

Aus der Klinik für Phoniatrie
Geschäftsführende Direktorin: Prof. Dr. med. Roswitha Berger

des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH,
Standort Marburg

**„Untersuchungen zur Stimmbelastbarkeit bei
stimmgestörten Patienten. Evaluation eines neuen
Testverfahrens.“**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

Christoph Gaipf
aus Meiningen

Marburg 2009

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg
am: 12.02.2010

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Prof. Dr. Matthias Rothmund

Referent: Prof. Dr. Roswitha Berger

1. Korreferent: Prof. Dr. Dr. Andreas Neff

Meinen Eltern
in Liebe und Dankbarkeit

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Geschichtlicher Überblick zur Phoniatrie	2
1.3 Physiologie des Larynx	5
1.3.1 Phylogenese, Ontogenese	6
1.3.2 Funktionelle Anatomie	6
1.3.3 Atmung	10
1.4 Stimmerzeugung	11
1.5 Stimmstörungen	16
1.5.1 Einteilung der Dysphonien	19
1.5.1.1 Primär Organische Dysphonien	20
1.5.1.2 Funktionelle Dysphonien	21
1.5.1.3 Sekundär Organische Dysphonien	24
1.6 Untersuchungsmethoden	24
1.6.1 Erhebung der Anamnese	25
1.6.2 Beurteilung der Atmung	25
1.6.3 Beurteilung des Kehlkopfes	25
1.6.4 Visualisierung der Stimmlippenschwingungen	26
1.6.5 Beurteilung des Stimmschalls	30
1.6.6 Analyse des Stimmschalls	31
1.6.7 Leistungsüberprüfung der Stimme	36
1.6.8 Selbstbewertung der Stimmqualität	39
2 Ziel der Arbeit	41
3 Material und Methoden	43
3.1 Versuchspersonen (Patienten und Probanden)	43
3.2 Durchführung der Untersuchung	45
3.2.1 Einwilligungserklärung	47
3.2.2 VHI-Bogen	47

3.2.3 Befragung der Versuchspersonen vor Stimmbelastungstest	48
3.2.4 Schallanalytische Aufzeichnung vor Stimmbelastungstest	49
3.2.5 Stimmbelastungstest	52
3.2.6 Befragung der Versuchspersonen nach Stimmbelastungstest	56
3.2.7 Schallanalytische Aufzeichnung nach Stimmbelastungstest	57
3.2.8 Befragung der Versuchspersonen nach Erholungsphase	57
3.2.9 Schallanalytische Aufzeichnung nach Erholungsphase	57
3.3 Statistische Auswertung der Ergebnisse	57
4 Ergebnisse	61
4.1 Berufliche Stimmbelastung	61
4.2 Stimmbelastungstest	64
4.2.1 Erreichte Lautstärke – Patientengruppe	65
4.2.2 Erreichte Lautstärke – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe	67
4.2.3 Prozentuale Unterschreitung – Patientengruppe	68
4.2.4 Prozentuale Unterschreitung – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe	71
4.3 Schallanalytische Untersuchungen	72
4.3.1 Irregularität und Rauschen – Patientengruppe	72
4.3.2 Irregularität und Rauschen – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe	74
4.3.3 Irregularität und Rauschen im Verlauf der Untersuchung – Patientengruppe	76
4.3.4 Irregularität und Rauschen im Verlauf der Untersuchung – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe	79

4.3.5 Zusammenhänge zwischen Lautstärke und Irregularität bzw. Rauschen – Patientengruppe	80
4.3.6 Zusammenhänge zwischen prozentualer Unterschreitung und Irregularität bzw. Rauschen – Patientengruppe	82
4.4 Fragebögen	84
4.4.1 Subjektive Beschwerden – Patientengruppe	84
4.4.2 Subjektive Beschwerden – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe	86
4.4.3 Subjektive Beschwerden im Verlauf der Untersuchung – Patientengruppe	87
4.4.4 Subjektive Beschwerden im Verlauf der Untersuchung – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe	89
4.4.5 Zusammenhänge zwischen Lautstärke und subjektiven Beschwerden – Patientengruppe	91
4.4.6 Zusammenhänge zwischen prozentualer Unterschreitung und subjektiven Beschwerden – Patientengruppe	92
4.4.7 Zusammenhänge zwischen Irregularität bzw. Rauschen und subjektiven Beschwerden – Patientengruppe	93
5 Diskussion	97
5.1 Diskussion der Patientenauswahl	97
5.2 Diskussion der Ergebnisse	98
5.2.1 Stimmbelastungstest	98
5.2.2 Schallanalytische Untersuchungen	104
5.2.3 Subjektive Beschwerden	109
5.3 Diskussion der Fehlermöglichkeiten	118
5.4 Schlussfolgerung	120
6 Zusammenfassung	126
7 Summary	128

8 Literaturverzeichnis	130
9 Anhang	151
9.1 Dokumente	151
9.2 Tabellen und Diagramme	160
9.3 Verzeichnis der akademischen Lehrer	230
9.4 Danksagung	231

1 Einführung

1.1 Einleitung

Obwohl nahezu jedes Lebewesen eine „Stimme“ besitzt, baut die menschliche Existenz vergleichsweise deutlich stärker auf der interindividuellen Kommunikation auf [35, 49]. Dabei ist die Sprache eines der wichtigsten Instrumente, mit dem Menschen untereinander kommunizieren. Sie bildet die Grundlage unserer Zivilisation und Kultur [35, 95].

Die ursprüngliche Bedeutung der Stimme oder auch Lautäußerung ist hingegen bei allen Lebewesen gleich: Warnung vor Gefahr, Mitteilung eines Erregungszustandes oder Wahl des Geschlechtspartners [49]. Die äußerst fein modulierbare Stimme des Menschen dient darüber hinaus Funktionen wie dem Sprechen, Singen, Lachen, Weinen und Schreien. Sie befähigt uns einerseits rein informative Inhalte zu vermitteln und andererseits, Gefühlen, wie etwa Freude, Ärger oder Überraschung, Ausdruck zu verleihen [49, 109, 115, 179]. Um diese emotionalen Zustände widerzuspiegeln, bedienen wir uns, neben der Variation vieler weiterer Parameter, feiner Änderungen der Stimmlage, der Sprechgeschwindigkeit und der Lautstärke [95].

Bereits Neugeborene sind in der Lage, sich in Form ihres ersten Schreies, dem Kommunikationsmedium Sprache bzw. Stimme zu bedienen. Redner und Prediger, Schauspieler und Sänger sind aufgrund ihres geschulten Umganges sowohl mit der Sprache als auch der Stimme in der Lage, ihr Publikum zu fesseln und zu verzaubern [139]. Damit ein Sprecher die gesamte Fülle an Informationen und Emotionen in angemessener Weise zum Ausdruck bringen kann, ist die uneingeschränkte Funktionsfähigkeit des gesamten Stimm- und Sprechapparates von eminenter Bedeutung [95].

Die Anzahl an Berufen mit hohen stimmlichen Forderungen nimmt stetig zu [21]. Vilkman et al. [172] sehen die Stimme als Hauptwerkzeug in einem Drittel aller Berufe an und Ruben et al. [129] stellten fest, dass in 60% aller Berufe die Kommunikation einen hohen Stellenwert einnimmt, was den großen Anteil der Sprechberufe deutlich macht. Dabei entwickeln Menschen, die ihre Stimme

beruflich jeden Tag einsetzen müssen, sehr viel häufiger Stimmprobleme [112, 128, 130, 134, 140, 152]. Die auftretenden Beschwerden, die bis zur Arbeitsunfähigkeit führen können, haben multifaktorielle Ursachen und Entstehungsgeschichten [18, 20, 89, 152, 160, 171, 172]. Bei der Entwicklung dieser Stimmprobleme stellt die Stimmbelastung einen wichtigen Faktor dar [20, 87, 89, 153]. Stimmanstrengende Faktoren, wie beispielsweise das Sprechen mit hoher Lautstärke (mehr als 70 dB(A)) oder das Sprechen über längere Zeiträume, führen zu einer erhöhten stimmlichen Belastung [16, 153].

In einer von Thomas et al. [160] durchgeführten Studie gaben von 600 untersuchten Frauen 37,9% an, Stimmbeschwerden zu haben. Dabei handelte es sich bei den Untersuchten nicht nur um Lehrerinnen bzw. Referendarinnen, die ja bekanntlich eine hohe Sprechbelastung aufweisen und prädestiniert sind, Stimmprobleme zu entwickeln, sondern auch um Frauen aus anderen Berufen. Ein Großteil der Versuchspersonen gab eine hohe wöchentliche berufliche Stimmbelastung an. Laut den Autoren könnten die Stimmbeschwerden auf ungenügende Stimmerholungszeit und übermäßigen Stimmgebrauch hinweisen.

Dies macht deutlich, dass aufgrund des bereits erwähnten wachsenden Bedarfs an sprachlicher Verständigung der Diagnostik-, Therapie- und vor allem der Präventionsbedarf von Stimmstörungen in der Bevölkerung einen immer höher werdenden Stellenwert einnehmen. Deshalb ist es von großer Wichtigkeit, dass hierfür geeignete und vor allem standardisierte Untersuchungsverfahren zur Verfügung stehen. Durch die rasante Entwicklung der Computertechnik ist es nun möglich, dies computergestützt zu verwirklichen.

1.2 Geschichtlicher Überblick zur Phoniatrie

Die ersten übermittelten medizinhistorischen Betrachtungen über die Stimme reichen bis ins Altertum zurück. Seit jeher sind Ärzte und Wissenschaftler

bemüht, die menschliche Stimme medizinisch zu untersuchen sowie deren Funktionsprinzip zu ergründen.

So stellten bereits Hippokrates (460–377 v. Chr.) und Aristoteles (384–322 v. Chr.) Überlegungen zur Wirkungsweise der Stimme an. Beide hatten jedoch lediglich sehr vage Vorstellungen von der Anatomie und Physiologie des Kehlkopfes [30, 49].

Die ersten klinischen Beobachtungen mit eindeutiger Zuordnung zum Kehlkopf wurden durch Galen aus Pergamon (129–199 n. Chr.) gemacht. Er fand beispielsweise heraus, dass die Stimmbänder an der Tonbildung beteiligt sind. Weiterführende anatomisch-physiologische Analysen wurden unter anderem von Leonardo da Vinci (1452–1519), Andreas Vesalius (1514–1564) und Fabricius ab Acquapendente (1537–1619) durchgeführt [49].

Trotz der umfangreichen Forschungen konnten die Ärzte vor Erfindung der Laryngoskopie nur aus den Symptomen Heiserkeit, Atemnot und Schluckbeschwerden auf den Krankheitsprozess schließen [30].

Im 18. und insbesondere im 19. Jahrhundert erwachte dann zunehmend das Interesse an der Funktion der Organe, die für die Bildung der Stimme und der Sprachlaute maßgeblich sind.

Im Jahr 1837 beschrieb Liston (1791–1871), dass er in einigen Fällen „...mit Hilfe eines Spekulum – eines Spiegels mit einem langen Griff, wie er von Dentisten verwendet wird...“ [125] krankhafte Befunde am Zungengrund und Kehlkopf habe sehen können.

Johannes Peter Müller (1801–1858) beschäftigte sich um 1837 mit systematischen Versuchen an menschlichen Kehlköpfen. Anhand seiner Präparate machte er viele interessante Beobachtungen, woraus seine wesentliche Folgerung entstand, „dass die Stimmbänder es sind, deren Schwingungen den Ton bestimmen, und dass nicht die Luft, indem sie durch die Stimmritze durchgepresst wird, das primitiv Schwingende ist“, die jedoch nicht überzeugte und sich nicht durchsetzen konnte [97].

Der Sänger und Gesangspädagoge Manuel Garcia (1805–1906) beschäftigte sich hauptsächlich mit den physiologischen Vorgängen beim Singen. Er war mit der Anatomie des Kehlkopfes sowie der wissenschaftlichen Nomenklatur vertraut und führte zahlreiche eigene Untersuchungen durch [97].

Bezüglich der Mechanik der Stimmbildung hatte Garcia zutreffende Vorstellungen. So schrieb er beispielsweise: „Die Stimmbänder [...] verschließen die Passage und bieten der Luft einen Widerstand. Sobald sich genügend Luft aufgestaut hat, drängt sie die Stimmbänder auseinander und erzeugt eine Explosion. Aber im selben Augenblick, vermöge ihrer Elastizität und da der Druck von unten entlastet ist, treffen sie sich wieder und verursachen eine neue Explosion. Eine Serie dieser Kompressionen und Expansionen oder von Explosionen, hervorgerufen durch die Ausdehnungskraft der Luft und die Reaktion der Glottis, produziert die Stimme.“ [44].

1855 gelang es ihm, seinen eigenen Kehlkopf mit einem Zahnarztspiegel zu sehen und die Bewegungsabläufe beim Singen zu beobachten. Dadurch war es ihm möglich, die Wirkungsweise der Stimmbänder bei den einzelnen Stimmregistern und vieles mehr sorgfältig zu studieren [31].

Nach anfänglich ausbleibendem Interesse an Garcias Erfindung wurde die Methode in den Jahren 1857/1858 durch Ludwig Türck (1810–1868) und Johann Nepomuk Czermak (1828–1873) erneut aufgegriffen und weiterentwickelt. Die beiden Ärzte waren damit die Begründer der Laryngologie. Obwohl der Neurologe Türck als erster Arzt systematische Kehlkopfspiegeluntersuchungen durchführte, kam ihm der Physiologe Czermak mit einer ersten Veröffentlichung zuvor. Daraufhin entbrannte zwischen Beiden ein heftiger, öffentlich ausgetragener Streit um die Priorität. Czermak betonte aber immer wieder, dass die eigentliche Anerkennung für die Erfindung des Prinzips der Kehlkopfspiegelung Liston und Garcia zukomme. Heute gilt Manuel Garcia als Erfinder der Laryngoskopie. Der Prioritätenstreit hatte indessen zur Folge, dass die neue Methode von der Fachwelt lebhaft aufgegriffen wurde [31, 32].

Im Jahr 1968 konstruierten Sawashima und Hirose ein flexibles Laryngoskop, um eine einfachere und bessere Betrachtung der Phonation sowie des Schluckaktes zu ermöglichen. Diesen Vorteilen stand jedoch mit dem Problem der mangelnden Beleuchtung ein gravierender Nachteil entgegen. Um den Mund- und Rachenraum besser ausleuchten und damit klarere und detailreichere Bilder erhalten zu können, kombinierten Gould und Andrews 1973 bzw. 1977 ein starres Laryngoskop mit einem Lichtleiter. Durch die Kombination mit einer Videokamera schaffte Yanagisawa 1981 erstmals die Möglichkeit der Dokumentation der Befunde [1, 26].

Das Verfahren der Stroboskopie wurde 1960 durch Schönhärl und 12 Jahre später durch Wendler beschrieben. Dadurch war es erstmals möglich, den Schwingungsablauf in Zeitlupe zu beobachten. Heute besitzt dieses Verfahren eine weite Verbreitung und hat einen hohen Stellenwert, insbesondere in der Diagnostik von funktionellen aber auch organischen Stimmstörungen [1, 26].

1.3 Physiologie des Larynx

Der Larynx ist an der Kreuzungsstelle zwischen Atem- und Schluckweg positioniert [25]. Er bildet als Teil des Atemtrakts den Eingang vom Rachen zur Luftröhre [29, 142].

Seine intakte Funktion ermöglicht die Primärfunktionen der Respiration und Deglutition sowie die phylogenetisch jüngere Sekundärfunktion der Phonation [25].

Die Schutzfunktion des Larynx sorgt dafür, dass der Bolus nicht in die Luftröhre gelangt, indem beim Schlucken der Kehlkopf nach vorne oben gezogen und damit der Kehlideckel verschlossen wird. Darüber hinaus regulieren die Stimmlippen beim Menschen und anderen Säugetieren den Strom der Atemluft und erzeugen durch ihre Schwingungen Töne bzw. die menschliche Stimme [29, 163].

Bei Beeinträchtigung der Primärfunktionen kann es zu lebensbedrohlichen Folgen wie Dyspnoe oder Aspirationspneumonie kommen. Bei Beeinträchtigung der Sekundärfunktion ist eine Einschränkung der Kommunikationsfähigkeit durch Dysphonie oder Aphonie möglich [25].

1.3.1 Phylogenese, Ontogenese

Im Rahmen der Evolution der Wirbeltiere deszendierte der Kehlkopf und wurde von einem primären Verschlussorgan bei den Tieren zu einem stimmbildenden Organ beim Menschen [18]. Durch die Larynxdeszension entstand supraglottisch der für die Stimmbildung bedeutende Pharynx, der zusammen mit Mund und Nasenhöhle den Vokaltrakt (Ansatzrohr) bildet. Die funktionellen Anforderungen an die Kreuzungsstelle zwischen Atem- und Schluckweg wurden beim Menschen höher [25, 88, 164].

Embryonal entsteht der Larynx aus dem 4. Kiemenbogen. Für weitere Einzelheiten sei an dieser Stelle auf die einschlägige Literatur verwiesen [123, 132].

1.3.2 Funktionelle Anatomie

Der Larynx ist in einem ausgewogenen muskuloskelettalen System elastisch aufgehängt und besteht aus einem knorpelig-knöchernem Stützgerüst, elastischen Membranen und Bändern, Gelenken, Muskulatur, Nerven, Gefäßen und Schleimhaut [25].

Das Stützgerüst des Kehlkopfes besteht aus dem größeren Schildknorpel (Cartilago thyroidea), der beim Mann die Prominentia laryngea (Adamsapfel) bildet, dem darunter befindlichen Ringknorpel (Cartilago cricoidea), welcher die Basis und Stütze des gesamten Larynx darstellt, und zwei spiegelsymmetrisch angeordneten kleinen Aryknorpeln (Cartilagine arytaenoideae), die der

Hinterseite des Ringknorpels gelenkig aufsitzen. Weiterhin gehören die Cartilagine corniculatae und cuneiformes, das Zungenbein (Os hyoideum) sowie die Epiglottis (Cartilago epiglottica), die den Kehlkopfeingang gegen den Rachen verschließt, zum laryngealen Stützgerüst [25, 163].

Muskeln, Bänder und Membranen verbinden die Anteile des Kehlkopfskelettes miteinander.

Zwischen der Vorderkante des Schildknorpels und den vorderen Ansätzen der Ary-Knorpel sind die Stimmlippen als eine Falte in der auskleidenden Schleimhaut angeordnet.

Der Conus elasticus, eine Membran deren freie Ränder das Lig. vocale bilden, ist aus kollagenen und elastischen Fasern aufgebaut. Diese Bindegewebsfasern beeinflussen das Schwingungsverhalten der Stimmlippen. Die Krikoarytänoidgelenke (Art. cricoarytaenoideae) vermitteln die Stimmlippenab- und -adduktion, also die respiratorische Motilität des Kehlkopfes. Die Krikoarytänoidgelenke bewirken bei Kontraktion der Mm. cricothyroidei eine Annäherung des Ringknorpels an den Schildknorpel, die zu einer vermehrten Spannung der Stimmlippen führt [25, 82, 142].

Während die außen ansetzenden Muskeln den Kehlkopf im Hals verankern, verbinden die inneren Muskeln die Knorpel miteinander. Beide Gruppen wirken entscheidend bei der Stimmbildung mit [139].

Die oberen und unteren Zungenbeinmuskeln und der untere Schlundschnüerer dienen der Hebung, Senkung und Fixierung des Larynx und werden im Allgemeinen der äußeren Kehlkopfmuskulatur zugeordnet [49]. Man unterscheidet funktionell Schildknorpelheber (z.B. Mm. stylopharyngeus, constrictor pharyngis inf.), Schildknorpelsenker (z.B. M. sternothyroideus), Zungenbeinheber (z.B. Mm. stylohyoideus, digastricus, geniohyoideus, constrictor pharyngis med.) und Zungenbeinsenker (z.B. Mm. sternohyoideus, omohyoideus).

Der äußere Kehlkopfmuskel M. cricothyroideus nähert visierartig den Schildknorpel dem Ringknorpel und bewirkt die Grobspannung der Stimmlippen [25].

Die inneren Kehlkopfmuskeln verengen oder erweitern den Raum zwischen den Stimmlippen, spannen oder entspannen die Stimmlippen und verändern ihre Form [177]. Sie können funktionell eingeteilt werden in Stimmlippenschließer / Adduktoren (M. cricoarytaenoideus lateralis, M. arytaenoideus transversus und obliquus), Stimmlippenöffner / Abduktoren (M. cricoarytaenoideus posterior) und Stimmlippenspanner / Tensoren (M. thyroarytaenoideus (M. vocalis)) [36].

Der M. vocalis, der aus dem tiefen Anteil des M. thyroarytaenoideus gebildet wird, ist der muskuläre Bestandteil der Stimmlippe, der die Feinspannung der Stimmlippe reguliert. Die Spannung der Stimmlippe durch den M. vocalis ist eine isometrische Kontraktion. Je nach Bedarf beteiligen sich mehr oder weniger Muskelbündelchen, wodurch sich die Dicke der Stimmlippe verändert [25].

Sowohl die motorische als auch die sensible Innervation des Larynx wird durch den N. vagus sichergestellt [82, 141].

Die Schleimhaut des Kehlkopfes besteht aus mehrreihigem Flimmerepithel der Luftwege, das Becherzellen enthält (respiratorisches Epithel) und eine rosa Farbe aufweist. Da die Stimmlippen einer erhöhten Beanspruchung durch Kontakt und Vibrationen standhalten müssen, sind diese von einem mehrschichtigen, unverhornten Plattenepithel bedeckt, das weißlich imponiert [67, 178].

Die paarig angelegten Stimmlippen stellen keine homogene, einheitlich schwingende Struktur dar, sondern sind mit biomechanisch verschieden reagierenden Schichten sehr geordnet aufgebaut. Sie setzen sich aus der Mucosa (Epithel mit Lamina propria) und dem M. vocalis zusammen. Die Lamina propria besteht aus 3 Schichten: die superfizielle Schicht aus lockerem Bindegewebe (= Reinke-Raum), die intermediäre Schicht aus elastischen

Fasern und die tiefe Schicht aus überwiegend kollagenen, aber auch elastischen Fasern. Die intermediäre und tiefe Schicht der Lamina propria bilden das Lig. vocale, das eigentliche Stimmband [25].

Mucosa, Lig. vocale und M. vocalis beteiligen sich in Abhängigkeit vom Spannungszustand der Stimmlippen unterschiedlich am Schwingungsablauf [13]. Der Versuch, die bindegewebigen Strukturen der Stimmlippe systematisch zu gruppieren, führte zur Entwicklung des „Body-Cover-Modells“. Es teilt die fünf Schichten der Stimmlippe funktionell in drei Schichten ein: Die erste Schicht (cover) ist die Schleimhaut mit Epithel und der oberen Schicht der Lamina propria, die zweite Schicht (transition) ist die Übergangsschicht, das Stimmband, das aus den elastischen und kollagenen Fasern der mittleren und tiefen Schicht der Lamina propria gebildet wird, und die dritte Schicht (body) ist schließlich der Musculus vocalis [56, 100]. Hirano beschrieb anhand des „Body-Cover-Modell“, dass die Verschiebbarkeit der unterschiedlichen Schichten gegeneinander die Voraussetzung für die Entstehung der Randkantenverschiebung bildet [42, 56].

Epithel		Schleimhaut	Cover
Lamina propria	Obere Schicht	Schleimhaut	Cover
	Mittlere Schicht	Stimmband	Transition
	tiefe Schicht	Stimmband	Transition
Musculus vocalis		Muskel	Body

Tab. 1.01 – Schichtenaufbau der Stimmlippen und funktionelle Einteilung nach dem Body-Cover-Modell [53, 72]

Über den Stimmlippen finden sich beidseits die Taschenfalten, die auch als „falsche Stimmbänder“ bezeichnet werden. Unter bestimmten krankhaften Umständen werden die Taschenfalten zur Stimmbildung verwendet, was eine rau und gepresst klingende, so genannte Taschenfaltenstimme zur Folge hat [56].

1.3.3 Atmung

Die wichtigsten Muskeln beim Einatmen sind das Zwerchfell, das sich unter dem Brustkorb kuppelförmig nach oben wölbt und die äußeren Zwischenrippenmuskeln. Bei der Inspiration erweitert sich der Brustraum durch die aktive Senkung des Zwerchfells und durch die Kontraktion der äußeren Zwischenrippenmuskeln, welche die Rippen und den Brustkorb anheben. Damit vergrößert sich das intrathorakale Volumen. Durch den Zug auf das Lungengewebe entsteht ein Unterdruck in der Lunge, was zu einem Einströmen der Luft führt. Die Außenluft strömt so lange ein, bis es zu einem Luftdruckausgleich kommt. Ist dieser erreicht, ist die Einatmungsphase beendet.

