr. med. G. Schuchardt, ab 01.07.2010 ChÄ PD Dr. K. Hoffmann) Tätigkeitsschwerpunkte: Rhinologie, Rhonchologie, Medikamentöse Tumortherapie
Seit 07/2011	Niederlassung als Facharzt für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde in Erfurt, Bodelschwinghstr. 26

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mir mein Studium, meine Ausbildung und die Vollendung meiner Promotion ermöglichten:

Herrn Prof. Dr. Thomas Kühnel danke ich für die Überlassung des Promotions-Themas, für die Möglichkeit, in seinem Arbeitskreis meine Promotionsarbeit anfertigen zu dürfen und für die intensive und vor allem geduldige Betreuung.

Herrn Prof. Dr. Olaf Arndt danke ich für die Vermittlung des Promotions-Themas, für die Möglichkeit, die Arbeit im Rahmen der Facharztausbildung fortzuführen und die Betreuung in den Anfangsmonaten.

Ich möchte nicht versäumen, Herr Boris Münchrath für die gute und freundliche Zusammenarbeit bei der Verarbeitung der psychometrischen Daten zu danken.

Ganz besonders danke ich natürlich meinen Eltern, die mir das Studium erst ermöglichten und mich jederzeit unterstützten, sowie meinem Mann Thomas, der meiner Arbeit sehr viel Unterstützung und Geduld entgegenbrachte.

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfsmittel ausgeführt habe.

Weimar, Februar 2013