Bei der Expiration entspannen sich das Zwerchfell und die äußere Zwischenrippenmuskulatur. Die inneren Zwischenrippenmuskeln kontrahieren, wodurch die Rippen zusammengezogen werden. Zusätzlich sinkt der Thorax durch seine eigene Schwere ein. Dies evoziert eine Verengung des Brustraumes und eine Verkleinerung des intrathorakalen Volumens. Der entstehende Überdruck in den Lungenräumen wird durch das Ausströmen der Luft während der Expiration ausgeglichen, so dass eine Luftströmung durch die Luftröhre, den Kehlkopf und den Nasen- und Rachentrakt entsteht [72, 163]. Neben der primären Aufgabe der Atmung, dem Gasaustausch, wird der Ausatemstrom auch zur Stimmgebung genutzt, was sich in der Unterscheidung zwischen Ruheatmung und Sprechatmung widerspiegelt [72, 143].

Die Ruheatmung findet in Situationen ohne Belastung statt. Bei dieser Atemart verläuft die Ausatmung passiv und die Ein- und Ausatemphase stehen im Verhältnis 1:1,5. Es wird durch die Nase geatmet und es dehnen sich die Atemräume in Brust-, Bauch- und Flankenbereich bis hin zum costoabdominalen Bereich aus. Die Luftströmung durch Luftröhre, Kehlkopf und Nasen- und Rachentrakt wird hierbei nicht unterbrochen, jedoch kann durch Änderungen der Glottisweite der Atemwiderstand gesteuert werden [25, 72, 143].

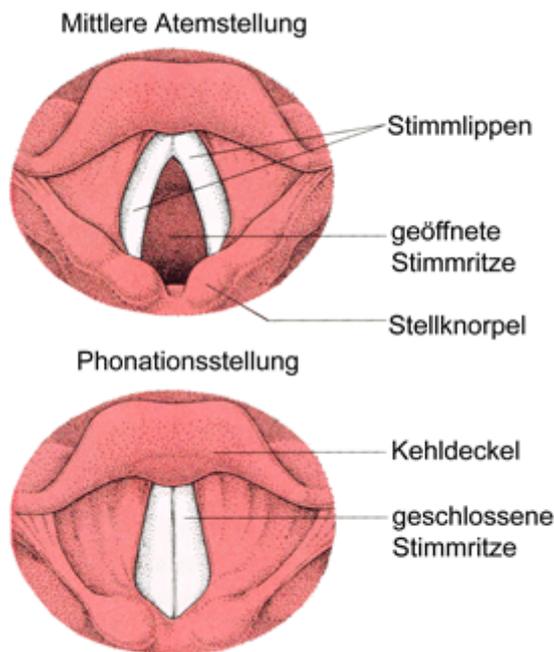
Bei der Sprechatmung hingegen ist die Ausatemphase gegenüber der Einatemphase stark verlängert. Hier erfolgt eine Mischung aus Nasen- und Mundatmung. Der Mensch steuert also bewusst, wie viel Luft er während des Sprechens abgibt. Dabei ist eine genaue Dosierung der Atemluft und der Stimmlippenspannung sehr wichtig, um eine ökonomische Sprechweise zu erlangen [25, 72, 143].

1.4 Stimmerzeugung

Die Stimmbildung ist die phylogenetisch jüngste Funktion des Larynx. Voraussetzung für die stimmgebende Funktion des Kehlkopfes waren seine Abtrennung vom Schädelskelett, seine Deszension mit konsekutiver Vergrößerung des Ansatzrohres, die Verlängerung der Pars membranacea der Glottis durch Reduktion der Aryknorpelgröße sowie die Verkleinerung der motorischen Einheiten des M. vocalis [25, 51].

Die menschliche Stimme wird durch das Zusammenspiel des Atemapparates, der beiden Stimmbänder im Kehlkopf und des Ansatzrohres erzeugt [25].

Der Spalt zwischen den Stimmlippen wird als Stimmritze (Rima glottidis) bezeichnet. Beim Atmen sind die Stimmlippen weit geöffnet, wodurch die Stimmritze eine charakteristische dreieckige Form erhält (Respirationsstellung). In der so genannten Phonationsstellung verschließen die angespannten Stimmbänder die Luftröhre bis auf einen kleinen Spalt [56]. Bevor ein Ton jedoch einsetzt, berühren sich die Stimmfalten auf ganzer Breite und die Stimmritze ist geschlossen [139].

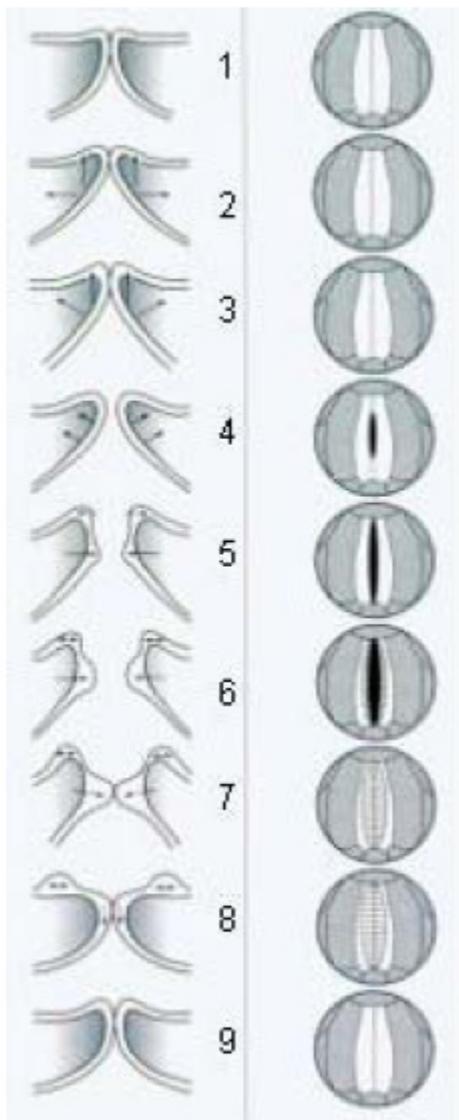


(adaptiert nach Raichle)

Abb. 1.01 – Darstellung der Atem- und Phonationsstellung der Stimmlippen [56]

Die heute gültige Theorie der Stimmerzeugung ist die myoelastisch-aerodynamische Phonationstheorie. Demnach werden die Stimmlippenschwingungen durch das Anblasen mittels Atemluft in der Phonationsstellung hervorgerufen. Die Stimmlippen sind ein mehrschichtiges Vibrationssystem mit passiven, vom Luftstrom bewirkten Vibrationen bei muskulär regulierter Elastizität. Nachdem die Stimmlippen durch aktive Bewegung der inneren Kehlkopfmuskulatur von der Respirations- in die Phonationsstellung (Glottisschluss) gebracht wurden, wird ein subglottischer Luftdruck aufgebaut, der die Stimmlippen öffnet, sobald dieser Druck den Glottiswiderstand übersteigt. Hierbei werden allerdings zunächst die Stimmlippen lediglich an ihren Unterkanten auseinandergedrückt. Erst wenn der Luftstrom den elastischen Widerstand vollständig überwunden hat, öffnet sich die Stimmritze komplett. Myoelastische Rückstellkräfte der Kehlkopfmuskeln und aerodynamische Kräfte führen zu einem erneuten Verschluss der Glottis. Dies ist mit Hilfe des Bernoulli-Effektes zu erklären, wonach die schnelle Luftströmung durch die Glottis zu einer Sogwirkung zwischen den Stimmlippen führt. Infolgedessen sowie durch Nachlassen des Luftdruckes unterhalb des Kehlkopfes beginnen die Stimmfalten sich wieder zu schließen – an den

unteren Kanten treffen sie bereits aufeinander, während sie an den oberen noch auseinanderweichen. Diese Verengung vermindert den Durchstrom bis schließlich auch die Oberkanten in die Kontaktposition zurückspringen und die Stimmritze geschlossen wird. Dieser Vorgang wiederholt sich und führt zu periodischen Verdichtungen und Verdünnungen der Luftsäule. Dies entspricht physikalisch einer Schallwelle, bzw. dem primären Kehlkopfklang. Bei diesem Vorgang ist von entscheidender Bedeutung, dass der untere Bereich der Stimmfalten sich immer etwas früher als der obere zu öffnen und zu schließen beginnt. So wird die Schleimhaut auf den Kanten in eine Wellenbewegung versetzt [13, 25, 139].



Erläuterungen zu Abb. 1.02:

1. Ausgangsstellung in der Schlussphase
2. Beginn der Bewegung nach oben und Aufwulstung der Stimmbandränder
3. Ende der Berührung und Beginn der explosionsartigen Öffnung
4. Auseinanderweichen der Stimmbandränder nach oben seitwärts
5. Größte Öffnungsweite und Bildung einer subglottischen Randpartie
6. Beginn der Schlussphase. Sichtbarwerden der subglottischen unteren Randkanten (schräg schraffiert), wobei die oberen RK weiter nach lateral abweichen. Der Raum zwischen beiden Randkanten ist konkav ausgehöhlt
7. Berührung und Schließung der unteren Randkanten (schräg schraffiert) bei weitester Amplitude der oberen Randkanten
8. Während die Masse der Stimmlippen nach unten sinkt, vollzieht sich, scheinbar nach oben abrollend, der Glottisschluss (waagrecht schraffiert), und der Wulst der oberen RK verstreicht nach lateral und medial
9. Völliger Verschluss und damit Rückkehr in die Ausgangsstellung

Abb. 1.02 – Schematische Darstellung der Randkantenverschiebung [25]

Der bei der Phonation entstehende Schwingungsablauf ist komplex und mehrdimensional, jedoch präzise steuerbar. Bei einer kompletten Schwingung setzen sich die Stimmlippenschwingungen aus 3 Bewegungskomponenten zusammen: horizontale Schwingung von median nach lateral, vertikale Bewegung von kaudal nach kranial und wellenförmige Bewegung der Stimmlippenschleimhaut um den freien Stimmlippenrand, die sog. Randkantenverschiebung. [25]

Die Stimmlippenschwingungen werden durch den subglottischen Druck sowie durch die viskoelastischen Eigenschaften, die Masse, die Länge und die

Spannung der verschiedenen Schichten erzeugt und hängen außerdem von der Stimmlippenstellung und der Kehlkopfkonfiguration ab [34]. Der Schwingungsablauf ändert sich bei Variation der Tonhöhe und Lautstärke. Mit steigender Tonhöhe kommt es zu einer vermehrten Spannung der Stimmlippen durch aktive Kontraktion der äußeren und inneren Kehlkopfmuskulatur. Die Schwingungsamplitude und die Randkantenverschiebung nehmen hier ab, die Schwingungsfrequenz nimmt zu, die Stimmlippen zeigen sich langgezogen, schmal und stark gespannt und der Glottisschluss erfolgt lediglich verkürzt oder unvollständig. Bei tiefer, lauter Phonation imponieren die Stimmlippen kurz, plump und wenig gespannt. Des Weiteren sind die weitesten Amplituden und Randkantenverschiebungen (RKV) mit einem vollständigen Glottisschluss zu sehen. Die Produktion hoher Töne ist somit mit einer vermehrten muskulären Anspannung verbunden. Dadurch schwingt bei hohen Frequenzen nur der Rand der Stimmlippe, wohingegen bei der Phonation tiefer Töne die gesamte Stimmlippe in Schwingungen versetzt wird. Mit zunehmender Lautstärke dauert der Glottisschluss länger an als die Glottisöffnung. Außerdem werden mit zunehmender Intensität die Amplituden und Randkantenverschiebungen deutlicher [25].

Da der Larynx mit den Stimmlippen beim Menschen etwas tiefer liegt als bei anderen Säugetieren, wird durch den darüber liegenden Raum eine Manipulation der Töne – und damit Sprache – erst möglich [49].

Die Stimmfalten selbst erzeugen beim Vibrieren lediglich den sog. primären Kehlkopfklang, aus dem erst im Ansatzrohr die verschiedenen Sprachlaute gebildet werden, wobei unter anderem die Stellungen von Zunge, Gaumen, Gaumensegel und Lippen mitwirken [139].

Unter dem Ansatzrohr versteht man die Resonanzräume, also die lufthaltigen Räume oberhalb der Stimmlippen, welche den supraglottischen Raum, die Mundhöhle und den Nasenraum sowie den Rachen und die Nasennebenhöhlen einschließen [180]. Durch die Nutzung der Resonanzräume erhält die Stimme ihren persönlichen Klang und ihre Fülle, das sog. Timbre. Dieses ist zusätzlich abhängig von den individuellen anatomischen Gegebenheiten einer Person.

Nicht nur das Ansatzrohr dient als sog. Resonator, sondern auch die umliegende Muskulatur und Knochen können in Schwingungen versetzt werden. Dabei wirkt der Körper wie ein Verstärker. Je besser ein Ton verstärkt wird, desto lauter, fülliger und resonanter klingt er. Dabei wird eine gute Schwingungsfähigkeit des Körpers durch eine lockere Muskelspannung erzielt. Zudem stellt die Weite der Kieferöffnung einen wichtigen Faktor für die Tragfähigkeit der Stimme dar [49, 180].

Die Codierung für eine Lautäußerung – sozusagen die Idee dafür – entsteht in der Hirnrinde. Entsprechende Befehle gelangen von dort zu motorischen Neuronen in Hirnstamm und Rückenmark, die ihrerseits komplexe, äußerst fein koordinierte Signalmuster zur Kehlkopf-, Brust- und Bauchmuskulatur sowie an alle an der Artikulation beteiligten Muskeln im Stimmtrakt weiterleiten.

Über Nervenbahnen erhält das Gehirn auch Rückmeldungen über die Lautbildung. Das Ohr vermittelt der Hirnrinde über den Hirnstamm Informationen, ob der erzeugte Klang der Intention entspricht. Dieses Feedback sowie die taktilen Rückmeldungen von Kehlkopf und Muskulatur dienen der Feinregulation der Stimme [139].

1.5 Stimmstörungen

Eine gesunde Stimme ist durch gleichmäßige Stimmlippenschwingungen und einen vollständigen Glottisschluss gekennzeichnet. Dies wird erst durch das korrekte Zusammenspiel einer Vielzahl von Kehlkopfmuskeln und Nerven ermöglicht. Bereits kleinste organische Veränderungen oder Störungen des Funktionsablaufes können sich auf die Qualität der Stimme auswirken [59].

Stimmstörungen treten auf, wenn die Schwingungsfähigkeit der Stimmlippen und der Stimmlippenschluss gestört sind. Dysphonie ist der Überbegriff für alle Arten von Stimmstörungen [36, 180].

Eine Stimmerkrankung oder -störung äußert sich im Wesentlichen durch eine eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Stimme, verbunden mit einer vorübergehenden oder andauernden Veränderung des Stimmklanges. Diese Klangveränderung macht sich hauptsächlich als eine Beimischung von Geräuschanteilen im Stimmklang bemerkbar, was als Heiserkeit bezeichnet wird [112, 180].

Nach der Definition der Union Europäischer Phoniater ist „die Heiserkeit [...] eine ausschließlich durch anatomische Veränderungen der Stimmlippen, durch Ungleichmäßigkeiten der Stimmlippenränder, durch die Irregularität der Stimmlippenschwingungen oder durch Insuffizienz des Stimmritzenschlusses zustande gekommene pathologische Klangveränderung der Stimme, die im akustischen Bild durch Aperiodizität der Grundfrequenz und der harmonischen Obertöne bzw. durch Turbulenzgeräusche charakterisiert ist“ [98].

Zu dieser Definition ist anzumerken, dass anatomische Veränderungen der Stimmlippen sowie Ungleichmäßigkeiten der Stimmlippenränder als ursächliche, ätiologische Kriterien aufzufassen sind, während Irregularitäten der Stimmlippenschwingungen sowie Insuffizienzen des Stimmritzenschlusses die Pathogenese sowohl organischer als auch funktioneller Ursachen der Heiserkeit kennzeichnen [117].

Unabhängig von einer solchen Diskussion ist Heiserkeit ein Merkmal für die Stimmqualität. Sie ist relativ einfach auditiv wahrnehmbar und klassifizierbar [2, 117].

Dabei können die Klangfarbe, die Tonhöhe und die Lautstärke vom Betroffenen nur in geringem Umfang variiert werden. Der Sprechende fühlt sich unwohl, er hat das Gefühl von Trockenheit und räuspert sich zwanghaft. Dieser erhöhte Stimmdruck verstärkt die Stimmbeeinträchtigung [8].

Neben den beiden Hauptsymptomen der Dysphonie (gestörter Stimmklang (Heiserkeit) und eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Stimme) gibt es eine Vielzahl fakultativer Symptome, wie beispielsweise Missempfindungen und Trockenheit im Halsbereich, Schluckzwang, Verschleimung, Druckgefühl und Hustenreiz [36].

Charakteristika der normalen und der gestörten Stimme (nach Habermann)		
Charakteristika	normal	krankhaft
Qualität	klar, kräftig	rau, heiser, belegt, matt, verhaucht, kehlig, nasal
Mittlere Sprechstimmlage	dem Alter und Geschlecht entsprechend	zu tief oder zu hoch
Stimmumfang	weit und beweglich, der Situation angepasst	eintönig, eingeschränkt, oder aber übertrieben weit
Stimmstärke	müheless im Wechsel von laut zu leise	schwach, dünn; oder überwiegend zu laut, überhaupt nur laut
Leichtigkeit der Stimmproduktion	Gefühl, unbeschwert zu sein beim Singen und Sprechen	Ermüdungsgefühl bei längerem Singen und Sprechen
Resonanz	wohlklingend	flach (zu geringe Resonanz); nasal (zu viel Resonanz)
Atmung	freie, überwiegend Bauchatmung	Hochatmung (claviculär); zu langes Sprechen auf einen Atemzug; oberflächliche, geräuschhafte Einatmung
Sprechgeschwindigkeit (zur Ökonomie der Atemabgabe)	unauffällig, mit Sinnpausen	zu langsam oder zu schnell
Stimmeinsätze	weich bis mäßig hart	sehr hart (Glottisschlag); undicht ("wilde Luft")
Ablauf der Stimmleistung	gleichmäßig, in allen Qualitäten dem Zweck angepasst	Abbrechen der Stimme zum Falsett oder zum Flüstern; schwankend oder tonlos

Tab. 1.02: Charakteristika der normalen und der gestörten Stimme (nach Habermann) [49]

Akustisch liegt der Hörempfindung „Heiserkeit“ eine Beimischung von Geräuschanteilen zum Klangspektrum der Stimme zugrunde.

Für die Entstehung dieser Geräuschanteile im Kehlkopf gibt es zwei Ursachen: zum einen entstehen sie, wenn die Glottisschwingungen nicht mehr regelmäßig (periodisch), sondern unregelmäßig (aperiodisch) ablaufen und zum anderen durch das Entweichen von Luft durch die Glottis bei unvollständigem Glottisschluss, was ein Strömungsgeräusch nach sich zieht [36].

Diese Schwingungsunregelmäßigkeiten und die dadurch bedingten Stimmstörungen können sehr unterschiedliche Ursachen haben. Entzündungen, Lähmungen sowie Kehlkopfverletzungen und Kehlkopfkrebs sind als organische Ursachen zu nennen. In seltenen Fällen liegen angeborene Fehlbildungen des Kehlkopfes vor [8]. Funktionelle Dysphonien können beispielsweise die Folge einer Überlastung durch übermäßigen Stimmgebrauch oder durch Sprechen im Umgebungslärm sein. Ausübende eines Sprechberufes, wie Lehrer oder Prediger, sind als Risikogruppe zu nennen [111, 180].

Stimmveränderungen treten darüber hinaus bei hormonellen Veränderungen auf, zum Beispiel in Pubertät oder Menopause, und sind dabei physiologisch. Darüber hinaus beeinflusst die psychische Verfassung die Stimme. Beispielsweise können sich traumatische Erlebnisse in einem Verlust der Stimme niederschlagen [8].

1.5.1 Einteilung der Dysphonien

Als Dysphonie bezeichnet man folglich Abweichungen verschiedener Stimmparameter von der Normstimme. Diese Störungen können primär funktionell oder primär organisch begründet sein und separat auftreten. Es können sich jedoch auch – unabhängig von der ursprünglich auslösenden Ursache – sekundäre Störungen ausbilden.

Oft kommt es jedoch infolge einer primären organischen Veränderung zu Störungen oder zu funktionellen Kompensationsversuchen. Beispielsweise können bei funktionellen Stimmstörungen sekundär-organische Veränderungen und bei organischen Störungen sekundär-funktionelle Begleitkomponenten entstehen. So kann eine organische Kehlkopferkrankung (z.B. eine Kehlkopferentzündung) zum Aufbau einer funktionellen Störung führen, die dann ihrerseits die Stimmstörung aufrechterhalten. Umgekehrt kann eine primär funktionelle Krankheitsursache (z.B. eine Stimmüberlastung) zur Entstehung sekundärer organischer Veränderungen am Kehlkopf (z.B. Stimmlippenknötchen) führen.

Zur Komplexität des Krankheitsgeschehens trägt weiterhin bei, dass sich die Störungen zusätzlich gegenseitig beeinflussen können [36, 135].

Funktionelle Dysphonien sind nicht permanent und treten je nach dem Grad der Beanspruchung der Stimme in unterschiedlicher Intensität auf [135].

1.5.1.1 Primär Organische Dysphonien

Organischen Stimmstörungen liegt eine morphologische Veränderung im Bereich des Kehlkopfes oder eine Beeinträchtigung der Nervenversorgung zugrunde [179].

Die Ursachen dieser Veränderungen sind sehr vielseitig und können traumatisch, infektiös, allergisch, angeboren oder genetisch bedingt sein oder durch Nikotin- und Alkoholgenuss ausgelöst werden. Sie führen zu einer Beeinträchtigung der Stimmlippenfunktion und folglich zu einer akustisch wahrnehmbaren Heiserkeit.

Organische Stimmstörungen können auch aus unphysiologischem Stimmgebrauch und somit aus funktionellen Dysphonien resultieren. Ist eine funktionelle Störung die Ursache für das Entstehen einer organischen

Veränderung, wird diese als sekundär organisch bezeichnet. Dies ist häufig bei gutartigen Neubildungen der Fall [135, 179].

Die Gruppe der primär organischen Dysphonien umfasst eine Vielzahl von Erkrankungen. Unter anderem können dies Fehlbildungen (dysplastische Dysphonien) des Kehlkopfes, Traumata, Stimmlippenpolypen sowie Kehlkopflähmungen und -tumore sein. Die häufigste Ursache von Heiserkeit stellen allerdings die Entzündungen des Kehlkopfes dar [13, 179, 180].

1.5.1.2 Funktionelle Dysphonien

Bei rein funktionell bedingten Stimmstörungen ist definitionsgemäß trotz eingeschränkter Funktionsfähigkeit der stimmbildenden Organe der morphologische Kehlkopfbefund regelrecht. Der Stimmklang ist jedoch beeinträchtigt und es können Einschränkungen der stimmlichen Belastbarkeit sowie subjektive Missempfindungen auftreten [34, 113, 179].

Als Ursache wird von allen Autoren ein multifaktorielles Geschehen angenommen, in welchem sich konstitutionelle, habituelle, phonogene, somatogene, psychogene und symptomatische Faktoren (vgl. Tab. 1.03) wechselseitig beeinflussen und in ihrem Zusammenspiel eine funktionelle Stimmstörung auslösen können [13, 36, 179, 180].

Faktoren zum Auslösen einer funktionellen Dysphonie	
Konstitutionell	<ul style="list-style-type: none"> • körperliche Anlage (Körpertyp und -größe) • Ausbildung und Funktion des Stimmapparates (Größe und Form des Kehlkopfes/Ansatzrohres, Masse der Stimmlippen) • Persönlichkeitsstruktur (psychische Belastbarkeit) • Wahrnehmungsvermögen (vor allem auditiv – Unmusikalität)
Habituell	<ul style="list-style-type: none"> • falsche Phonationsabläufe/„Stimmtechnik“ (unphysiologischer Stimmgebrauch, inadäquate mittlere Sprechstimmlage, Überschreiten des Stimmumfanges, häufiges Räuspern, harte Vokaleinsätze)
Ponogen	<ul style="list-style-type: none"> • stimmliche Überanstrengung durch zu langes oder zu lautes Sprechen und/oder Singen
Organisch	<ul style="list-style-type: none"> • Innerhalb des Stimmapparates (z.B. akute Laryngitis) • Außerhalb des Stimmapparates (z.B. reduzierter Allgemeinzustand)
Symptomatisch	<ul style="list-style-type: none"> • schwere Allgemeinerkrankung/Grundkrankheit (z.B. Tumore, Diabetes mellitus) • symptomatische Dysphonie ist fast immer hypofunktionell
Psychogen	<ul style="list-style-type: none"> • psychische Fehlhaltung • Konflikte • Neurotisierung • psychosozialer Stress • psychophysische Leistungsfähigkeit

Tab. 1.03: Faktoren zum Auslösen einer funktionellen Dysphonie [10, 179, 180]

Im Erscheinungsbild fallen die primär funktionellen Dysphonien durch eine verstärkte oder verminderte muskuläre Spannung auf, weshalb neben vielfältigen anderen Klassifikationen nach der klassischen, symptomatisch orientierten Einteilung zwischen hyper- und hypofunktioneller Dysphonie unterschieden wird [179].

Die hyperfunktionelle Dysphonie stellt die häufigste Manifestationsform dar. Ihre Ursache liegt häufig an einer stimmlichen Überlastung oder Fehlbelastung. Insgesamt wird ein überhöhter Kraftaufwand bei der Phonation eingesetzt. Das Kardinalsymptom ist die von der Stimmbelastung abhängige und in ihrer Intensität schwankende Heiserkeit. Der Stimmklang ist belegt, rau, knarrend, gepresst und heiser. Die hyperfunktionelle Dysphonie ist weiterhin gekennzeichnet durch häufigen Räusperzwang sowie Trockenheit im Rachenbereich, Fremdkörpergefühl im Hals, Hochatmung und erhöhten Körpertonus. Auch das Hervortreten der Halsvenen durch eine vermehrte Anstrengung kann beobachtet werden [36, 180].

Stroboskopische Befunde allein genügen zwar nicht zur Differenzierung zwischen den funktionellen Dysphonien, jedoch sprechen verkürzte Schwingungsamplituden, verlängerte Schlussphasen, verminderte RKV sowie Schwingungsunregelmäßigkeiten tendenziell eher für eine hyperfunktionelle Dysphonie. Auf der Grundlage dieser Stimmstörung können sich sekundär Hyperämien, Stimmlippenknötchen oder Randkantenödeme bilden. Personen, die beruflich bedingt einer besonders hohen Sprechbelastung ausgesetzt sind, wie Sänger und Schauspieler, aber auch Lehrer, Dozenten und Politiker, sind auffallend häufig infolge einer Stimmüberlastung von hyperfunktionellen Dysphonien betroffen. Sehr selten bildet sich bei ihnen ein hypofunktionelles Störungsbild aus. In beiden Fällen spricht man von der sog. Berufsdysphonie [13, 180].

Die hypofunktionelle Dysphonie ist seltener zu beobachten als die hyperfunktionelle Erscheinungsform. Sie kann unter anderem als Folge einer Stimmermüdung, als Kompensation einer chronischen Überbeanspruchung bei Glottisinsuffizienz oder bedingt durch allgemeine Erkrankungen, wie Altersschwäche und Kreislaufinsuffizienz auftreten. Das häufigste Symptom ist die Behauchtheit der Stimme, die durch das Entweichen „wilder Luft“ bei einem ansonsten leisen, matten, belegten und resonanzarmen Stimmklang verursacht wird. Auch die geringe Stimmintensität und ungenügende Steigerungsfähigkeit sowie ein zu geringer Muskeltonus fallen auf. Weitere Kennzeichen der

hypofunktionellen Dysphonie sind Ermüdungserscheinungen beim Sprechen, Trockenheitsgefühl und Halsschmerzen, ein insuffizienter Glottisschluss sowie eine flache Atmung. Wie bereits erwähnt, kann allein aufgrund der Stroboskopie keine verlässliche Diagnose gestellt werden. Erweiterte Schwingungsamplituden, verstärkte RKV, Schwingungsunregelmäßigkeiten sowie eine verkürzte Schlussphase können allerdings ein Hinweis auf eine mögliche hypofunktionelle Dysphonie sein [13, 36, 180].

So nimmt bei hyperfunktionellen Dysphonien die Heiserkeit bei zunehmender Lautstärke und damit bei Intensitätssteigerung zunächst zu und geht bei sehr hoher Intensität zurück. Im Gegensatz dazu nimmt der Grad der Heiserkeit bei hypofunktioneller Dysphonie durch die Intensitätssteigerung permanent ab.

1.5.1.3 Sekundär Organische Dysphonien

Eine starke und anhaltende Fehlfunktion der Stimme kann zu sekundär organischen Veränderungen am Kehlkopf führen. Sie haben zur Folge, dass sowohl die symmetrischen Stimmlippschwingungen als auch der vollständige Glottisschluss behindert sind.

Es werden hierbei im Wesentlichen die Formen Hyperämie, Stimmlippenknötchen, -polypen und -ödeme sowie Pachydermie und Kontaktulkus unterschieden [27, 180].

1.6 Untersuchungsmethoden

Eine intakte laryngeale Funktion ermöglicht eine suffiziente Respiration, ein aspirationsfreies Schlucken und eine sprachliche Kommunikation. Daher ist es unerlässlich, dass diagnostische Maßnahmen neben der Morphologie auch die Funktionsabläufe berücksichtigen. Dies erfordert neben einer morphologischen

auch eine dynamisch orientierte Diagnostik von Erkrankungen des Larynx bzw. von Beeinträchtigungen seiner physiologischen Funktionen [25].

1.6.1 Erhebung der Anamnese

Die Erhebung einer gezielten, gewissenhaften und fachlich fundierten Anamnese bildet die Grundlage jeder Stimmdiagnostik und ist unerlässlich zur Stellung eines Befundes.

Weiterhin wird der Patient nach seiner Musikalität, dem Gebrauch und der Belastung der Stimme, seiner Berufsausbildung und derzeit ausgeübten Tätigkeit sowie über allgemeine und eventuell familiär gehäuft aufgetretene Erkrankungen befragt.

Dabei kann der Arzt bereits während der Erhebung der Anamnese Aufschluss erhalten über Stimmklang, Sprech- und Ausdrucksweise sowie Mienenspiel und eventuell vorhandene periphere Verspannungen [13, 36, 179].

1.6.2 Beurteilung der Atmung

Des Weiteren sind Untersuchungen der aerodynamischen Funktionen des Stimmsystems aufschlussreich, denn Messungen von Luftreservoir und Kraft der Lunge sowie von Druck- und Strömungsverhältnissen im Kehlkopf spiegeln die Effizienz der Stimmfalten bei der Regulation des Luftstroms wider. Klinisch erfassbare aerodynamische Parameter sind die maximale Phonationsdauer, der glottale Luftstrom und der subglottische Druck [63, 100, 139, 156, 181].

1.6.3 Beurteilung des Kehlkopfes

Von eminenter Bedeutung ist auch die morphologische Untersuchung des Kehlkopfes. Hier wird zunächst die äußere Inspektion und Palpation

durchgeführt, wobei der Arzt unter anderem auf Bewegungen und Stellungsänderungen des Kehlkopfes beim Sprechen, auf Asymmetrien sowie Frakturen achtet [179].

Als Basisdiagnostik laryngealer Erkrankungen dient die indirekte Laryngoskopie.

Während sie früher ausschließlich mithilfe eines Kehlkopfspiegels durchgeführt wurde, verwendet man heutzutage vermehrt das Lupenlaryngoskop. Mit diesem starren Endoskop, welches mit einer Winkeloptik von 70° oder 90° ausgestattet ist, sind regelbare, bis zu sechsfache Bildvergrößerungen erreichbar. Dadurch wird dem Behandler eine deutlich bessere Beurteilung der anatomischen Gegebenheiten, der respiratorischen Stimmlippenmotilität und der Schleimhautbeschaffenheit ermöglicht. Indem der Patient „h!“ phoniert, richtet sich der Kehldeckel auf und die Stimmlippen gehen von der Respirationsstellung in die Phonationsstellung über. Auf diese Weise ist für den Untersucher der Bereich des Kehlkopfes einzusehen und es wird insbesondere der Blick auf die Stimmlippen ermöglicht [25, 36, 179, 180]. Kombiniert man diese Methode mit einer Videokamera, so bezeichnet man dies als Videoendoskopie. Hierdurch können die Befunde aufgezeichnet und gespeichert werden. Positiv an diesem Verfahren ist insbesondere, dass die Befunde im Anschluss an die Untersuchung auf einem Monitor betrachtet und somit dem Patienten visualisiert werden können [83, 179].

1.6.4 Visualisierung der Stimmlippenschwingungen

Funktionsstörungen der Stimmlippen können durch eine weitere optische Untersuchungsmethode diagnostiziert werden. Die Stroboskopie ermöglicht das Beobachten der oberflächlich schwingenden Schleimhaut auf der Stimmlippe während der Phonation, was Rückschlüsse auf funktionelle Stimmlippenveränderungen erlaubt [25, 83, 154, 159].

Die bei der Stimmgebung entstehenden Stimmlippenschwingungen erfolgen mit einer solch hohen Frequenz, dass sie für das menschliche Auge ohne besondere technische Hilfsmittel nicht erkennbar sind. Mit der Stroboskopie besteht die Möglichkeit, den Schwingungsablauf der Stimmlippen in scheinbarer Zeitlupe sichtbar zu machen. Hierfür wird die Glottis mit Hilfe eines Endoskops beobachtet und zugleich mit einem Blitzlicht beleuchtet, das eine Blitzfolgefrequenz aufweist, die leicht gegenüber der Stimmfrequenz verschoben ist. Dadurch lassen sich sämtliche Phasen der periodischen Stimmlippenschwingung im zeitverlangsamten Ablauf beobachten, so dass man einen Überblick über die dynamische Bewegung der Stimmlippen erhalten kann. Der Schwingungsablauf kann sowohl bei sichtbaren organischen Veränderungen als auch bei morphologisch unauffälligen Kehlkopfbefunden gestört sein [34].

Mit Hilfe der Stroboskopie ist es möglich, die Regelmäßigkeit der Schwingungen, ihre Amplitude sowie den Bewegungsablauf auf Symmetrie während der Öffnungs- und der Schließungsphase der Glottis zu untersuchen. Sie ist hilfreich bei der Früherkennung von Stimmlippeninfiltrationen (z.B. bei Tumoren und Entzündungen) sowie funktionellen Stimmstörungen. Darüber hinaus ist es häufig möglich, Diskrepanzen zwischen dem auffälligen auditiven Stimmbefund und dem mit der Lupenlaryngoskopie erhobenen regelrechten morphologischen Befund zu erklären [33, 34, 49, 161, 179].

Da derzeit in der Beschreibung stroboskopisch beurteilbarer Merkmale keine generelle Einigkeit besteht, ist es sinnvoll, ein einheitliches Bewertungssystem zu schaffen, um damit eine Vergleichbarkeit und Zuordnung der Befunde zu erreichen [34].

Als standardisierte Beurteilungskriterien schlugen Berger et al. [6] die Parameter „Amplitude“ (A), „Randkantenverschiebung“ (R), „Phase“ (P) sowie „Schlussphase“ (S) vor. Jeder der genannten Parameter wird zunächst entsprechend der Tabelle 1.04 einzeln beurteilt und bewertet. Die Symbole entsprechen dabei der abteilungsinternen Dokumentation stroboskopischer Befunde. Das Zeichen „+“ stellt einen unauffälligen Befund dar. Durch

Zusammenfassung aller stroboskopischen Merkmale zum sogenannten ARPS-Schema ergibt sich der in Tabelle 1.05 dargestellte jeweilige Schweregrad.

Schweregrad	0	1	2	3
Amplitude	+	gering erweitert ↑ gering verkürzt ↓	stark erweitert ↑↑ stark verkürzt ↓↓	stark seitendifferent
RKV	+	gering erweitert ↑ gering verkürzt ↓	stark erweitert ↑↑ stark verkürzt ↓↓	nicht vorhanden
Phase	+	Phasenverschiebung < 90° (Normal)	Phasenverschiebung > 90°	Phasenverschiebung = 180°
Schlussphase	+	vorhanden	verkürzt	keine

Tab. 1.04 – Bewertung der einzelnen stroboskopischen Merkmale des ARPS-Schemas [6]

Schweregrad	ARPS-Schema
0	Keine Auffälligkeit (normgerechte Befunde)
1	Geringe Auffälligkeit
2	Mittelgradige Auffälligkeit
3	Hochgradige Auffälligkeit

Tab. 1.05 – Einteilung in Schweregrade entsprechend des ARPS-Schemas [6]

Kritisch anzumerken zur Stroboskopie ist zum einen die Tatsache, dass beim Blick auf die Stimmlippen von oben nur ein Teil der vielen verschiedenen Schwingungsbewegungen beurteilt werden kann. Zum anderen kann sie nicht bei Patienten eingesetzt werden, die nicht in der Lage sind, einen Ton vorgegebener Tonhöhe mit relativ stabiler Grundfrequenz über einen bestimmten Zeitraum unter Endoskopiebetrachtung zu halten. Unter den

beschriebenen Umständen würde der Einsatz dieser Technik nicht zu auswertbaren Ergebnissen führen [34].

Um in dem beschriebenen Fall dennoch brauchbare Messergebnissen zu erhalten, lässt sich alternativ einerseits die Hochgeschwindigkeitsglottografie einsetzen, bei der die Schwingung mit mehreren Belichtungen bei jeder Periode der Stimmlippenschwingung abgebildet wird. Andererseits ermöglicht die Darstellung der Stimmlippenschwingungen mittels Hochgeschwindigkeitsfilm die Aufnahme von bis zu 10000 Bildern pro Sekunde sowie die Option, sie im Anschluss an die eigentliche Untersuchung in Zeitlupe abzuspielen. Die beiden genannten Untersuchungsvarianten stellen zuverlässige Möglichkeiten dar, auch kurze Zeitabschnitte von Stimmlippenschwingungen beurteilen zu können [36, 179].

Zur Differenzierung von Lähmungen und anderen respiratorischen Bewegungsstörungen der Stimmlippen ist es möglich, mittels Elektromyographie (EMG) die Aktionspotentiale der Kehlkopfmuskulatur abzuleiten. Vor allem die Schwierigkeiten bei der Applikation der Elektroden sowie bei der Interpretation der Ergebnisse lassen die EMG jedoch eher zu einer Ergänzungsuntersuchung in ausgewählten Fällen werden [36, 179].

Indem man zwei Elektroden außen am Hals nahe dem Adamsapfel befestigt und eine schwache Hochfrequenzspannung anlegt, ist es möglich, die Schwingungen der Stimmlippen aufzuzeichnen. Die sog. Elektroglottographie basiert darauf, dass der Kehlkopf bei geschlossener Stimmritze einen geringeren Widerstand hat als bei offener Stimmritze. Dadurch wird es ermöglicht, Unregelmäßigkeiten im Spannungsverlauf der Stimmlippen sichtbar zu machen [139].

1.6.5 Beurteilung des Stimmschalls

Trotz modernster Technik und einer Vielzahl objektivierbarer Untersuchungen zählt die subjektive auditive Einschätzung der Stimme durch den Phoniater oder HNO-Arzt noch immer zu den wichtigsten Kriterien, die zur Stellung einer fundierten Diagnose beitragen.

Bei der Untersuchung der Sprechstimme liegt der Schwerpunkt auf der Beurteilung des Stimmklanges (heiser, behaucht, rau), der Atmung sowie der Vokalartikulation und Resonanz. Weitere Kriterien auf die geachtet wird, sind die mittlere Sprechtonhöhe, die Akzentuierung (melodisch, dynamisch), die Phonationszeit (Tonhaltedauer), die Stimmgewohnheiten (häufiges Räuspern, zu lautes/leises Sprechen) und die Steigerungsfähigkeit der Stimme, welche durch Lesen und Rufen überprüft wird [135].

Zur auditiven Beurteilung der Stimmqualität hat sich in Japan und im US-amerikanischen Raum mittlerweile die GRBAS-Skala etabliert: G: „overall grade or degree“ (Grad der Heiserkeit), R: „rough“ (Rauigkeit), B: „breathy“ (Behauchtheit), A: „asthenic“ (Asthenie/Kraftlosigkeit), S: „strained quality“ (Spannung) [43, 52, 53, 54, 59, 61]. Im deutschsprachigen Raum wird dagegen überwiegend die RBH-Skala eingesetzt. „H“ steht dabei für „Heiserkeit“ und gibt den Grad der Stimmstörung insgesamt an. Die weiteren Bezeichnungen spezifizieren die Art der heiseren Stimmqualität noch etwas genauer: „B“ bedeutet „Behauchtheit“ und wird durch Strömungsgeräusche bei unvollständigem Glottisschluss verursacht, während die „Rauigkeit“ „R“ durch aperiodische Glottisschwingungen entsteht. Die Beschränkung auf diese drei Qualitäten wurde von Nawka et al. [99] vorgeschlagen und hat sich als praktikabel erwiesen [2, 36, 116, 117].

Der klinisch bereits etablierte RBH-Index ist sehr einfach in der Handhabung, jedoch ist mit ihm keine vollständige Stimmbeschreibung möglich, da Eigenschaften wie Tragfähigkeit der Stimme, Nasalität, Emotionalität etc. nicht erfasst werden [117].

Die mittlere Sprechstimmlage und der Stimmumfang werden beim Vorlesen von gefühlsneutralen und nichtemotionalen Texten bzw. beim Aufsagen von Wochentagen oder Zahlenreihen überprüft. Bei der mittleren Sprechstimmlage handelt es sich um eine Tonhöhe, um die sich die Stimme beim Sprechen bewegt und von der sie kurzzeitig nach oben oder unten abweicht [179].

Die Feststellung der mittleren Sprechstimmlage und des Stimmumfangs kann sowohl auditiv durch den Vergleich mit Instrumentaltönen (z.B. Klavier), als auch – besser und genauer – durch die grundtonanalytische Bestimmung im Rahmen der Stimmfeldmessung erfolgen [36].

1.6.6 Analyse des Stimmschalls

Viele Stimmstörungen beeinflussen die Funktionsweise des stimmgebenden Systems in charakteristischer Weise, was bestimmte akustische Eigenschaften des Sprachsignals nach sich zieht. Dies machte sich Dirk Michaelis zunutze und entwickelte an der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Georg-August-Universität in Göttingen das computergestützte Heiserkeits-Diagramm [149]. Es erlaubt eine objektive Beurteilung der Stimmqualität anhand der grafischen Darstellung in zwei Dimensionen auf der Grundlage von vier akustischen Stimmgüteparametern [40, 41, 76, 90, 91, 94].

Es handelt sich dabei um die beiden Perturbationsmarker Jitter und Shimmer sowie um die Parameter mittlere Periodenkorrelation und GNE. Weiterhin wird im Rahmen des Göttinger Heiserkeits-Diagramms die Grundfrequenz aufgezeichnet [37, 95].

Jitter, Shimmer und die mittlere Korrelation zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Perioden erfassen verschiedene Aspekte der Irregularität eines Stimmsignals und dienen als Schwankungsmaße für Periodenlänge, -amplitude und -form. Studien ergaben, dass diese Parameter sehr stark miteinander korrelieren, sodass diese drei Messwerte zu einem Stimmparameter zusammengefasst werden können. Er dient der Beschreibung

der Rauigkeit und bezieht alle drei Parameter zu jeweils gleichen Teilen ein. Diese sogenannte "Irregularitätskomponente" bildet bei der grafischen Darstellung die Definition der x-Koordinate. Die Skala reicht von 0 bis 10. Werte von 0 bis 5 liegen im Normalbereich der Stimme, Werte oberhalb von 5 gelten als pathologisch, während 10 als höchst pathologisch angesehen wird [37, 39, 90, 93, 94, 122].

Der Parameter Jitter beschreibt die Schwingungsirregularität, also die Abweichung von einer Periodendauer zur nächsten. Der Jitter stellt also die Irregularität im Frequenzbereich dar. Eine minimale Schwankung der Tonhöhe im Stimmklang, also eine periodisch wiederkehrende geringfügige Veränderung der Frequenz eines gehaltenen Tons, kann als natürlich angesehen werden. Bei stärker ausgeprägten Frequenzschwankungen wird diese jedoch als Rauigkeit wahrgenommen. Während bei einer gesunden Stimme der Jitterwert unterhalb von 1% liegt, kann er sich bei einer kranken Stimme mehr als verzehnfachen [70, 71, 105].

Als Shimmer werden die Schwankungen der Amplituden von einer Periode zur nächsten bezeichnet, die allerdings lediglich für geschulte Hörer als geringfügige Intensitätsschwankungen wahrnehmbar sind. Die Irregularität im Schalldruckbereich wird also durch den Shimmer angegeben. Bei stärker ausgeprägten Schwankungen der Intensität geht auch hier die Wahrnehmung in Rauigkeit über. Die Erfassung des Shimmerwertes basiert deshalb ebenso wie die des Jitter-Wertes auf dem Aufzeichnen der einzelnen Grundperioden, in denen dann jeweils das Maximum der Amplitude gesucht wird [37, 118].

Die mittlere Periodenkorrelation ist ebenfalls eine Messgröße zur Quantifizierung der Unregelmäßigkeiten der Stimme. Sie gibt die durchschnittliche Übereinstimmung von zwei aufeinander folgenden Perioden im Stimmschallsignal an. Da die Stimmlippen nicht beständig periodisch schwingen, ist auch hier ein geringer Grad an Veränderung der Signalform von Periode zu Periode im Stimmklang natürlich. Demzufolge wird der Stimmklang

in der Regel auch als „quasiperiodisch“ bezeichnet. Wären zwei aufeinanderfolgende Perioden vollkommen identisch, so wäre dieser Wert 1. Da gesteigerte unperiodische Phonation ein Symptom bei Stimmstörungen darstellt, ist in diesen Fällen ein geringer Korrelationswert zu erwarten. Mit der Stärke der Abweichungen von Form und Länge der aufeinanderfolgenden Perioden wird dieser Wert zunehmend niedriger und fällt bei einem komplett unperiodischen Rauschsignal auf 0 ab. Da Form- und Längenänderungen in diesen Parameter eingehen, kann mit dessen Hilfe gut die Gesamtregelmäßigkeit des Stimmschallsignals beschrieben werden [44, 49].

Die vierte Größe ist der „glottal-to-noise excitation ratio“ (GNE). Dieser Parameter wurde von Michaelis et al. [95] eigens für das Göttinger Heiserkeits-Diagramm entwickelt und gibt an, inwieweit die Stimme durch Schwingungen der Stimmlippen (glottal) oder durch turbulente Luftströmungen (noise), die sich an Verengungen in Kehlkopf oder Vokaltrakt bilden, erzeugt wurde. Ist der GNE-Wert hoch (nahe an 1), so wird die Stimme durch einen klaren Glottisschluss angeregt. Ist dagegen der Wert sehr niedrig, so liegt Stimmanregung durch turbulentes Rauschen vor, wie sie für die Flüsterstimme oder die behauchte Stimme charakteristisch sind. Der Wert spiegelt die Qualität des glottalen Schlusses wider und dient dementsprechend der Quantifizierung des Rauschanteils bei der Stimmgebung. Er ist nahezu unabhängig von den Irregularitätsparametern Jitter, Shimmer und Periodenkorrelation. Dies bedeutet, dass er unabhängig von der (akustischen) Rauigkeit ist und somit eine zusätzliche Stimmeigenschaft beschreibt. Er bildet demzufolge die Basis zur Berechnung der y-Koordinate als sogenannte Rauschkomponente und stellt den Grad der akustischen Behauchung dar. Die Skala reicht dabei von 0 bis 5, wobei Werte unterhalb von 2,5 im Bereich der Normalstimme, Werte um 5 dagegen im deutlich pathologischen Bereich liegen [37, 39, 91, 92, 93, 122].

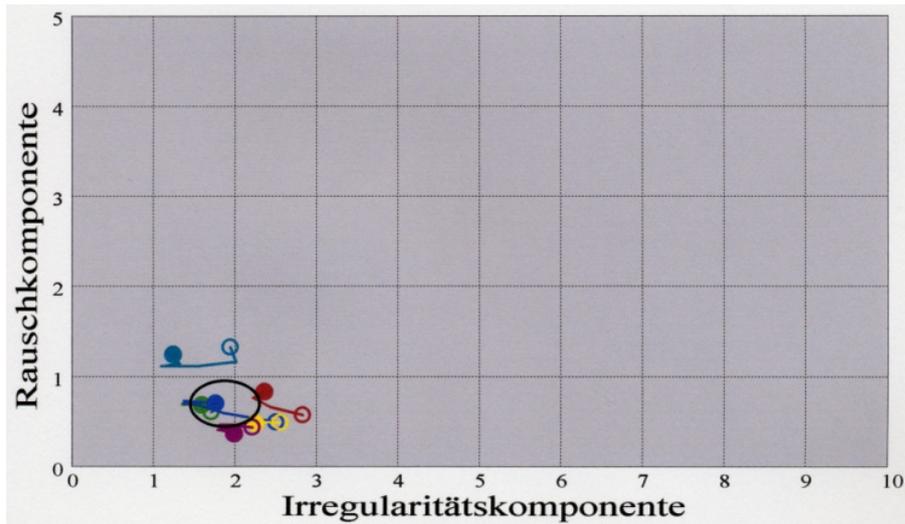


Abb. 1.03 – Darstellung einer Normstimme im Heiserkeits-Diagramm

Da, wie bereits beschrieben, drei der vier Parameter zur akustischen Rauigkeit zusammengefasst werden, können die Werte der so definierten Stimmeigenschaften Rauigkeit einerseits und der Behauchtheit andererseits in einer grafischen Darstellung gegenübergestellt werden. In diesem Diagramm werden Stimmen umso weiter vom Ursprung entfernt abgebildet, je stärker sie gestört sind. Die grafische Darstellung von Behauchtheit und Rauigkeit stimmt dabei mit dem auditiven Eindruck der Stimme gut überein. Die Abbildungen 1.03 – 1.05 zeigen die Lage einer normalen Stimme, einer Recurrensparese sowie einer Aphonie im Göttinger Heiserkeits-Diagramm [95, 122].

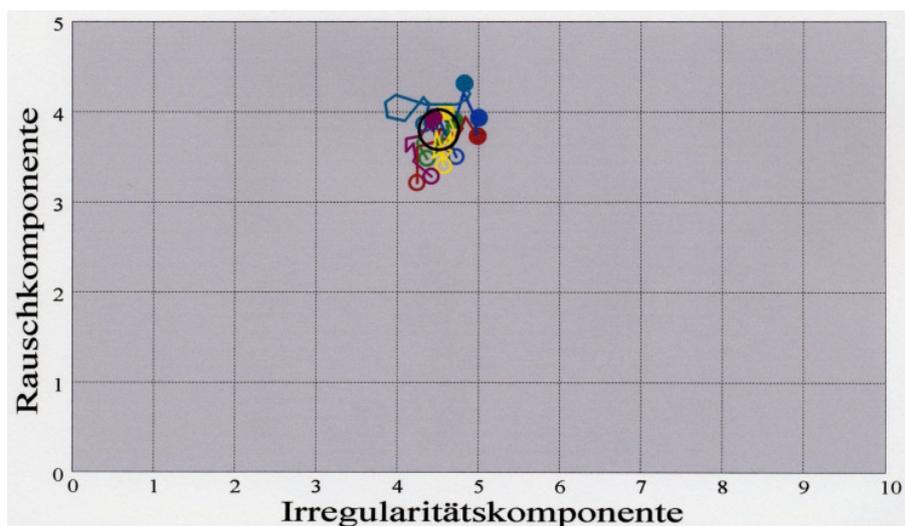


Abb. 1.04 – Darstellung einer Recurrensparese im Heiserkeits-Diagramm

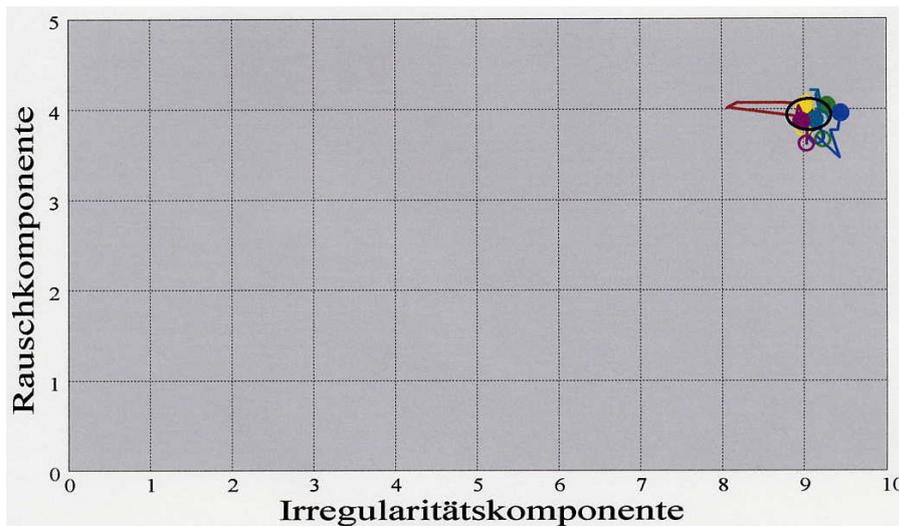


Abb. 1.05 – Darstellung einer Aphonie im Heiserkeits-Diagramm

Weiterhin ist es möglich, mithilfe des Heiserkeits-Diagramms die individuelle quantitative Stimmqualitätsveränderung zu dokumentieren. Auf dem Datenblatt können die akustischen Stimmgütebewertungen von verschiedenen Stimmaufnahmen auf einmal angezeigt werden, wodurch Therapieerfolge objektivierbar und dokumentierbar werden (Abb. 1.06) [39, 94, 118].

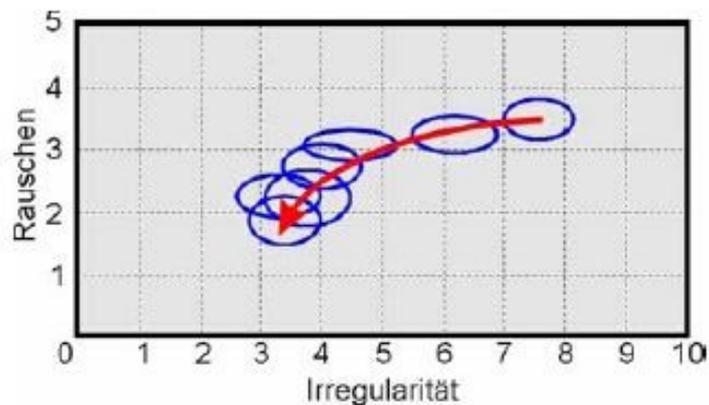


Abb. 1.06 – Darstellung des Therapieverlaufs im Göttinger Heiserkeits-Diagramm [122]

Jedoch ist zu beachten, dass mit Hilfe des Heiserkeits-Diagramms die Verbesserung der fließenden Sprache nicht angezeigt werden kann, da hier ausschließlich die Eigenschaften der Phonation der gehaltenen Vokale ausgewertet werden. Andererseits ermöglicht das Heiserkeits-Diagramm eine objektivierbare Stimmgütebeschreibung hochgradig gestörter Stimmen bis hin

zur Aphonie, was einen entscheidenden Vorteil gegenüber anderen akustischen Analysemethoden darstellt [93].

1.6.7 Leistungsüberprüfung der Stimme

Die stimmliche Belastbarkeit erwachsener Personen wird unter anderem vom Lärmpegel der Umgebung, von der Stimmintensität sowie von der Dauer der Belastung beeinflusst und stellt eine hochkomplexe Eigenschaft der menschlichen Stimme dar [133, 179].

Eine Überlastung der Stimme ist in der Regel erkennbar an Symptomen wie Heiserkeit, Missempfindungen im Bereich des Kehlkopfes sowie einer schnellen Ermüdung der Stimme [7, 133].

Es gibt die unterschiedlichsten Ansätze zur objektiven Erfassung und Bewertung stimmlicher Belastung. Jedoch hat sich bislang kein Verfahren in der täglichen Praxis durchgesetzt und wird routinemäßig angewendet. Viele Versuchsanordnungen scheiterten an dem dafür nötigen enormen Zeitaufwand. So wurden zahlreiche Tests durchgeführt, in denen lautes Lesen beispielsweise über einen Zeitraum von 30 bis 45 Minuten aufgenommen und ausgewertet wurde [17, 77, 179, 180].

In anderen Studien wurden die Stimmen der Versuchspersonen über mehrere Stunden und mitunter sogar während des kompletten Arbeitstages aufgezeichnet und bewertet [78, 80, 174, 175].

Jedoch gibt es auch Tests wie den vorliegenden, die sich mit der Belastung der Stimme über kürzere Zeiträume zwischen 15 und 25 Minuten beschäftigen [81, 133, 167].

Die aufgezählten Studien erreichen eine Belastung der Stimme auf sehr unterschiedliche Weise. Teils werden hohe Schalldruckpegel gefordert und den Patienten visuell verdeutlicht, ob sie den Anforderungen gerecht werden [77]. In anderen Studien werden die Patienten einem Hintergrundgeräusch ausgesetzt, was automatisch eine Steigerung der Lautstärke nach sich zieht [69, 111]. Die Studien, die während eines normalen Arbeitstages durchgeführt wurden, sollten

dementsprechend auch unter den dort vorherrschenden alltäglichen Bedingungen absolviert werden, um Aussagen über die berufliche Stimmbelastung treffen zu können [78, 174, 175].

Auch die bewerteten Parameter unterscheiden sich zwischen den Studien, weshalb die Union Europäischer Phoniater bereits 1987 einen Vorschlag zur Standardisierung unterbreitete. Sie empfahlen die Registrierung und Bewertung der subjektiven Angaben des Patienten, der Stimmqualität und Stimmfunktion, der visuellen Befunde im Glottisbereich, der Stimmintensität sowie der durchschnittlichen Grundfrequenz der Stimme [150].

Die Vielzahl an Studien, vor allem jedoch die große Zahl unterschiedlicher Vorgehensweisen und Studiendesigns unterstreichen die Tatsache, dass derzeit keine allgemein anerkannte Methode existiert, die Belastbarkeit der Stimme zu untersuchen.

Friedrich und Biegenzahn [36] schlugen beispielsweise vor, die Stimme mittels 30-45minütigem Lesen mit einer Lautstärke von mindestens 75 dB(A) zu belasten. Die Union Europäischer Phoniater hingegen empfahl, die Stimmen mit 75-85 dB(A) über eine Zeitdauer von 20 Minuten zu belasten [150].

Darüber hinaus haben einige Studien gezeigt, dass bei einer Erhöhung der Mindestanforderung an den Schalldruckpegel während des Lesens bereits ab einer Belastungsdauer von 15 Minuten aussagekräftige Ergebnisse gewonnen werden können [81, 102, 147]. Der bekannteste und am weitesten verbreitete Test dieser Art ist der sogenannte Wechseltest nach Seidner. Dabei liest eine Versuchsperson einen Text vor, wobei in den ersten 5 Minuten ein Pegel von 70-80 dB(A) erreicht werden muss, in den darauffolgenden 5 Minuten wird ein Pegel von 75-85 dB(A) verlangt und in den letzten 5 Minuten soll wieder mit 70-80 dB(A) weiter gelesen werden [102, 147, 179].

Mithilfe dieses Tests ist es möglich, Stimmkranke von stimmgesunden Personen zu unterscheiden. Dies wird vor allem durch den Vergleich der Pegelunterschreitungen ermöglicht. Weiterhin können eine zunehmende Anstrengung, eine Verschlechterung des Stimmklanges sowie die

Beschwerdeangaben als Beurteilungskriterien herangezogen werden [102, 147, 179].

Dennoch sind, unter Einbeziehung aller bisher gewonnenen Erkenntnisse, weitere Untersuchungen nötig. Da der Beurteilung der stimmlichen Belastbarkeit in der phoniatischen Praxis große Bedeutung zukommt und da in der heutigen Zeit immer größer werdende Anforderungen an die stimmliche Leistungsfähigkeit gestellt werden, ist es wichtig, einen geeigneten Stimmbelastungstest zur Verfügung zu stellen. Dieser sollte sich gut in die tägliche Praxisroutine integrieren lassen, was an erster Stelle voraussetzt, dass dieser Test nicht zu lang dauern darf.

In Anlehnung an die genannten Studien erscheint es sinnvoll, die kürzere Zeitdauer durch eine intensivere Belastung der Stimme zu kompensieren. Die stimmliche Belastung könnte einerseits durch höhere maximal geforderte Schalldruckpegel und andererseits durch wechselnde Schallpegelanforderungen verstärkt werden.

Dabei ist es jedoch besonders wichtig zu beachten, dass den erhöhten Anforderungen nicht ausschließlich geübte Sprecher oder Sänger, wie sie in einigen Studien untersucht werden, gerecht werden. Die Stimmen sollen zwar belastet werden, aber zugleich sollten auch Patienten mit Heiserkeit oder Stimmermüdung dem Test gewachsen sein und ihn nicht aufgrund zu hoher Anforderungen vorzeitig abbrechen müssen.

Schneider et al. [144] empfehlen, die Anforderungen des Belastungstests an die jeweilige stimmliche Situation des Patienten anzupassen. Hierzu solle man sich an der zuvor durchgeführten Stimmfeldmessung orientieren und den geforderten Schalldruckpegel 10 dB(A) unterhalb des maximal erreichbaren Schallpegels der Rufstimme belassen.

1.6.8 Selbstbewertung der Stimmqualität

Die Selbsteinschätzung zum Erleben ihrer Stimme geben die Patienten anhand geeigneter Fragebögen an. Der 1997 von Jacobson et al. [62] vorgestellte VHI-Fragebogen (Voice Handicap Index) stellt ein Verfahren dar mit dessen Hilfe es möglich ist, den Grad der subjektiven Betroffenheit der Patienten mit Stimmstörungen zu bestimmen [62, 85, 100, 101].

In der gekürzten Form enthält er 12 Probleme oder Aussagen zur Erfassung der stimmbedingten Einschränkung oder Behinderung nach Einschätzung durch den Patienten selbst. Diese Aussagen zur Selbsteinschätzung werden in 3 Bereiche oder Subskalen unterteilt: funktionelle, physische und emotionale Aspekte der Stimmstörung. Die Funktionalität beschreibt störungsabhängige Veränderungen des Stimmgebrauchs im Sozialkontakt einschließlich des Berufslebens. Die Fragen der Körperlichkeit zielen auf Art und Ausprägung der Stimmstörung, während die Fragen der Emotionalität Reaktionen im eigenen Erleben zum Inhalt haben [85, 101, 176].

Jedes der abgefragten Kriterien wird vom Patienten auf einer Skala von 0 bis 4 bewertet. Dabei sind Abstufungen der Häufigkeit zwischen „nie“ (0), „fast nie“ (1), „gelegentlich“ (2), „fast immer“ (3) und „immer“ (4) möglich. Die Bewertungen der einzelnen Kriterien werden abschließend zu einem Gesamtscore aufsummiert, wodurch sich, entsprechend Tabelle 1.06, die Zuordnung zu einem der sog. Handicaps ergibt [101].

Punkte	Handicap
0 – 7	kein
8 – 14	geringes
15 – 22	mittelgradiges
23 – 48	hochgradiges

Tab. 1.06 – Zuordnung der Gesamtpunktzahlen zu den einzelnen Handicaps

Die Anwendung des Voice Handicap Index wurde mittlerweile vielfältig dargelegt [11, 60, 124, 125]. Sein Einsatz in der klinischen Routine wird auch

von der European Laryngeal Society als eine Möglichkeit der Erfassung der subjektiven Betroffenheit durch eine Dysphonie genannt [22, 176].

2 Ziel der Arbeit

Der Stimme kommt heutzutage mehr denn je eine zentrale Bedeutung in vielen Berufszweigen wie auch im zwischenmenschlichen Bereich zu. Damit ist die Stimme von großer beruflicher und sozialer Bedeutung.

Vor allem für Menschen, die in sogenannten Sprechberufen tätig sind, sind die Stimme und ebenso die Wirkung der Stimme elementare Voraussetzungen für das erfolgreiche Ausüben ihres Berufes.

Doch genau diese Menschen sind häufig von einer Stimmstörung betroffen, da sie andere Menschen über längere Zeiträume und teils unter erschwerten Bedingungen, wie beispielsweise Umgebungslärm, mit ihrer Stimme erreichen müssen.

Aus diesem Grund ist es wichtig, geeignete Methoden zur Verfügung zu haben, um diese Belastungseinschränkungen auf stimmlicher Ebene diagnostizieren und damit auch therapieren zu können.

Bislang sind keine Belastungstests verfügbar, welche sich durch valide Aussagen in einem angemessenen, möglichst kurzen Zeitraum problemlos in die tägliche Routinediagnostik integrieren lassen.

In der vorliegenden Arbeit wurde ein speziell konzipierter Stimmbelastungstest, der diesen Anforderungen gerecht werden soll, durchgeführt und damit klinisch erprobt.

Hierzu war die Bearbeitung der folgenden Fragestellungen nötig:

- Ermöglichen zehn Minuten Lesen bei 75 und 80 dB(A) eine Aussage zur Dauerbelastbarkeit der Stimme?
- Kann Lesen bei 75 und 80 dB(A) Veränderungen von schallanalytischen Parametern hervorrufen?
- Unterscheiden sich die Stimmen der Patienten und der Probanden bezüglich der erhobenen schallanalytischen Parameter nach Lesen bei 75 und 80 dB(A)?

- Führt das Lesen bei 75 und 80 dB(A) zu subjektiven Beschwerden?
- Ergeben sich Unterschiede in der Beschwerdesymptomatik zwischen Patienten und Probanden?
- Kann sich die Stimme nach Lesen bei 75 und 80 dB(A) innerhalb einer halben Stunde erholen?

3 Material und Methode

3.1 Versuchspersonen (Patienten und Probanden)

An der vorliegenden Studie nahmen insgesamt 62 Personen teil. Darunter befanden sich 20 Männer und 42 Frauen im Alter zwischen 20 und 70 Jahren. Das Durchschnittsalter aller Versuchspersonen betrug 43,3 Jahre.

	min. Alter	max. Alter	mittl. Alter
Gesamt	20	70	43,3
Patienten	20	70	47,5
Kontrolle	21	51	30,1

Tab. 3.01 – Alter der Versuchspersonen

Die Versuchspersonen teilten sich auf in 46 stimmkranke Patienten (74,19%) und 16 beschwerdefreie Probanden (25,81%). Unter den Patienten waren 12 Männer (26,09%) und 34 Frauen (73,91%). Das Diagramm in Abb. 3.01 stellt die Geschlechterverteilung in der Gruppe der Patienten grafisch dar.

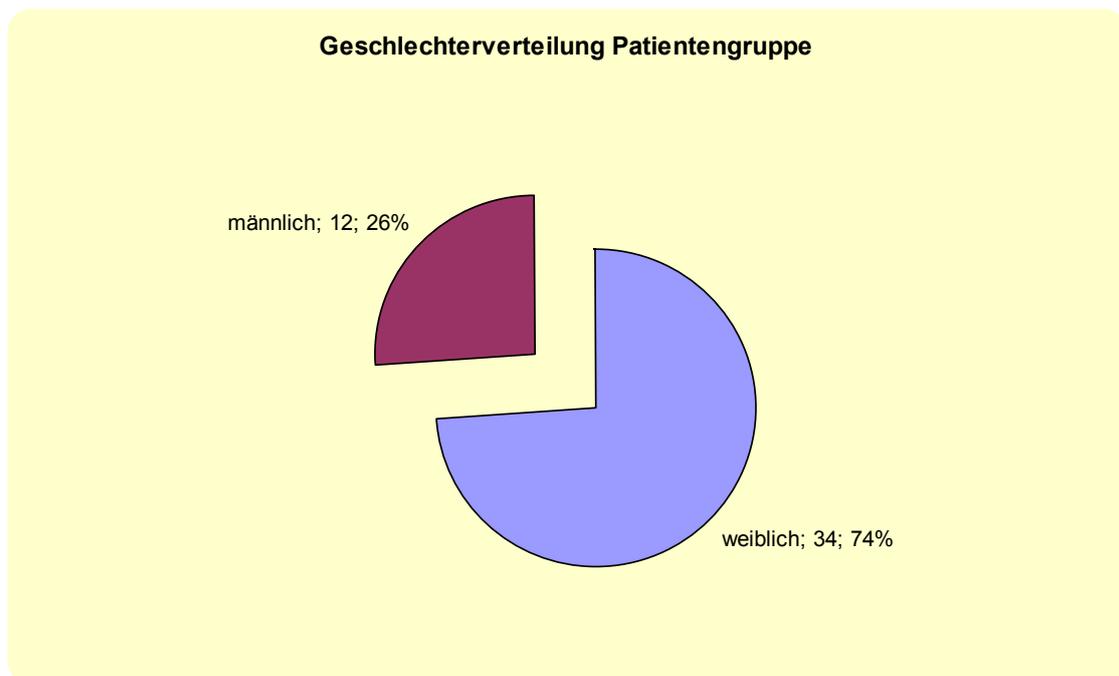


Abb. 3.01 – Geschlechterverteilung Patientengruppe

Das Alter des jüngsten Patienten betrug zum Untersuchungszeitpunkt 20 Jahre. Der älteste Patient war zu diesem Zeitpunkt 70 Jahre alt. Das Durchschnittsalter in der Gruppe der Patienten betrug 47,5 Jahre.

Die Probanden teilten sich auf in jeweils 8 männliche und weibliche Versuchspersonen (je 50%), was in dem Diagramm in Abb. 3.02 noch einmal veranschaulicht ist.



Abb. 3.02 – Geschlechterverteilung Kontrollgruppe

In der Gruppe der Probanden variierte das Alter zum Untersuchungszeitpunkt zwischen 21 und 51 Jahren. Das Durchschnittsalter lag hier bei 30,1 Jahren.

Die Patienten rekrutierten sich aus der phoniatischen Sprechstunde der Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie des Universitätsklinikums Giessen und Marburg GmbH, Standort Marburg. Sie kamen zum Teil aufgrund akuter Stimmstörungen, zum Teil aber auch zur Routineuntersuchung und Verlaufskontrolle in die phoniatische Sprechstunde.

Als Probanden stellten sich Personen ohne stimmliche Beschwerden und Auffälligkeiten zur Verfügung. Es handelte sich dabei zum größten Teil um

Studenten verschiedener Fachbereiche sowie um Mitarbeiter und Praktikanten der Klinik.

Für die vorliegende Studie wurden Patienten ausgewählt, die an einer funktionellen Stimmstörung leiden. Weiterhin kamen Patienten in Betracht, die auf der Grundlage ihrer bestehenden funktionellen Dysphonie bereits sekundär organische Veränderungen am Kehlkopf aufwiesen. Den sekundär organischen Veränderungen sind Stimmlippenknötchen, Phonationsverdickungen, Polypen sowie Reinke-Ödeme zuzurechnen.

Patienten, die Lähmungen im Bereich der Kehlkopfmuskulatur, Tumoren oder Polypen an den Stimmlippen oder eine Sulcus glottidis aufwiesen, wurden von der Studie ausgeschlossen.

Bei der Auswahl der Probanden wurde darauf geachtet, dass sie unter keinerlei stimmlichen Beschwerden litten. Hierzu erfolgte eine ausführliche Befragung, bei der ausnahmslos alle Probanden angaben, keine Beschwerden, Auffälligkeiten oder Leistungseinschränkungen ihrer Stimme bemerkt zu haben. Auf eine klinische Untersuchung wurde bei ihnen verzichtet.

Alle direkt an der Durchführung der Studie beteiligten Personen bekamen im Rahmen der Untersuchung die Möglichkeit, sämtliche Krankenakten inklusive der dokumentierten anamnestischen Angaben sowie der Untersuchungsbefunde einzusehen.

Sowohl die Patienten als auch die Probanden erklärten sich nach einer umfassenden Aufklärung ausnahmslos freiwillig dazu bereit, an der Studie teilzunehmen.

3.2 Durchführung der Untersuchung

Alle akustischen Aufnahmen und auditiven Auswertungen wurden in einem speziellen Mess- und Aufnahmeraum der Klinik für Phoniatrie und

Pädaudiologie in Marburg durchgeführt. Durch die leichte Schalldämmung des Raumes wurde sichergestellt, dass der Störschall nicht höher als 40 dB(A) ausfiel, womit den Empfehlungen der UEP (Union of European Phoniaticians) entsprochen wurde.

Abbildung 3.03 stellt schematisch den Ablauf der Untersuchung dar.

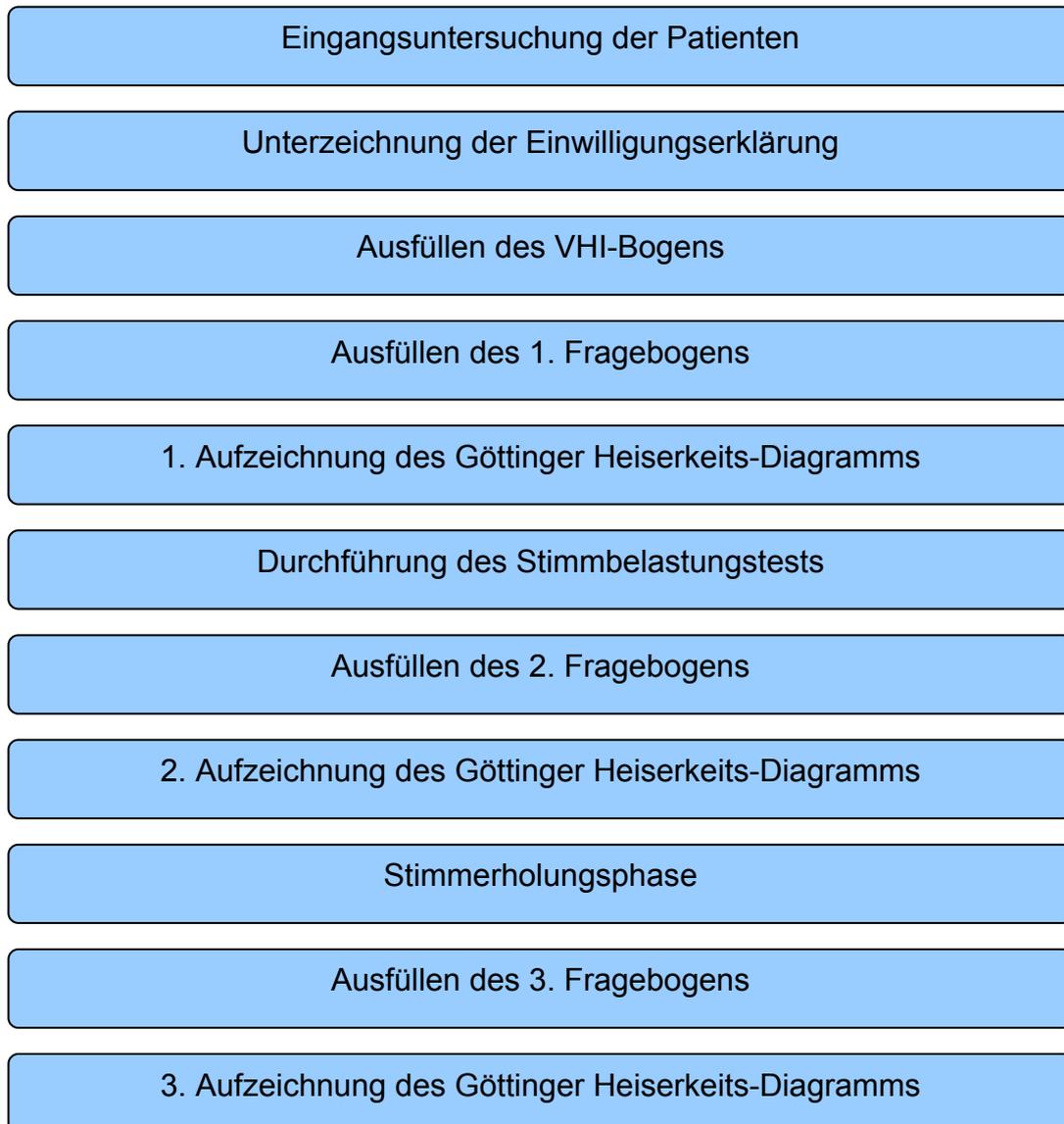


Abb. 3.03 – Schematische Darstellung des Untersuchungsablaufs

3.2.1 Einwilligungserklärung

Vor Beginn des Tests wurden die Versuchspersonen ausführlich über den Ablauf sowie das Ziel der Studie aufgeklärt. Sie bekamen eine schriftliche Ausfertigung des Aufklärungsbogens ausgehändigt und unterzeichneten eine Einwilligungserklärung. Alle Personen haben zugestimmt, an der Studie teilzunehmen und haben dies mit ihrer Unterschrift bestätigt. Hätte ein Patient oder Proband die Einwilligungserklärung nicht unterschrieben, so hätte er auch nicht an der Studie teilnehmen können bzw. hätten seine Daten nicht zur Auswertung herangezogen werden können.

Die schriftliche Ausfertigung des Aufklärungsbogens sowie die Einwilligungserklärung sind im Anhang angefügt.

3.2.2 VHI-Bogen

Zunächst wurden die Patienten gebeten, den Fragebogen zur Bestimmung des sog. „Voice Handicap Index“ (VHI) auszufüllen. Durch die Bewertung der dort angegebenen zwölf Aussagen auf einer Skala von 0 bis 4 erfolgte die Erfassung der Selbsteinschätzung der Stimme. Hierbei mussten die Versuchspersonen den Wert „0“ ankreuzen, wenn die entsprechende Aussage „nie“ zutraf. Der Wert „1“ war zu markieren, wenn sie „selten“ zutraf. Stimmte eine Aussage „manchmal“, so war der Wert „2“ anzukreuzen, für „oft“ stand der Wert „3“ und der Wert „4“ sollte angekreuzt werden, sofern eine Aussage „immer“ zutraf.

Welche Aussagen im Einzelnen bewertet werden sollten, ist dem im Anhang angefügten VHI-Bogen zu entnehmen.

Weiterhin sollten die Patienten angeben, wofür sie ihre Sprechstimme vorwiegend einsetzen. Zur Auswahl standen hierfür die folgenden drei Möglichkeiten: „Beruf“, „Freizeitaktivitäten“ oder „normale tägliche Unterhaltungen“. In ähnlicher Weise wurde der vorwiegende Gebrauch der

Singstimme abgefragt. Auch hier waren sowohl der „Beruf“ als auch die „Freizeitaktivitäten“ als Auswahlmöglichkeiten aufgeführt. Als dritte Option, konnten die Patienten hierbei jedoch ankreuzen: „nichts dergleichen, ich singe nicht“.

Ein weiteres Merkmal des Stimmgebrauchs, das durch die Patienten selbst eingeschätzt werden sollte, war ihre Gesprächigkeit. Hierfür stand eine Skala zur Verfügung, welche von „1“ („stiller Zuhörer“) über die Werte „4“ und „5“ („normaler Sprecher“) bis „9“ („äußerst gesprächig“) reichte.

Am Ende des Fragebogens wurde schließlich noch erfasst, wie die Stimme am Untersuchungstag selbst eingeschätzt wurde. Hier fand eine Unterteilung in vier Schritten statt. Der Wert „0“ stand für „normal“, der Wert „1“ für „leicht gestört“, für „mittelgradig gestört“ stand der Wert „2“ und der Wert „3“ schließlich war zu markieren, wenn der Patient seine Stimme am Untersuchungstag für „hochgradig gestört“ hielt.

3.2.3 Befragung der Versuchspersonen vor Stimmbelastungstest

Vor Beginn der Tests wurde den Versuchspersonen ein weiterer Fragebogen in Form einer visuellen Analogskala ausgehändigt. Anhand dessen sollten sie angeben, wie sie ihre subjektive Befindlichkeit, bezogen auf die folgenden Symptome, einschätzen: „Brennen im Hals“, „Trockenheit im Mund-Rachenraum“, „Hustenreiz“, „Verschleimung im Rachenraum“ sowie „Schluckbeschwerden“. Die jeweiligen Ausprägungen dieser Symptome sollten auf einer Skala von 0 bis 10 beurteilt werden, wobei der Wert „0“ für „überhaupt keine“, der Wert „10“ für eine „sehr“ starke Ausprägung stand.

Eine Abbildung dieses Fragebogens befindet sich im Anhang.

3.2.4 Schallanalytische Aufzeichnung vor Stimmbelastungstest

Im Anschluss daran wurde die erste schallanalytische Aufzeichnung mit Hilfe des Göttinger Heiserkeits-Diagramms (GHD) durchgeführt.

Das Göttinger Heiserkeits-Diagramm ist eine Software zur Aufnahme und Analyse von Stimmen, die vier akustische Größen aus dem Stimmschall ermittelt. Es wurde von Michaelis et al. [95] an der Universität Göttingen entwickelt. Der Vertrieb des Programms erfolgt durch die Firma RP-Szene. In der vorliegenden Studie wurde das Göttinger Heiserkeits-Diagramm des Hörzentrums Oldenburg in der Version 1.3.5 angewendet.

Das akustische Signal wurde mit einem Mikrofon mit Kopfhaltung (AKG C 420) bei einem Mund-Mikrofon-Abstand von ca. 5cm digital auf die Festplatte des Computers aufgenommen. Störgeräusche, wie sie beispielsweise durch verstärktes Ausatmen verursacht werden können, wurden durch die Lage des Mikrofons, welches sich seitlich und unterhalb des Mundes befand, weitestgehend verhindert.

Die für die Durchführung des Göttinger Heiserkeits-Diagramms benutzte Hardware setzt sich wie folgt zusammen: PIII-551MHz-Rechner mit 512 MB RAM, in welchem die PCI-Soundkarte „Sound Blaster“ von Creative und die ATI-Grafikkarte 3D Rage IIC installiert war. Auf dem Rechner war das Betriebssystem Windows XP Professional Version 2002 mit SP 2 installiert. An der parallelen Schnittstelle zwischen Drucker und Rechner war der zur Software gehörende Dongle aufgesteckt, welcher lediglich dem Schutz vor Raubkopien diente. Die 16-Bit-Soundkarte und das spezielle Mikrofon gehörten ebenfalls zum Lieferumfang des Göttinger Heiserkeits-Diagramms und sind entsprechend perfekt aufeinander und auf die Software abgestimmt. Alle aufgenommenen Daten des Göttinger Heiserkeits-Diagramms wurden auf einem in der Klinik für Phoniatrie befindlichen PC abgespeichert und gesichert.

Sofern die Patienten noch nicht in die Datenbank der Software aufgenommen waren, mussten sie zunächst mit Name, Vorname, Geburtsdatum sowie Patientenkennummer erfasst werden.

Zum Absolvieren des Göttinger Heiserkeits-Diagramms mussten die Patienten die Vokale [a:], [o:], [i:], [ɛ:], [u:] und [e:] nacheinander phonieren. Die hier angegebene Reihenfolge wurde durch die Software vorgegeben und musste somit konsequent eingehalten werden. Die Patienten wurden angewiesen, die Vokale in ihrer mittleren Sprechstimmlage zu phonieren und diesen Ton für etwa drei Sekunden zu halten. Im Anschluss an die jeweilige Messung wurde der jeweils phonierte Vokal unter Zuhilfenahme einer optischen Darstellung des Phonationsverlaufes mittels Software markiert. Es stand dann für die Auswertung ein etwa zweisekündiges Sprachsignal jedes Vokals zur Verfügung. Die Vokale wurden jeweils einzeln aufgezeichnet und nach Abschluss aller Aufnahmen in einem Diagramm am Computerbildschirm dargestellt.

Die Aufzeichnung erfolgte im Sitzen mit dem oben bereits beschriebenen speziellen Headset, welches einen definierten Mund-Mikrofon-Abstand garantierte.

Im Einzelnen wurden die Parameter Periodenkorrelation, Jitter, Shimmer, GNE sowie die Grundfrequenz aufgezeichnet. Aus diesen Parametern ließen sich die GHD-Durchschnittswerte der Vokale für die Irregularität und das Rauschen berechnen. Die Parameter Irregularität und Rauschen dienen der objektiven Einschätzung der Rauigkeit und der Behauchung des Stimmklanges. Die Rauigkeit entsteht, wenn die Stimmlippen nicht synchron schwingen. Ein behauchter Stimmklang tritt auf, wenn die Stimmlippen nicht richtig schließen und zu viel Luft während des Redens austritt. Die Irregularität wurde aus der Periodenkorrelation, dem Jitter und dem Shimmer berechnet. Der Wert Rauschen wurde von der Software durch die Transformation von 1-GNE ermittelt. Irregularität und Rauschen stellen die beiden Basisgrößen dar und

dienen entsprechend der grafischen Darstellung des Heiserkeits-Diagramms [95].

Zur Abbildung in einem Diagramm wird die Irregularitätskomponente auf der x-Achse gegen die Rauschkomponente, welche die y-Achse darstellt, in einem Koordinatensystem aufgetragen. Die Abszisse weist Werte von 0 bis 10 auf, wohingegen die Ordinate in Schritte von 0 bis 5 unterteilt ist. Die Darstellung erfolgt in Form sogenannter Polygonzüge, welche sich laut Definition aus endlich vielen Geradenstücken zusammensetzen. Jeder Polygonzug macht dabei den zeitlichen Verlauf der Parameter Irregularität und Rauschen für die Stimmprobe eines einzelnen Vokals sichtbar. Um die Richtung der chronologischen Entwicklung wiederzugeben, sind der Anfang und das Ende eines jeden Polygonzuges durch offene bzw. geschlossene Symbole kenntlich gemacht. Zur Unterscheidung zwischen den Vokalen sind die einzelnen Polygonzüge in unterschiedlichen Farben dargestellt. Die exakte Zuordnung der einzelnen Farben zu den jeweiligen Vokalen ist in der ersten Spalte des Datenfeldes, welches sich unterhalb des Diagramms befindet, aufgeführt.

Zudem ist im Koordinatensystem eine schwarze Ellipse, welche sowohl den Mittelwert als auch die Streuungen symbolisiert, abgebildet. Ihr Mittelpunkt stellt die Mittelwerte aller Stimmproben dar. Die Halbachsen dieser Ellipse entsprechen den Standardabweichungen der Irregularität und des Rauschens. Somit bestimmen die beiden Standardabweichungen die Ausdehnung der Ellipse in Höhe und Breite.

Auf dem Ausdruck des Göttinger Heiserkeits-Diagramms befindet sich oberhalb der angesprochenen grafischen Darstellung ein Feld, in welchem das Untersuchungsdatum sowie die Patientenkennummer angegeben sind. Weiterhin besteht die Möglichkeit, nachträglich die Diagnose in einem speziellen Feld zu vermerken. Unterhalb des Diagramms ist ein Datenfeld in Form einer Tabelle eingefügt, in welcher die oben bereits angegebenen Parameter Periodenkorrelation, Jitter, Shimmer, GNE und Grundfrequenz sowie die Werte für die Irregularität und das Rauschen für jeden Vokal separat

aufgeführt sind. Des Weiteren sind die jeweiligen Standardabweichungen für die Irregularität und das Rauschen in dieser Tabelle angegeben. In der letzten Zeile sind die Mittelwerte über alle phonierten Vokale für jeden Parameter eingetragen.

3.2.5 Stimmbelastungstest

In dieser Studie kam zur Kontrolle der stimmlichen Belastbarkeit der computerbasierte Stimmbelastungstest nach Seidner [179] zum Einsatz. Es handelt sich dabei um einen klinisch erprobten und einfach anzuwendenden Wechseltest.

Bei der von der XION medical GmbH vertriebenen Analysesoftware DiVAS werden sowohl der Schalldruckpegel (in dB(A)) als auch die Grundfrequenz in Echtzeit gemessen.

Das dazugehörige XION-Mikrofon-Headset stellt durch eine spezielle integrierte Soundkarte eine automatische Kalibrierung des Mikrofonanschlusses sicher. Es garantiert dadurch die Durchführung des Belastungstests unter definierten, reproduzierbaren Verhältnissen und bedarf keinerlei weiterer Einstellungen oder Abstimmungen an dem aufzeichnenden Rechner. Das Headset weist eine Gesamtlänge von 53cm auf, wodurch ein Mund-Mikrofon-Abstand von 30cm erreicht wird. Es hat ein Gesamtgewicht von 160g. Die digitalisierten Daten wurden unter Verwendung des USB-Anschlusses an den PC weitergegeben (Abb. 3.04).



Abb. 3.04 – Darstellung des XION-Mikrofon-Headsets

Aufgezeichnet wurde der Wechseltest mit Hilfe eines Computers, der die folgenden Spezifikationen aufwies: Pentium4-3GHz-Rechner mit 1GB RAM, in welchem eine Legacy-Soundkarte sowie eine Intel-Grafikkarte verbaut war. Als Betriebssystem kam Windows XP Professional, Version 2002 mit SP 2, zum Einsatz.

Vor Beginn des Stimmbelastungstests mussten die personenbezogenen Daten wie Name, Vorname, Geburtsdatum sowie Patientenkennummer der jeweiligen Versuchsperson über eine in die Software integrierte Eingabemaske mittels Tastatur in die Datenbank eingegeben werden. Anschließend erfolgte für alle Versuchspersonen die gleiche ausführliche Instruktion bezüglich der Durchführung des Tests, wodurch sichergestellt wurde, dass für alle Patienten und Probanden standardisierte Bedingungen geschaffen wurden.

Der Stimmbelastungstest erstreckte sich über insgesamt 10 Minuten. Während dieser Zeitspanne sollten die Patienten einen Text ununterbrochen laut vorlesen. Zur Anwendung kam der Text des bekannten Märchens „Das tapfere Schneiderlein“. Der angestrebte Lautstärkepegel wechselte dabei im Minutentakt zwischen 75 dB(A) und 80 dB(A), weshalb der Test auch als Wechseltest bezeichnet wird. Für die Versuchspersonen bedeutet dies, dass sie in der ersten Minute einen Schalldruckpegel von mindestens 75 dB(A) erreichen sollten, woraufhin eine Minute lang das Erreichen einer erhöhten

Lautstärke von 80 dB(A) gefordert wurde. Anschließend sollte der Schalldruckpegel wieder auf 75 dB(A) gesenkt werden, um danach für eine Minute wieder auf eine Mindestanforderung von 80 dB(A) zu steigen usw. Aufgrund der Aufnahmedauer sowie der hohen Belastung infolge des geforderten Schalldruckpegels erfolgte die Aufnahme im Sitzen. Die Versuchspersonen wurden jedoch angewiesen, eine möglichst aufrechte Haltung einzunehmen, um gute Voraussetzungen für die volle stimmliche Leistungsfähigkeit zu schaffen.

Bei der Aufzeichnung des Stimmbelastungstests kam das oben bereits erwähnte, eigens für diese Zwecke entwickelte, Headset zur Anwendung, wodurch genormte Untersuchungsbedingungen sichergestellt werden konnten.



Abb. 3.05 & 3.06 – Bildschirmdarstellung bei Erreichen (grün) und Nicht-Erreichen (rot) der korrekten Lautstärke

Zur Motivation und Selbstkontrolle der Patienten bzw. Probanden wurde der erreichte Schalldruckpegel in Echtzeit am Monitor dargestellt. Dies geschah durch eine farbliche Signalisierung. Da diese farbliche Anzeige auf die gesamte Fläche des Computerbildschirms ausgedehnt und somit auch aus dem Augenwinkel deutlich erkennbar war, konnte jede Versuchsperson die eigene Lautstärke kontrollieren, ohne dafür von dem zu lesenden Text aufsehen zu müssen. So wurde sichergestellt, dass keine Störungen der Konzentration und somit des flüssigen Lesens der Versuchspersonen auftraten. Eine Pegelunterschreitung wurde hierbei in Form eines roten Monitors dargestellt (Abb. 3.06), während ein grün leuchtender Bildschirm den korrekten

Schalldruckpegel anzeigte (Abb. 3.05). Sobald die Versuchsperson die Mindestpegelanforderung um mehr als 10 dB(A) überschritt, wurde dies anhand einer schwarzen Bildschirmdarstellung verdeutlicht.

Der in den Einstellungen der Software regulierbare Parameter „max. allowed pause“ wurde mit 1500ms voreingestellt. Eine Pegelunterschreitung wurde also erst ab einer Dauer von eineinhalb Sekunden durch die Software als solche registriert. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass beispielsweise Atempausen nicht als Unterschreitung in die Auswertung eingingen, wodurch eine Verfälschung der Messergebnisse vermieden werden konnte.

Auf dem Computermonitor wurde außerdem die jeweils laufende Minute als große Zahl dargestellt. Am oberen Bildschirmrand wurden überdies der tatsächlich erreichte sowie der jeweils geforderte Schalldruckpegel angezeigt.

Da die Patienten bzw. Probanden weder den exakten Wechsel der Minuten noch den in der jeweiligen Minute verlangten Schalldruckpegel während des Lesens aus dem Augenwinkel erkennen konnten, wurde dies durch den Versuchsleiter angesagt.

Nach Abschluss der Messung wurde von der Software die Auswertung präsentiert. Dabei wurden der prozentuale Anteil der Unterschreitungen in Form eines Säulendiagramms, der zeitliche Verlauf des erreichten Schalldruckpegels (also der aufgewendeten Energie) sowie die mittlere Grundfrequenz für jede Sektion grafisch dargestellt. Zusätzlich war bei der Darstellung des Energieverlaufes der jeweils geforderte Mindestschallpegel in Form einer grünen Linie verzeichnet, sodass eine leichte optische Kontrolle daraufhin ermöglicht wurde, ob es häufige Über- oder Unterschreitungen gab.

Im oberen Bereich des Bildschirms wurde der Name des Patienten angezeigt. Unterhalb der Diagramme befanden sich zwei Felder, in denen sowohl der Patient selbst als auch der Untersucher eine Einschätzung der Leseleistung eintragen konnten. Weitere Kommentare konnte der Untersucher in einem Feld auf der rechten Seite vermerken. Dort befanden sich auch der Button für die Excel-Exportfunktion sowie die Steuerungstasten, mit deren Hilfe man sich den Belastungstest nochmals anhören konnte. Da die Software die Tonspur der

Aufnahme abspeichert, wurde ein späteres erneutes Abspielen sowie ein freies Navigieren in der Audioaufzeichnung ermöglicht.

Zur einfacheren Weiterverarbeitung der Daten konnten die ausführlichen Messergebnisse in Form einer Microsoft-Excel-Tabelle dargestellt und entsprechend zur Weiterverarbeitung gespeichert sowie ausgedruckt werden.

Wie eine solche grafische Auswertung eines Stimmbelastungstests aussehen kann, zeigen die im Anhang befindlichen Abbildungen A.02 und A.03. In den Tabellen A.02 und A.03 im Anhang sind die zugehörigen Daten zusammengefasst. In der Tabelle erfolgt für die jeweils einer Minute entsprechenden Intervalle die Auflistung sowohl der Mittelwerte als auch der Standardabweichungen der Parameter Schallpegel und Frequenz. Darüber hinaus wird das Failure, also die prozentuale Unterschreitung der geforderten Mindestlautstärke je Intervall, angegeben.

3.2.6 Befragung der Versuchspersonen nach Stimmbelastungstest

Im Anschluss an die stimmliche Belastung wurde den Versuchspersonen ein zweiter Fragebogen ausgehändigt. Dieser enthielt zusätzlich zwei Fragen, deren Beantwortung sich auf den absolvierten Belastungstest bezog. Zum einen erfasste er, inwieweit das laute Lesen die Patienten und Probanden anstrengte. Zum anderen verlangte er ihnen eine Selbsteinschätzung ab, wobei sie angeben mussten, ob es ihnen möglich war, die vorgegebene Lautstärke zu erreichen. Auch die Beantwortung dieser beiden Fragen sollte auf einer Skala von 0 bis 10 erfolgen. Bezüglich der Frage „Hat Sie das Lesen angestrengt?“ stand der Wert „0“ für „überhaupt nicht“, der Wert „10“ für „sehr“. Zur Beantwortung der Frage „War es für Sie möglich, die vorgegebene Lautstärke zu erreichen?“ reichte die Skala von „überhaupt nicht“ (Wert „0“) bis „immer“ (Wert „10“). Im Anhang ist auch dieser Fragebogen abgedruckt.

3.2.7 Schallanalytische Aufzeichnung nach Stimmbelastungstest

Daran anschließend fand eine erneute schallanalytische Aufzeichnung des Göttinger Heiserkeits-Diagramms statt. Die Durchführung erfolgte analog zu der unter 3.2.4 beschriebenen Aufzeichnung des ersten Heiserkeits-Diagramms.

3.2.8 Befragung der Versuchspersonen nach Erholungsphase

Nachdem die Versuchspersonen den Belastungstest sowie die sich anschließende erneute Aufnahme des Heiserkeits-Diagramms absolviert hatten, sollten sie eine halbstündige Stimmerholungsphase einlegen. Die Personen hatten somit 30 Minuten zu ihrer freien Verfügung, in denen sie sich frei im Hause oder in der Umgebung bewegen durften. Sie wurden jedoch angewiesen, in dieser Zeit möglichst nicht zu sprechen, um die komplette Zeit zur Stimmerholung nutzen zu können.

Nach dieser halben Stunde sollte der Fragebogen entsprechend 3.2.3 ein letztes Mal beantwortet werden.

3.2.9 Schallanalytische Aufzeichnung nach Erholungsphase

Auch die schallanalytische Aufzeichnung des Heiserkeits-Diagramms erfolgte nach der Stimmerholungsphase in oben beschriebener Weise ein letztes Mal.

3.3 Statistische Auswertung der Ergebnisse

Alle personenbezogenen Daten, sämtliche Messwerte sowie die gesamten Audioaufzeichnungen wurden in den zuvor genannten Computern separat für den Stimmbelastungstest sowie für das Göttinger Heiserkeits-Diagramm gespeichert. Selbstverständlich wurden auch die von den Patienten und

Probanden unterzeichneten Einverständniserklärungen sowie alle ausgefüllten Fragebögen sorgfältig archiviert. Damit stand das gesamte erhobene Datenmaterial für eine statistische Auswertung zur Verfügung und es wurde die sichere Reproduzierbarkeit gewährleistet.

Für die statistische Auswertung aller Daten kam das Programm SPSS 16.0 für Windows der Firma SPSS Inc., Chicago, zum Einsatz.

Im Rahmen der Auswertung der Messergebnisse kamen zunächst beschreibende Verfahren der Statistik zur Anwendung. Im Einzelnen erfolgte die Gruppierung der Daten sowie die Ermittlung von Mittelwerten und Standardabweichungen.

Dabei erfolgte die Berechnung und Ausgabe von Mittelwerten sowie Standardabweichungen des Stimmbelastungstests bereits durch die Software direkt im Anschluss an die Erhebung der Messergebnisse.

Zur Überprüfung wissenschaftlicher Vermutungen werden im Allgemeinen statistische Hypothesen aufgestellt. Sie sind bei Gruppenvergleichen meist so formuliert, dass das Ziel des Anwenders das Ablehnen der Hypothese ist. Als Signifikanzniveau (Fehler 1. Art, Fehlerwahrscheinlichkeit oder p-Wert) wird diejenige Wahrscheinlichkeit bezeichnet, mit der man irrtümlich eine richtige Hypothese ablehnt. Will man einen geringen Fehler beim Ablehnen der Hypothese machen, so sollte diese Wahrscheinlichkeit möglichst klein sein. Übliche Schranken sind $\alpha=0,05$ und $\alpha=0,01$. In dieser Arbeit wurde mit dem Signifikanzniveau, d.h. einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% gearbeitet.

Da bei den meisten Testverfahren vorausgesetzt wird, dass die Daten normalverteilt sind, wurde diese Voraussetzung zunächst mit dem von Lilliefors modifizierten Kolmogorov-Smirnov-Test überprüft.

Je nachdem, ob die Hypothese der Normalverteiltheit der Daten angenommen wird oder nicht, können parametrische Tests oder nicht-parametrische (Rang-) Tests durchgeführt werden.

Nicht alle in dieser Arbeit verwendeten metrischen Variablen waren normalverteilt. Es kamen demzufolge parametrische und nicht-parametrische Verfahren zum Testen von Hypothesen zur Verwendung.

Lag Normalverteilung vor, erfolgte die Überprüfung der Signifikanz innerhalb der Gruppen mit dem t-Test für abhängige Stichproben.

Für die nicht normalverteilten Daten wurde die Signifikanzprüfung innerhalb der Gruppen (abhängige Stichproben) mit dem Wilcoxon-Matched-Pair-Test durchgeführt. Dementsprechend kam zur Erhebung der Signifikanz bei nicht-parametrischen Merkmalen zwischen den Gruppen (unabhängige Stichproben) der Mann-Whitney-Test zur Anwendung.

Im Ergebnisteil werden die jeweils angewendeten Tests kurz genannt und die p-Werte angegeben. Testentscheidungen mit p-Werten zwischen 0,05 und 0,01 werden als signifikant bezeichnet. Werte kleiner als 0,01 gelten als hochsignifikant.

Bei den Korrelationskoeffizienten wurde die Hypothese getestet, dass die Koeffizienten gleich null sind. Allerdings gelten erst Korrelationskoeffizienten ab 0,7 als bedeutend für einen Zusammenhang.

Für verschiedene Fragestellungen und Voraussetzungen werden im Folgenden die Namen der in der Arbeit verwendeten Tests und die damit geprüften Hypothesen aufgelistet [50, 73, 131].

Test	Anwendung	Hypothese
Wilcoxon-Matched-Pair-Test	Größenvergleich von zwei verschiedenen Variablen bei nicht normalverteilten Daten	gleiche Rangsummen der positiven und der negativen Differenzen zwischen den zu untersuchenden Variablen
Mann-Whitney-Test	Gruppenvergleiche (zwei Gruppen) bei nicht normalverteilten Daten	Gleichheit der Verteilungen in den Gruppen
t-Test für abhängige Stichproben	Größenvergleich von zwei verschiedenen Variablen bei Normalverteiltheit	Mittelwert der Differenzvariablen ist Null

Tab. 3.02 – Auflistung der verwendeten Tests

Zusammenhangsmaß	Anwendung	Hypothese
Spearmanscher Rangkorrelationskoeffizient	Messung der monotonen Abhängigkeit von wenigstens ordinalskalierten Daten	Korrelationskoeffizient ist gleich Null (bei nicht normalverteilten Daten)

Tab. 3.03 – Auflistung der verwendeten Tests

4 Ergebnisse

4.1 Berufliche Stimmbelastung

Jede der untersuchten Personen wurde einer von drei Kategorien unterschiedlicher beruflicher Sprechbelastung zugeteilt. Die Einteilung in die Gruppen der verschiedenen Sprechbelastungen wurde in Anlehnung an die Zuordnung nach Vilkmann erarbeitet.

Die Aufteilung der verschiedenen Berufe in die einzelnen Kategorien (niedrige, mittlere und hohe Sprechbelastung) ist in Tabelle 4.01 aufgeführt.

Niedrige Sprechbelastung	Laboranten, Bibliothekare, Hausfrauen, Studenten, Verwaltungsangestellte, Arbeiter, Rentner
Mittlere Sprechbelastung	Bankangestellte, Büroangestellte, Ärzte, Anwälte, Pflegepersonal, Lehramtsstudenten, Logopädieschüler
Hohe Sprechbelastung	Lehrer, Erzieher, Telefonisten, Priester, Logopäden

Tab. 4.01 – Einteilung der Berufe in die Kategorien der unterschiedlichen Sprechbelastung

Die exakte Verteilung der Patienten und Probanden auf die drei Sprechbelastungslevel ist den im Anhang befindlichen Tabellen A.04 und A.05 zu entnehmen.

Vom gesamten untersuchten Personenkollektiv wiesen 24,2% (n=15) eine hohe, 33,9% (n=21) eine mittlere und 41,9% (n=26) eine niedrige Sprechbelastung auf.

Differenziert man zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe, so ergibt sich, dass in den traditionell stimmintensiven Berufen (hohe Sprechbelastung) 30,4% (n=14) der Patienten und 6,3% (n=1) der Probanden arbeiteten. Einen

Beruf mit einer mittleren Sprechbelastung übten hingegen 32,6% (n=15) der Patienten und 37,5% (n=6) der Probanden aus. Demgegenüber waren in Berufen mit einer niedrigen Sprechbelastung 36,9% (n=17) der Patienten sowie 56,3% (n=9) der Probanden beschäftigt.

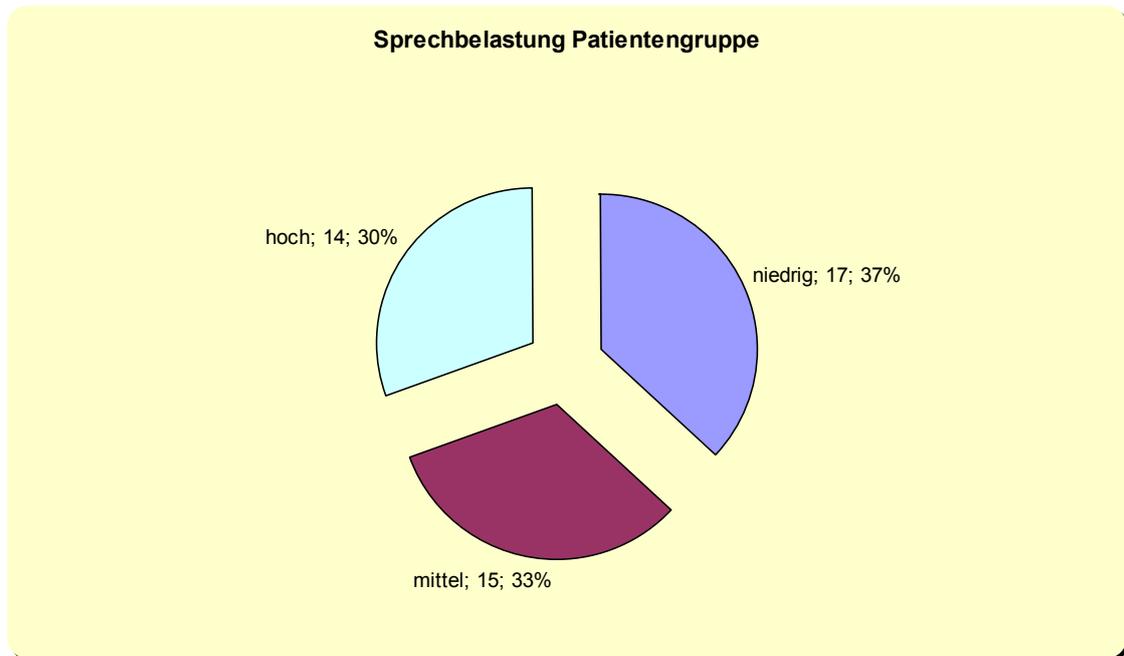


Abb. 4.01 – Sprechbelastung in der Patientengruppe

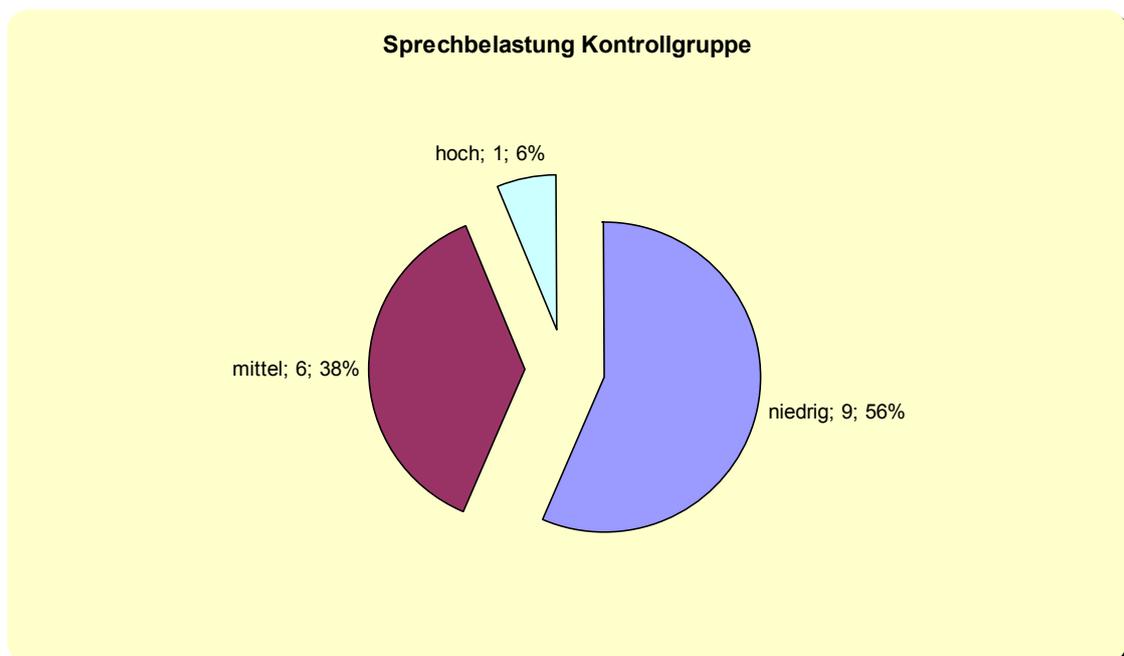


Abb. 4.02 – Sprechbelastung in der Kontrollgruppe

Es zeigte sich somit eine ausgewogene Verteilung der Patienten auf die drei Sprechbelastungslevel. In der Kontrollgruppe überwog hingegen deutlich der Anteil der Personen, die einen Beruf mit einer niedrigen Sprechbelastung ausübten.

Bei der Unterscheidung nach den Geschlechtern im Gesamtkollektiv kommt man zu dem Ergebnis, dass 28,6% (n=12) der Frauen einen sprechintensiven Beruf ausübten und je 35,7% (n=15) in einem Beruf mit mittlerer bzw. niedriger Sprechbelastung arbeiteten. Unter den Männern wiesen 15% (n=3) ein hohes, 30% (n=6) ein mittleres und 55% (n=11) ein niedriges berufliches Sprechbelastungsniveau auf.

Differenziert man sowohl nach der Patienten- und Kontrollgruppe als auch nach dem Geschlecht, so ergibt sich, dass 32,4% (n=11) der Patientinnen einen stimmintensiven Beruf ausübten, 32,4% (n=11) in einem Beruf mit einer mittleren Sprechbelastung arbeiteten und 35,3% (n=12) der Patientinnen eine niedrige berufliche Sprechbelastung hatten. Bei den Patienten arbeiteten 25% (n=3) in einem Beruf mit hoher Sprechbelastung, 33,3% (n=4) hatten eine mittlere und 41,7% (n=5) eine niedrige berufliche Sprechbelastung.

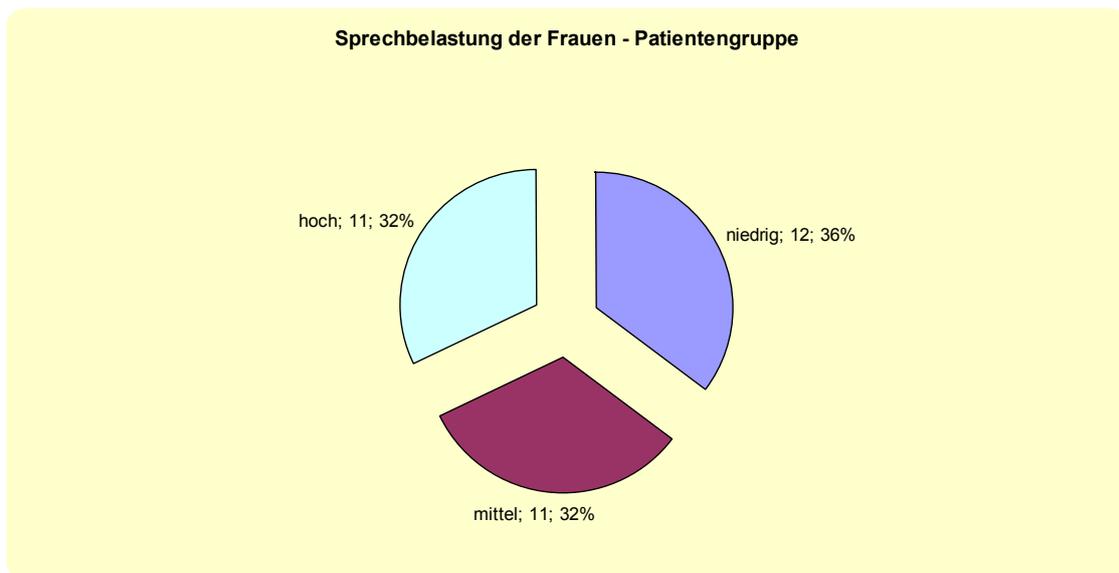


Abb. 4.03 – Sprechbelastung der Frauen – Patientengruppe

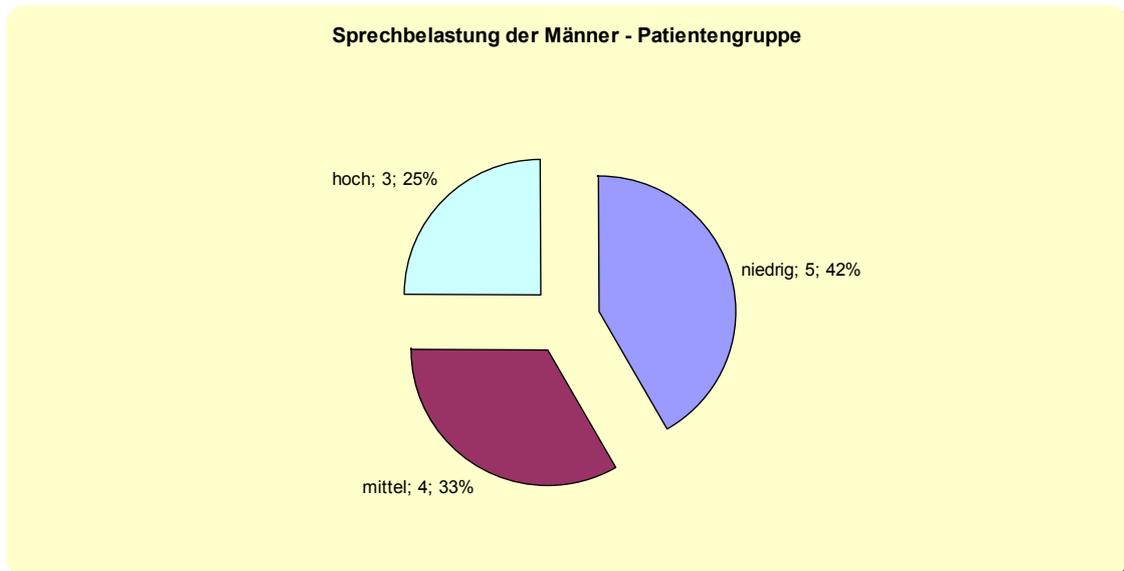


Abb. 4.04 – Sprechbelastung der Männer – Patientengruppe

Bei den Frauen der Patientengruppe lag demzufolge eine recht gleichmäßige Verteilung zwischen niedriger, mittlerer und hoher Sprechbelastung vor. Die Männer arbeiteten zu einem etwas größeren Anteil in Berufen mit einer niedrigen Sprechbelastung.

In der Gruppe der Probandinnen übte lediglich eine (12,5%, n=1) der Frauen einen stimmintensiven Beruf aus, 50% (n=4) arbeiteten in einem Beruf mit mittlerer Sprechbelastung und 37,5% (n=3) von ihnen hatten eine geringe berufliche Sprechbelastung. Unter den Probanden gab es keinen Mann, der eine hohe Sprechbelastung aufwies (0%, n=0), 25% (n=2) arbeiteten in einem Beruf mit mittlerer und 75% (n=6) in einem Beruf mit niedriger Sprechbelastung.

4.2 Stimmbelastungstest

Es kann zunächst festgestellt werden, dass alle an der Studie teilnehmenden Personen in der Lage waren, den Belastungstest über die vollen 10 Minuten zu absolvieren. Wenngleich einige der Versuchspersonen Schwierigkeiten hatten, den durchaus hohen Schallpegelanforderungen gerecht zu werden, fand sich weder unter den stimmkranken Patienten noch in der Kontrollgruppe ohne

stimmliche Auffälligkeiten eine Person, die den Test vorzeitig abbrechen musste.

4.2.1 Erreichte Lautstärke – Patientengruppe

Im Rahmen des Stimmbelastungstests wurde neben weiteren Parametern ununterbrochen die Lautstärke registriert. Nach der Beendigung des zehnminütigen Tests wurde der Mittelwert der erreichten Lautstärke für jede Minute für den jeweils untersuchten Patienten angegeben. Im Rahmen der Auswertung wurde der Mittelwert der Lautstärke von allen Patienten für jede Minute errechnet. Diese Werte sind in Abbildung 4.05 dargestellt.

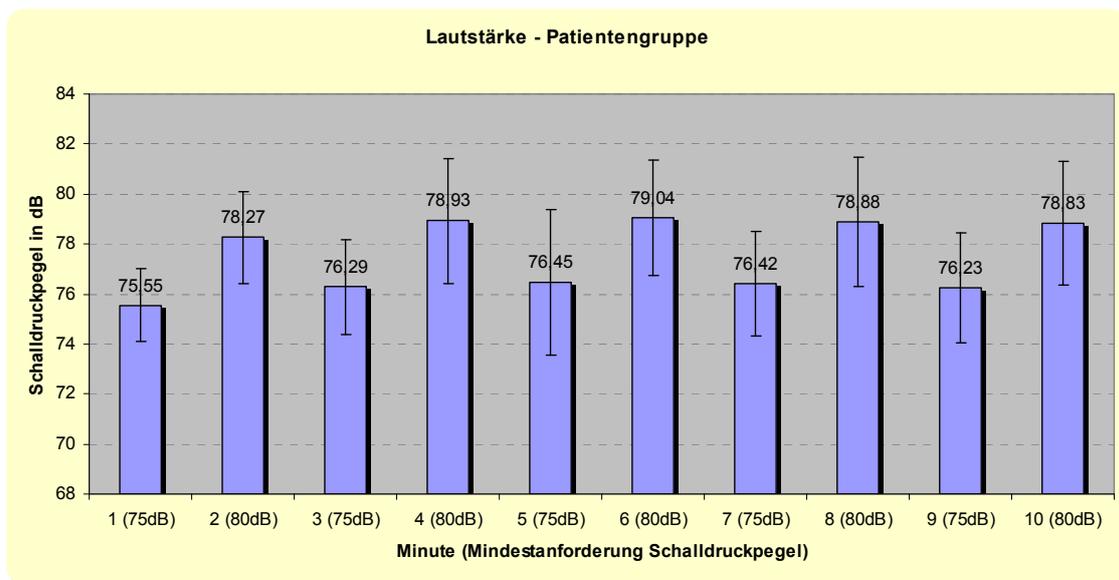


Abb. 4.05 – erreichte Lautstärke in der Patientengruppe

Der grafischen Darstellung ist zu entnehmen, dass es den Patienten offensichtlich keine Probleme bereitete, die geforderten 75 dB(A) zu erreichen. Mit Werten zwischen 75,55 dB(A) und 76,45 dB(A) überschritten die Patienten im Mittel die Anforderung von 75 dB(A). Dabei wurde der kleinste Wert in der ersten Minute ermittelt. In den Minuten 3, 5, 7 und 9 lag die Lautstärke zwischen 76,23 dB(A) und 76,45 dB(A).

Anders stellte sich die Situation bei den geforderten 80 dB(A) dar. Hier schienen die Patienten durchschnittlich deutlich größere Schwierigkeiten zu haben, den Anforderungen gerecht zu werden. Die erreichten Schalldruckpegel lagen zwischen 78,27 dB(A) und 79,04 dB(A). Auch hier entfiel die geringste Lautstärke auf den ersten betrachteten Zeitpunkt (in diesem Fall also die 2. Minute). In den Minuten 4, 6, 8 und 10 wurden Lautstärken zwischen 78,83 dB(A) und 79,04 dB(A) registriert.

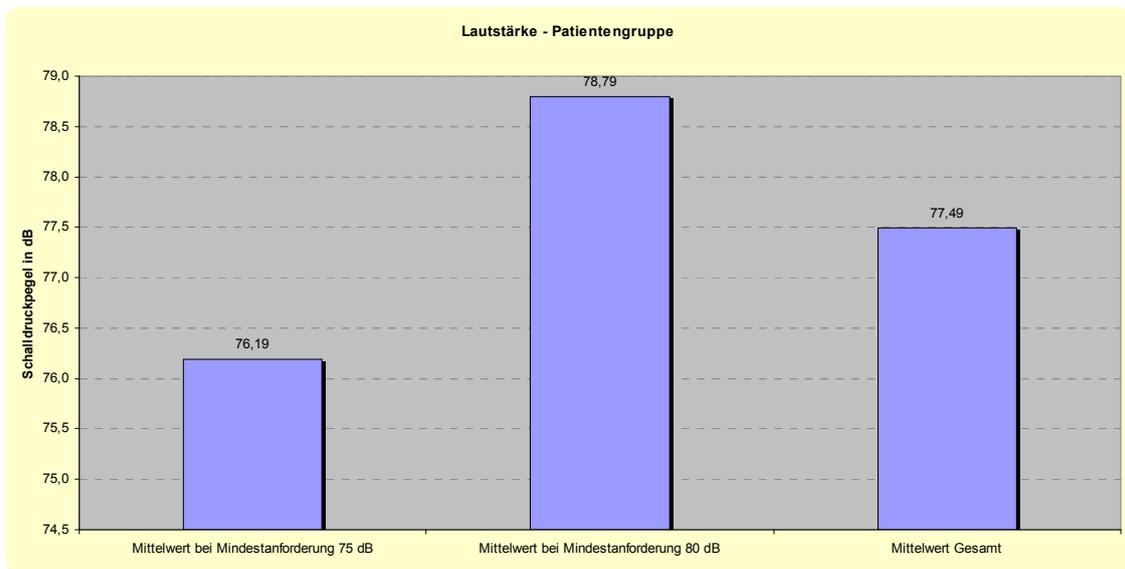


Abb. 4.06 – erreichte Lautstärke in der Patientengruppe

Den oben beschriebenen Werten entsprechend, lag der Mittelwert der Minuten 1, 3, 5, 7 und 9, also der Minuten, in denen mindestens 75 dB(A) erreicht werden sollten, bei $\sim 76,2$ dB(A). Der Mittelwert aus den Minuten in denen 80 dB(A) gefordert waren (Minuten 2, 4, 6, 8 und 10) lag bei $\sim 78,8$ dB(A). Im Durchschnitt erreichten die Patienten während des gesamten Tests eine Lautstärke von $\sim 77,5$ dB(A).

Die einzelnen Werte der Patienten streuten jedoch sehr breit. So lag der niedrigste über eine Minute gemittelte Schalldruckpegel bei der Mindestanforderung von 75 dB(A) bei 61,9 dB(A). Als Maximalwert konnten in den gleichen Minuten 80,1 dB(A) registriert werden.

In den Minuten, in denen 80 dB(A) erreicht werden sollten, schwankten die tatsächlich erreichten Lautstärken zwischen 67,9 dB(A) und 82,9 dB(A).

4.2.2 Erreichte Lautstärke – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

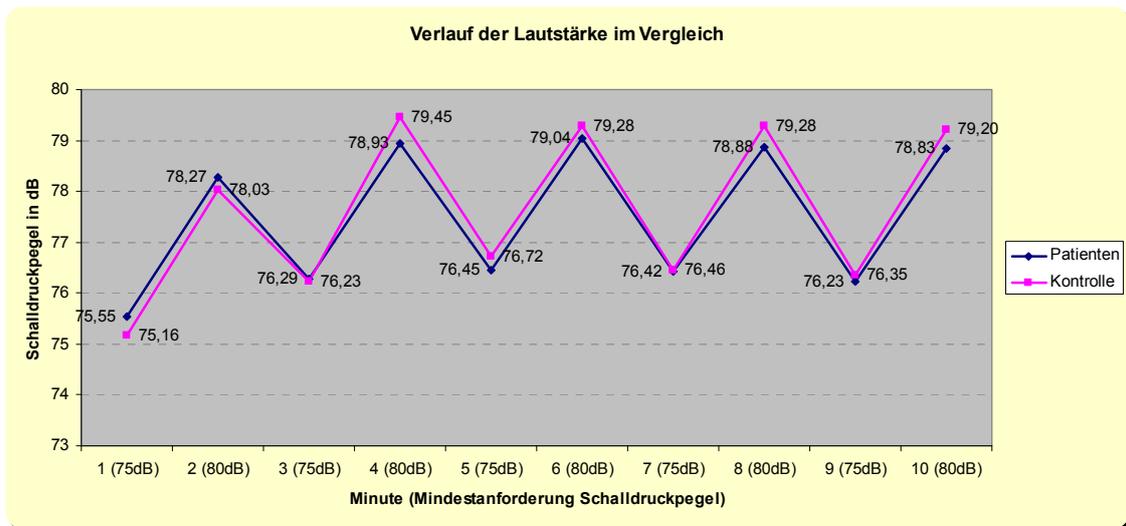


Abb. 4.07 – Vergleich der erreichten Lautstärke zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Bei der Auswertung des obenstehenden Diagramms wird deutlich, dass zwischen der erreichten Lautstärke der Patienten und der der Kontrollgruppe keine erwähnenswerten Unterschiede bestanden.

In der grafischen Darstellung ist weiterhin zu erkennen, dass die Lautstärke in der Kontrollgruppe, ebenso wie es bereits für die Patientengruppe beschrieben wurde, in den ersten beiden Minuten geringer ausfiel als in den darauffolgenden Minuten.

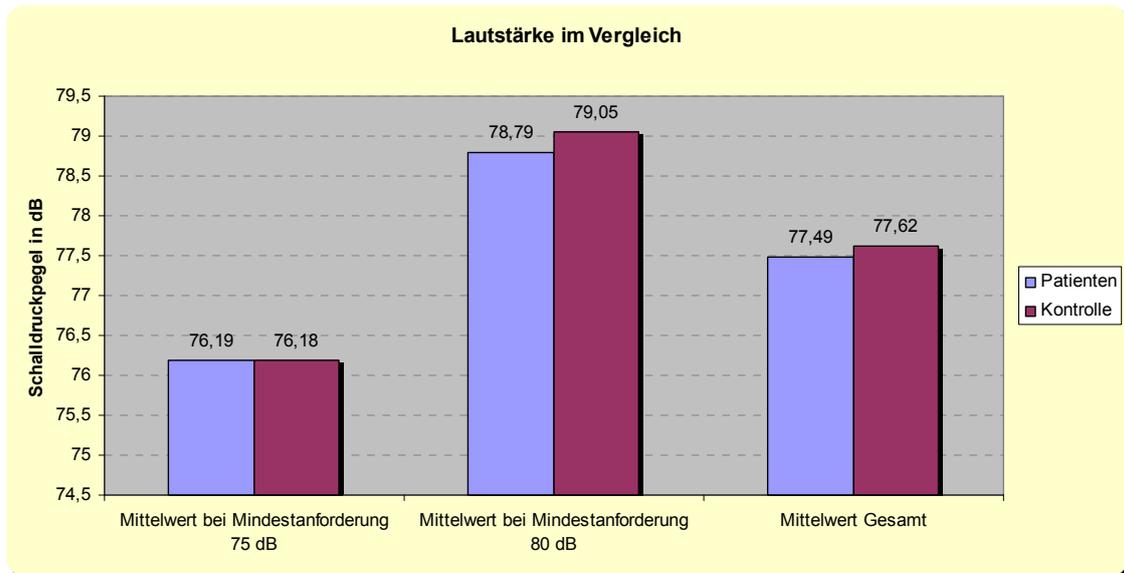


Abb. 4.08 – Vergleich der erreichten Lautstärke zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Auch die Mittelwerte der erreichten Lautstärken unterschieden sich nur unwesentlich zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe.

Die Maximalwerte der Patientengruppe gleichen nahezu exakt den höchsten erreichten Schalldruckpegeln der Kontrollgruppe.

Die Minimalwerte unterschieden sich hingegen sehr deutlich. Während in der Patientengruppe der leiseste über eine Minute gemittelte Schalldruckpegel mit 61,9 dB(A) für die Mindestanforderung von 75 dB(A) registriert wurde, lag das Lautstärkeminimum in der Kontrollgruppe bei 72,8 dB(A). In den Minuten, in denen 80 dB(A) gefordert waren, lag das Minimum der Patienten bei 67,9, während der leiseste in den gleichen Minuten in der Kontrollgruppe ermittelte Wert mit 74,6 dB(A) registriert wurde.

4.2.3 Prozentuale Unterschreitung – Patientengruppe

Ein weiterer Parameter, der im Verlauf des Stimmbelastungstests ständig ermittelt wurde, war die prozentuale Unterschreitung. Ihr Wert sagt aus, zu welchem Prozentsatz in der jeweiligen Minute die geforderte Lautstärke nicht erreicht wurde.

Wie bereits erwähnt, wurde im Verlauf des Stimmbelastungstests ununterbrochen die tatsächlich erreichte Lautstärke aufgezeichnet. In dieser Auswertung wurde die tatsächlich erreichte Lautstärke mit der zu erreichenden Lautstärke verglichen. Nach dem Abschluss der jeweiligen Messungen wurde für jede Minute berechnet, um wie viel Prozent die tatsächlich erreichte Lautstärke die vorgegebene Mindestlautstärke unterschritt.

Wie schon für die Lautstärke beschrieben, wurde auch die prozentuale Unterschreitung am Ende des Stimmbelastungstests für jede Minute des jeweils untersuchten Patienten vom Computer angezeigt. Gemittelt wurden dann, in gleicher Weise wie in Kapitel 4.2.1 beschrieben, die Werte aller Patienten für die einzelnen Minuten.

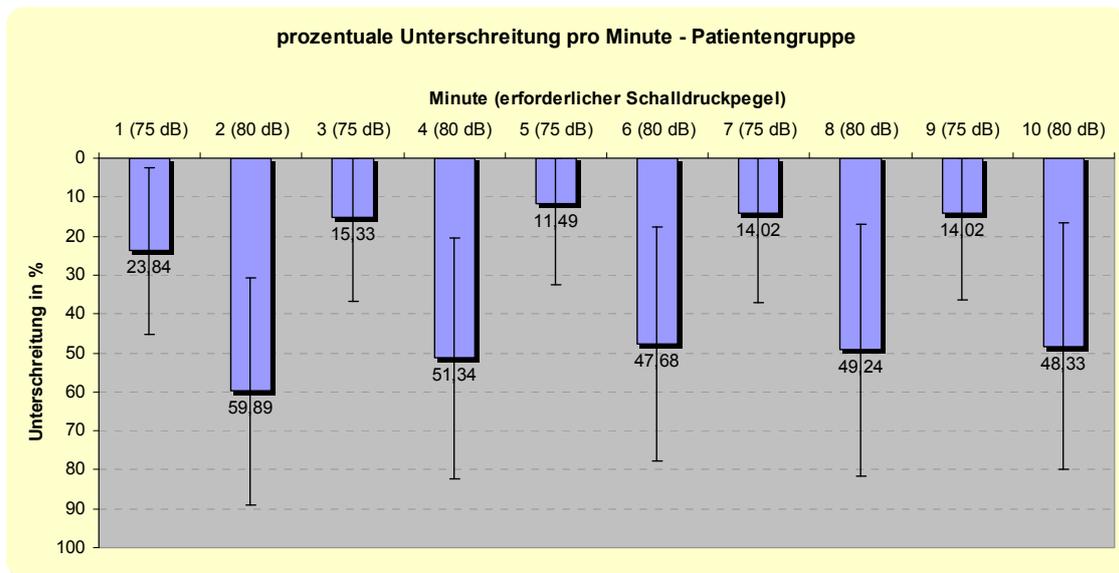


Abb. 4.09 – prozentuale Unterschreitung pro Minute in der Patientengruppe

Den Ergebnissen der erreichten Lautstärke entsprechend, fielen die prozentualen Unterschreitungen in der 1. und 2. Minute mit 23,8% bei 75 dB(A) bzw. 59,9% bei 80 dB(A) deutlich höher aus, als in den entsprechenden darauffolgenden Minuten. In der 3., 5., 7. und 9. Minute lagen die Unterschreitungen bei der Mindestanforderung von 75 dB(A) bei ungefähr 14%. In den übrigen Minuten, in denen 80 dB(A) erreicht werden sollten (Minuten 4, 6, 8 und 10), pendelten sich die Unterschreitungen bei etwa 50% ein.

Es ergaben sich sehr starke Unterschiede in der prozentualen Unterschreitung zwischen den Minuten, in denen 75 dB(A) gefordert waren und denen, in welchen den Versuchspersonen 80 dB(A) abverlangt wurden.

Die gleichen deutlichen Unterschiede zeigten sich natürlich auch bei den Mittelwerten der prozentualen Unterschreitungen bei der Mindestanforderung von 75 bzw. 80 dB(A). Diese Mittelwerte lagen, den oben erläuterten Ergebnissen entsprechend, bei 15,74 respektive 51,3%. Es wurden hierfür jeweils alle Unterschreitungen der Minuten mit Mindestschalldruckpegel von 75 dB(A) bzw. 80 dB(A) zusammengefasst und gemittelt.

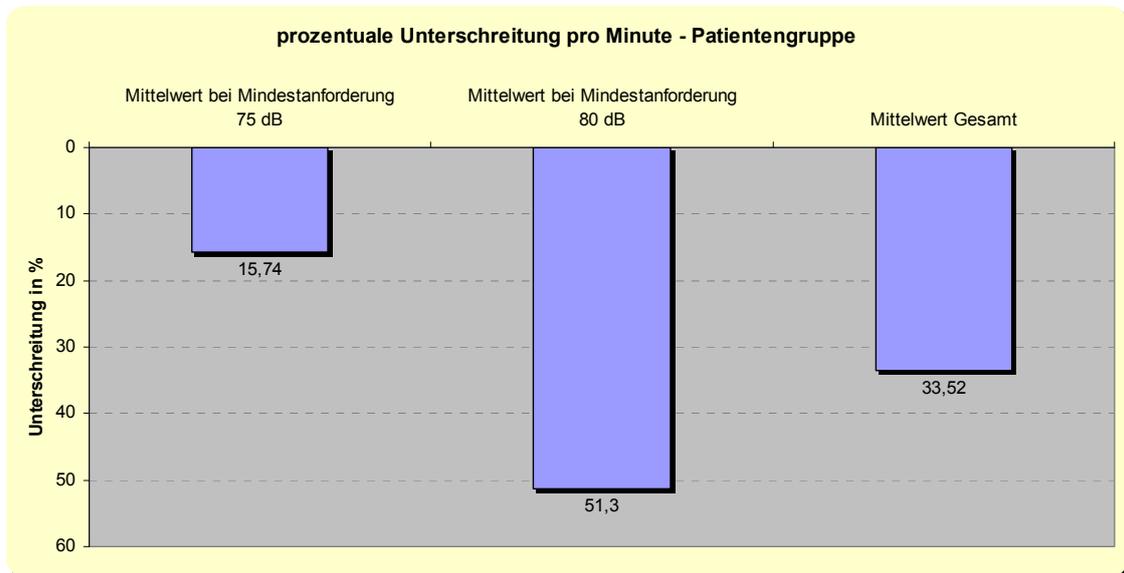


Abb. 4.10 – prozentuale Unterschreitung pro Minute in der Patientengruppe

Durchschnittlich betragen die prozentualen Unterschreitungen 33,5%. Dabei gab es Patienten, die teilweise fast überhaupt nicht auf die geforderte Lautstärke kamen und dementsprechend Unterschreitungen von mehr als 98% aufwiesen. Auf der anderen Seite gab es Patienten, die nahezu ununterbrochen die Mindestanforderungen erfüllten, bei denen also überhaupt keine oder nur sehr geringe Unterschreitungen registriert werden konnten. Dabei konnten keine Unterschiede zwischen Minuten, in denen 75 dB(A) erreicht werden sollten und denen mit Mindestanforderung 80 dB(A) festgestellt werden.

4.2.4 Prozentuale Unterschreitung – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Es sollte weiterhin überprüft werden, ob Unterschiede in der prozentualen Unterschreitung zwischen der Gruppe der Patienten und der Kontrollgruppe bestanden. Untersucht wurden zunächst auch hier die Mittelwerte der Schalldruckpegelunterschreitungen der einzelnen Minuten.

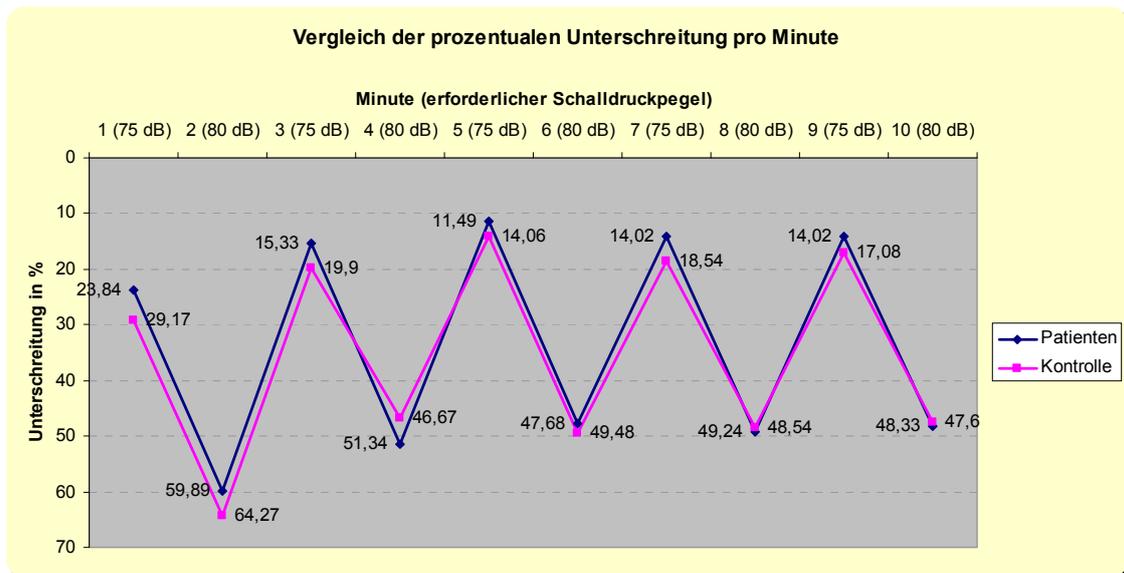


Abb. 4.11 – Vergleich der prozentualen Unterschreitung pro Minute zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Bei dem Vergleich der prozentualen Unterschreitungen konnten lediglich minimale Unterschiede zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe registriert werden. Somit beschrieb die prozentuale Unterschreitung der Kontrollgruppe einen nahezu identischen Verlauf wie die der Patientengruppe.

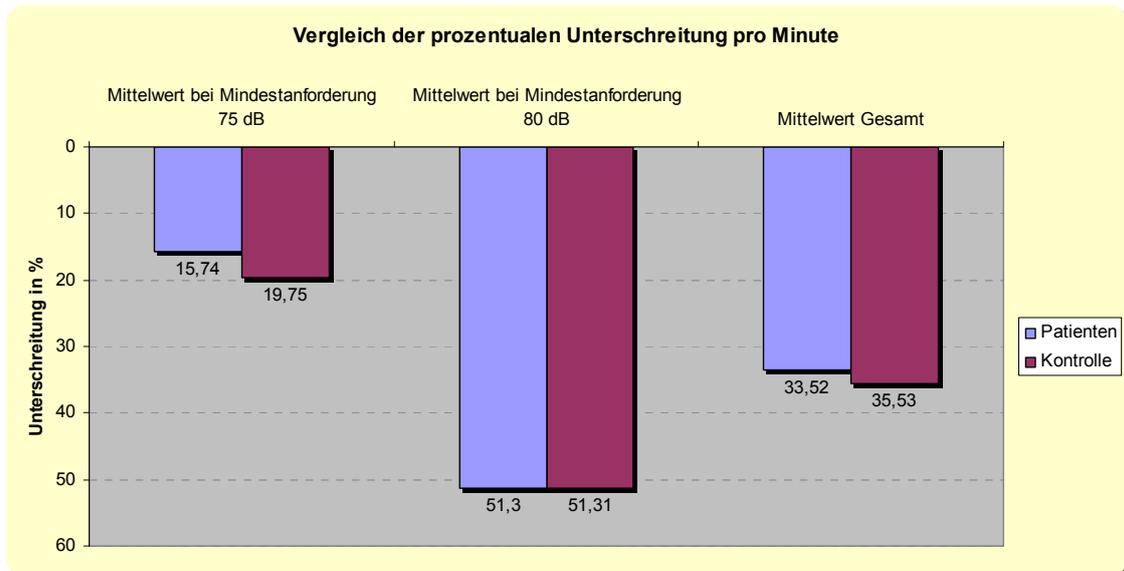


Abb. 4.12 – Vergleich der prozentualen Unterschreitung pro Minute zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Auch bei der Gegenüberstellung der verschiedenen Mittelwerte ergaben sich nahezu keine Unterschiede zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe. Erstaunlich hierbei war jedoch, dass diese minimalen Differenzen in allen Fällen zugunsten der Patienten ausfielen. Dies bedeutet, dass die Kontrollgruppe jeweils geringfügig seltener die geforderte Lautstärke erreichte.

Bei den Minimal- und Maximalwerten der prozentualen Unterschreitung bei der Mindestanforderung von 80 dB(A) sowie bei den beiden Minima bei 75 dB(A) ließen sich keine erwähnenswerten Unterschiede aufzeigen. Klare Differenzen zeigten sich lediglich bei den Maximalwerten bei 75 dB(A). Hier lagen die prozentualen Unterschreitungen der Patientengruppe mit 98,33% deutlich über denen der Kontrollgruppe, die lediglich 75% Unterschreitung aufwiesen.

4.3 Schallanalytische Untersuchungen

4.3.1 Irregularität und Rauschen – Patientengruppe

Die Parameter Irregularität und Rauschen wurden im Rahmen des Göttinger Heiserkeits-Diagramms zu drei verschiedenen Zeitpunkten im Verlauf der

Studie erhoben. Die Erfassung erfolgte vor und nach der Durchführung des Stimmbelastungstests sowie nach der Stimmerholungsphase.

Wie im Kapitel „Material und Methode“ bereits beschrieben, wurden beide Parameter nicht direkt gemessen, sondern sie wurden automatisch aus anderen erfassten Werten berechnet. Bei der Irregularität sind dies der Jitter, der Shimmer sowie die Periodenkorrelation, wohingegen das Rauschen durch die Transformation von 1-GNE ermittelt wird.

Beide Parameter dienen der objektiven Stimmbewertung sowie, damit in Zusammenhang stehend, der grafischen Darstellung des Göttinger Heiserkeits-Diagramms. Die Irregularität bildet dabei die x-Achse und ihr Wert kann von 0 bis 10 reichen. Das Rauschen ist auf der y-Achse aufgetragen und kann Werte zwischen 0 und 5 annehmen.

Zur Auswertung wurden die Mittelwerte des jeweiligen Parameters von allen Patienten, differenziert nach den unterschiedlichen Erfassungszeitpunkten, gebildet.

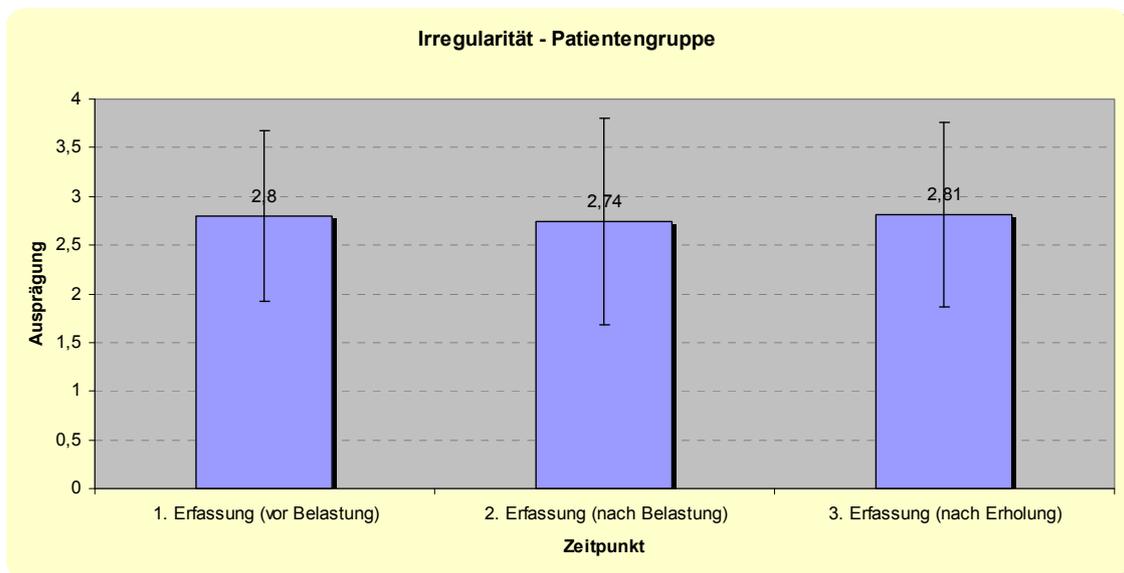


Abb. 4.13 – Irregularität in der Patientengruppe

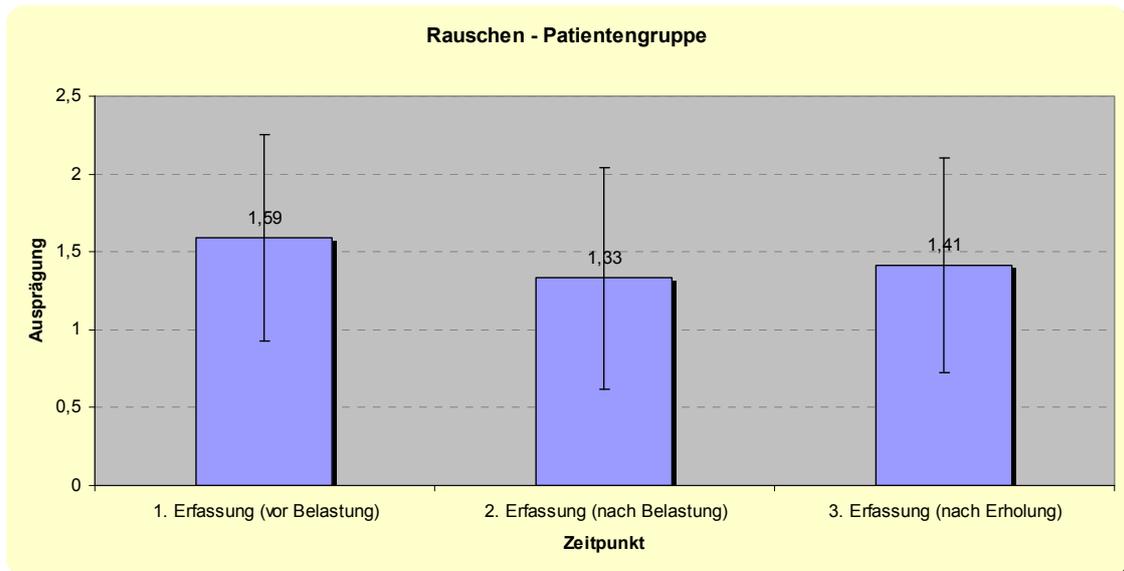


Abb. 4.14 – Rauschen in der Patientengruppe

Die Irregularität nahm im Mittel aller untersuchten Patienten Werte zwischen 2,74 (Zeitpunkt 2) und ~2,8 (Zeitpunkte 1 und 3) an.

Die Mittelwerte des Parameters Rauschen reichten von 1,33 (Zeitpunkt 2), über 1,41 (Zeitpunkt 3) bis 1,59 (Zeitpunkt 1).

Die Werte der Irregularität zeigten eine sehr große Schwankungsbreite und lagen zwischen 1,19 und 8,07. Im Mittel wiesen die Patienten einen Irregularitätswert von 2,78 auf.

Auch beim Parameter Rauschen streuten die Werte recht stark. Es wurden Minima von 0,47 und Maxima von 3,66 erfasst. Im Durchschnitt lag das Rauschen bei 1,45.

4.3.2 Irregularität und Rauschen – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Die oben beschriebenen Mittelwerte der Irregularität bzw. des Rauschens zu den einzelnen Zeitpunkten wurden auch für die Kontrollgruppe berechnet.

Anschließend erfolgte der Vergleich dieser Parameter zwischen Patienten- und Kontrollgruppe.

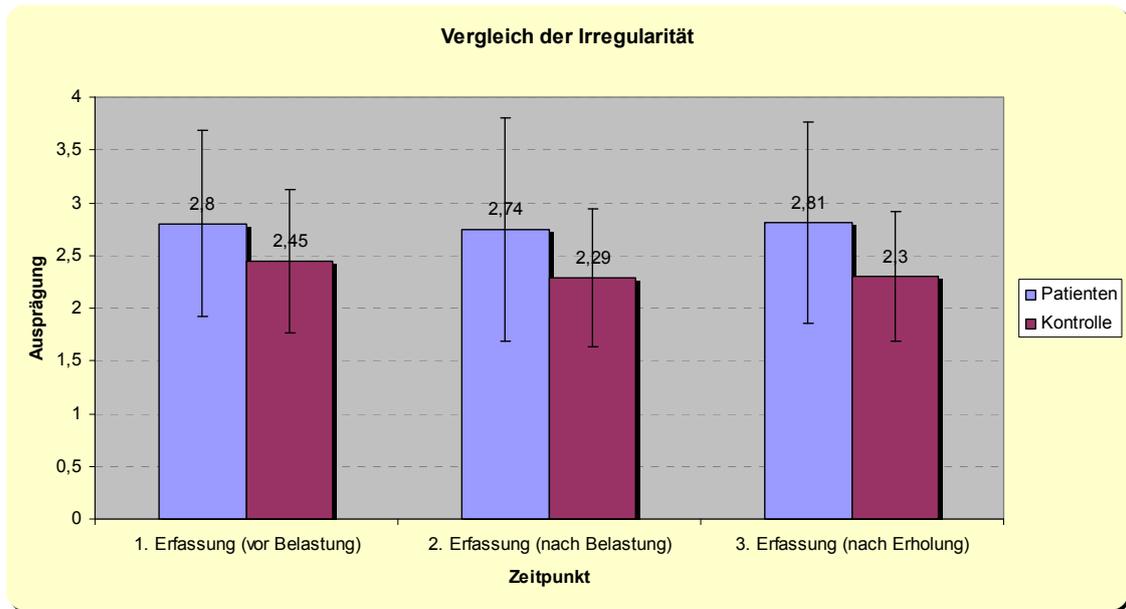


Abb. 4.15 – Vergleich der Irregularität zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

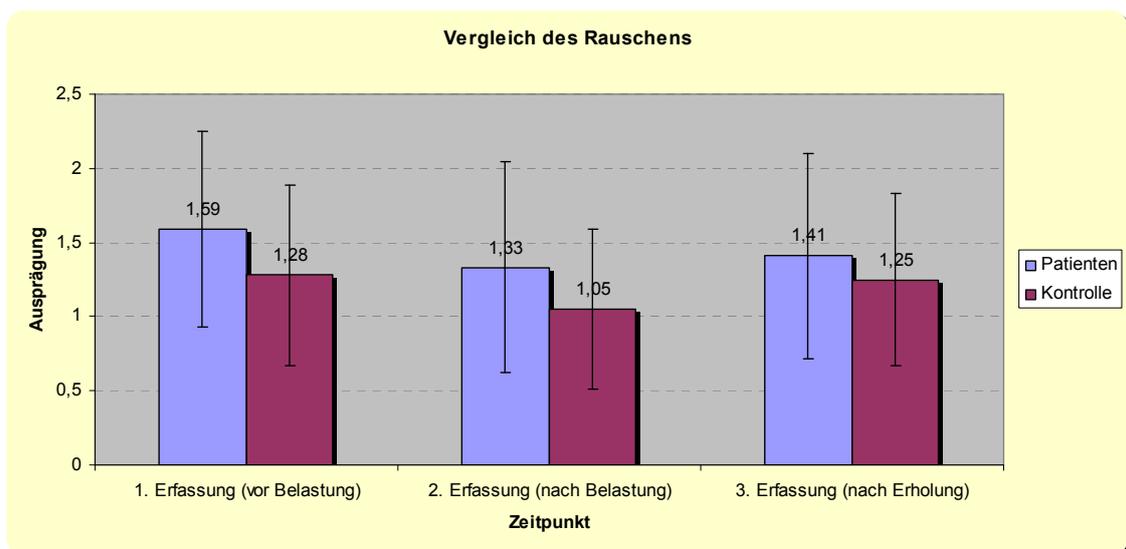


Abb. 4.16 – Vergleich des Rauschens zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Beim Vergleich der Irregularität zwischen Patienten- und Kontrollgruppe fielen lediglich geringe Unterschiede auf. Die Werte der Patienten lagen dabei jeweils etwas höher und waren damit geringfügig auffälliger als die der Kontrollgruppe. Ein ähnliches Bild wie bei der Irregularität zeigte sich auch beim Rauschen. Dieser Parameter fiel in der Patientengruppe ebenfalls zu allen drei Erfassungszeitpunkten ein wenig höher aus als in der Kontrollgruppe.

Der kleinste Irregularitätswert und der Mittelwert der Irregularität unterschieden sich kaum zwischen Patienten- und Kontrollgruppe. Eine sehr große Differenz war jedoch beim Maximalwert zu beobachten. Während der höchste Wert der Kontrollgruppe mit 3,52 ermittelt wurde, lag das Maximum der Patientengruppe bei 8,07.

Auch beim Parameter Rauschen konnten deutliche Unterschiede der Maxima festgestellt werden, jedoch fielen die Differenzen mit Werten von 2,77 für die Kontrollgruppe und 3,66 für die Patientengruppe nicht so drastisch aus wie bei der Irregularität. Die Minimal- sowie die Mittelwerte des Rauschens wiesen lediglich geringfügige Unterschiede auf.

4.3.3 Irregularität und Rauschen im Verlauf der Untersuchung – Patientengruppe

Wie bereits erwähnt, wurden für jede untersuchte Person insgesamt drei Ausfertigungen des Göttinger Heiserkeits-Diagramms erstellt, woraus entsprechend drei verschiedene Werte sowohl für die Irregularität als auch für das Rauschen resultierten.

Im Rahmen dieser Auswertung wurde nicht darauf geachtet, wie stark die Irregularität oder das Rauschen zu den einzelnen Zeitpunkten ausgeprägt war, sondern es wurde der zeitliche Verlauf der beiden Parameter beobachtet.

Es wurden hierfür alle drei Werte untereinander verglichen, wodurch sich Aussagen über den Verlauf des jeweiligen Parameters ergaben. Die in der chronologischen Reihenfolge zuerst erfassten Werte wurden von den darauffolgend ermittelten Werten subtrahiert.

Bezüglich der Irregularität lief die Berechnung der zeitlichen Veränderung wie nachfolgend kurz erläutert ab.

Der an erster Stelle ermittelte Wert wurde von dem zweiten Wert abgezogen. Damit zeigte sich der Verlauf der Irregularität vom Beginn des Tests bis zum

Zeitpunkt direkt nach dem Stimmbelastungstest. Es ließen sich anhand dessen also Aussagen darüber treffen, ob sich die Rauigkeit (oder im Falle des Rauschens die Behauchung) im Verlauf des lauten Lesens veränderte.

Anschließend wurde der weitere Verlauf der Irregularität in der Zeit von der Stimmbelastung bis zum Abschluss der Stimmerholungsphase ermittelt. Dafür wurde der zweite Wert vom dritten ermittelten Wert subtrahiert. Hiermit sollte herausgefunden werden, ob und inwieweit sich die Stimme in der Erholungsphase nach dem Stimmbelastungstest erholen konnte.

Indem der erste erfasste Wert der Irregularität von dem dritten ermittelten Wert abgezogen wurde, konnten Aussagen darüber getroffen werden, inwieweit sich die Stimme im Rahmen der gesamten Untersuchung veränderte.

Die beschriebene Auswertung wurde neben dem Parameter Irregularität in gleicher Weise auch für den Parameter Rauschen durchgeführt.

Wie der im Anhang befindlichen Tabelle A.22 zu entnehmen ist, können die Ergebnisse der angegebenen Subtraktionen sowohl positive als auch negative Vorzeichen annehmen. Positive Differenzen lassen darauf schließen, dass sich die Rauigkeit / Behauchung im Verlauf der Studie verstärkt hat. An negativen Differenzen ist erkennbar, dass die Intensität der Rauigkeit / Behauchung im Untersuchungsverlauf abgenommen hat.

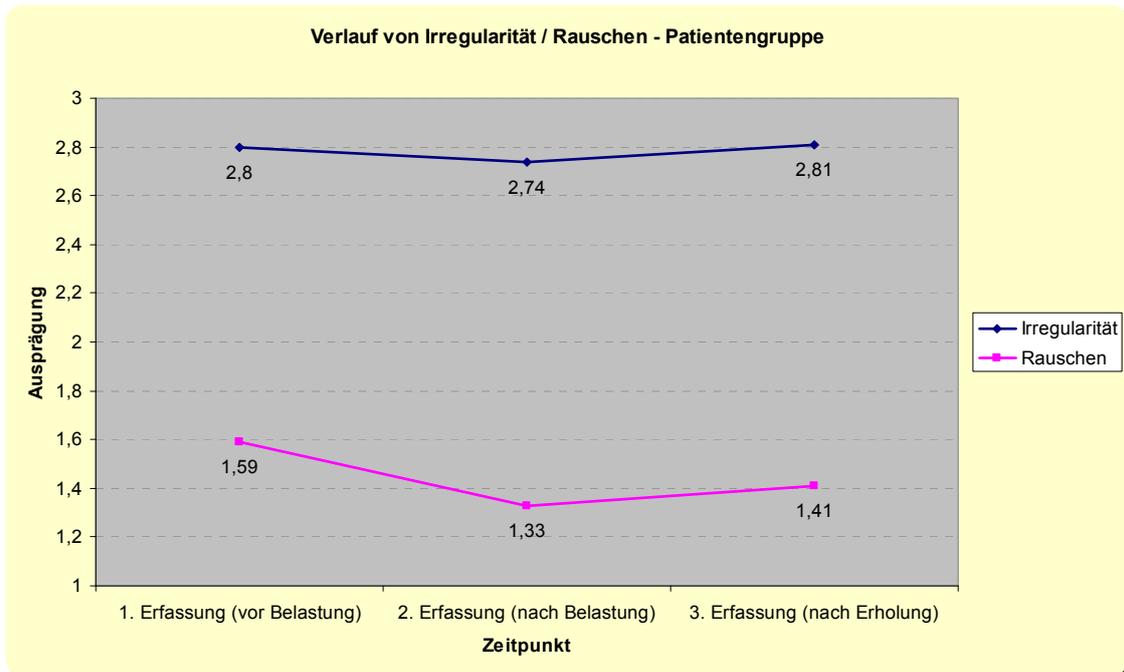


Abb. 4.17 – Verlauf von Irregularität bzw. Rauschen in der Patientengruppe

Während sich im Verlauf vom ersten zum zweiten erfassten Irregularitätswert ein geringes Absinken zeigte (von 2,8 auf 2,74), stieg die Irregularität vom zweiten zum dritten betrachteten Zeitpunkt an (von 2,74 auf 2,81). Zwischen dem ersten und dem letzten Irregularitätswert ließ sich kein wesentlicher Unterschied ermitteln (2,8 – 2,81).

Das Rauschen sank im Verlauf vom ersten zum zweiten Erfassungszeitpunkt des Stimmbelastungstests relativ deutlich ab (von 1,59 auf 1,33), wohingegen im Verlauf der Erholungsphase (zweiter bis dritter Erfassungszeitpunkt) lediglich eine geringe Erhöhung dieses Parameters festgestellt werden konnte (von 1,33 auf 1,41). Vergleicht man nun den ersten mit dem letzten erfassten Wert des Parameters Rauschen, so ist insgesamt ein Rückgang zu verzeichnen (von 1,59 auf 1,41).

4.3.4 Irregularität und Rauschen im Verlauf der Untersuchung – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Es erfolgte weiterhin ein Vergleich des zeitlichen Verlaufs der Parameter Irregularität bzw. Rauschen zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe.

Die Verlaufswerte der Patienten- und der Kontrollgruppe zwischen den einzelnen Zeitpunkten wurden in der gleichen Weise berechnet, wie bereits im vorangegangenen Kapitel erläutert. Der Verlauf der Irregularität bzw. des Rauschens der Patientengruppe zwischen den jeweiligen Zeitpunkten wurde dann mit dem der Kontrollgruppe verglichen.

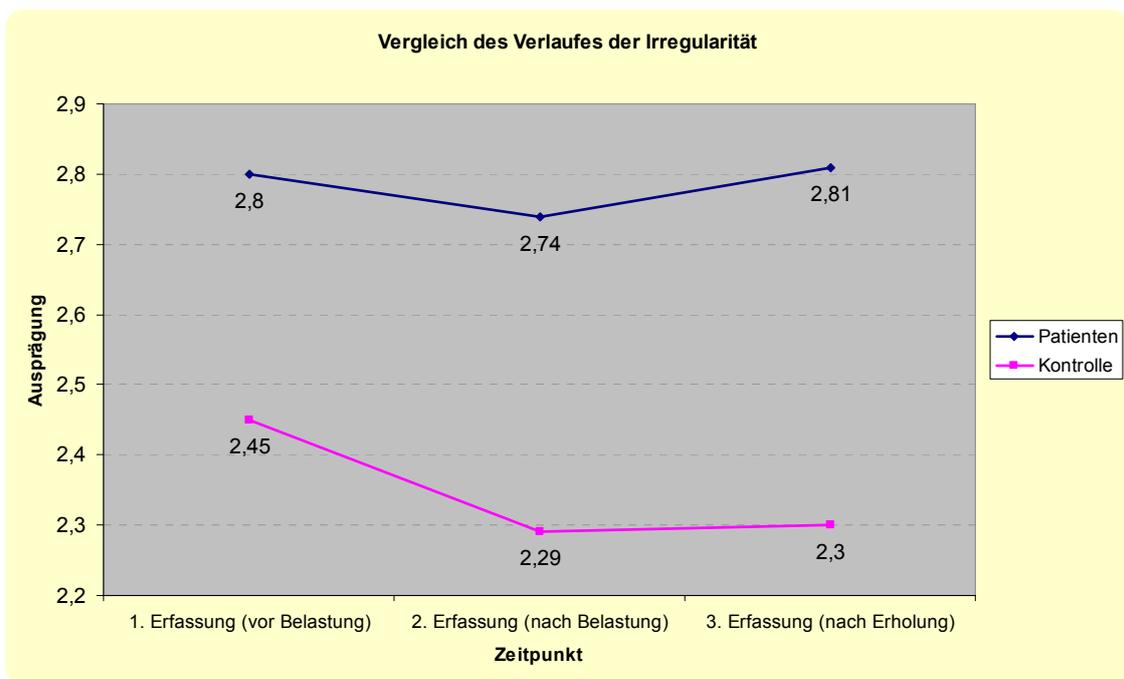


Abb. 4.18 – Verlauf der Irregularität – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

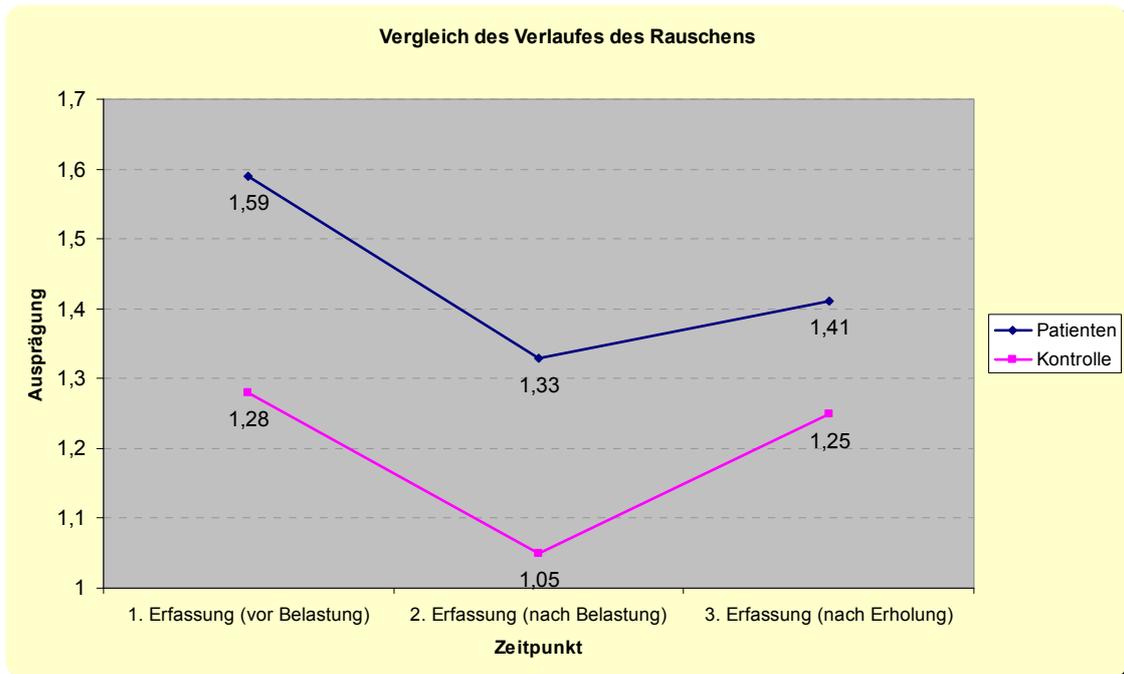


Abb. 4.19 – Verlauf des Rauschens – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Die Irregularitätswerte der Kontrollgruppe wiesen keinen identischen Verlauf zur Irregularität der Patientengruppe auf. Dennoch konnten keine nennenswerten Verlaufsunterschiede zwischen beiden Gruppen festgestellt werden.

Die Verläufe des Rauschens der Patienten- und der Kontrollgruppe ähnelten sich etwas stärker als die des zuerst betrachteten Parameters Irregularität. Demzufolge konnten auch hier lediglich marginale Verlaufsunterschiede aufgezeigt werden.

4.3.5 Zusammenhänge zwischen Lautstärke und Irregularität bzw. Rauschen – Patientengruppe

Ein weiterer Aspekt, der untersucht wurde, waren die Zusammenhänge zwischen der erreichten Lautstärke der Patienten während des Stimmbelastungstests und dem Parameter Irregularität bzw. Rauschen. Es sollte dabei untersucht werden, ob mit einer höheren Lautstärke während des Lesens auch die Irregularität und das Rauschen größere Werte annahmen, oder ob eventuell der umgekehrte Effekt eintreten sollte und Patienten, die im

Durchschnitt über die gesamten 10 Minuten eine höhere Lautstärke erreichten, geringere Werte bei der Irregularität bzw. dem Rauschen aufwiesen.

Für diese Auswertung wurde die Lautstärke, die die Patienten erreichten, über die gesamten zehn Minuten des Stimmbelastungstests gemittelt. Die Patientendaten wurden nach ansteigender Lautstärke geordnet. Die jeweilige Lautstärke wurde dann mit dem Irregularitäts- bzw. der Rausch-Wert des entsprechenden Patienten in Relation gesetzt. Für das gesamte Patientenkollektiv erfolgte abschließend die Berechnung der Korrelation nach Spearman.

Die tabellarische Auflistung der Werte ist im Anhang in den Tabellen A.24 und A.25 zu finden.

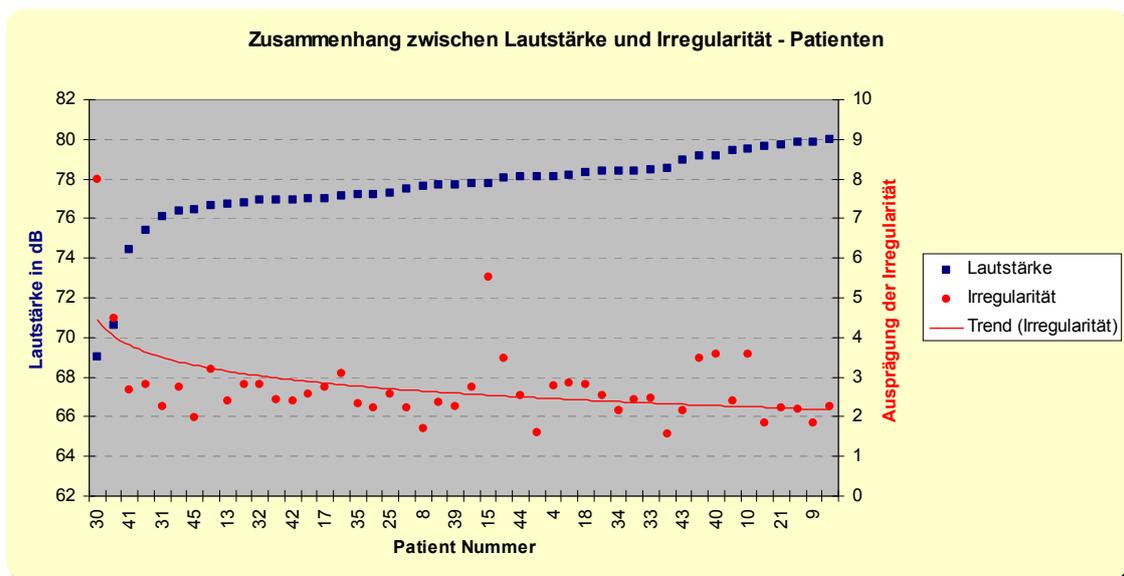


Abb. 4.20 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und Irregularität in der Patientengruppe

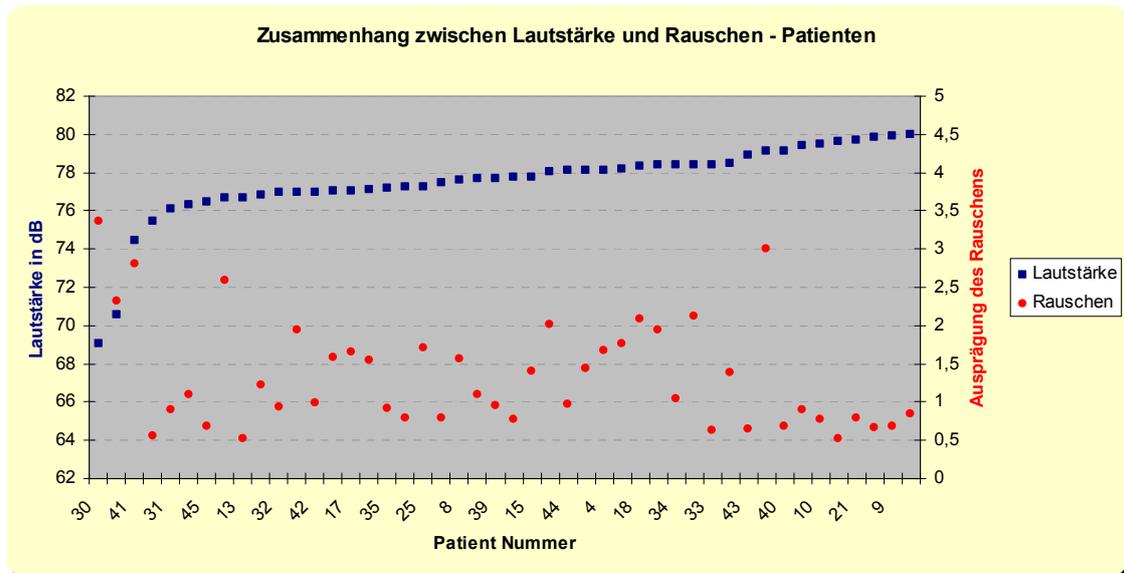


Abb. 4.21 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und Rauschen in der Patientengruppe

Es konnte eine schwache Wechselwirkung zwischen der Lautstärke und der Irregularität ermittelt werden. Da Korrelationskoeffizienten erst ab $\pm 0,7$ als bedeutend für einen Zusammenhang angesehen werden, kann man angesichts des Wertes von $-0,628$ von einem schwachen, negativen, linearen Zusammenhang sprechen. An dem negativen Vorzeichen des Korrelationskoeffizienten sowie an der Darstellung in Abbildung 4.20 ist der Trend erkennbar, dass die Irregularität mit steigender Lautstärke abnimmt. Zwischen der erreichten Lautstärke der Patienten während des Stimmbelastungstest und dem Parameter Rauschen waren mit einem Korrelationskoeffizienten von $-0,499$ keine linearen Zusammenhänge festzustellen.

4.3.6 Zusammenhänge zwischen prozentualer Unterschreitung und Irregularität bzw. Rauschen – Patientengruppe

In ähnlicher Weise, wie in Kapitel 4.3.5 bezüglich der Lautstärke erläutert, sollte herausgefunden werden, ob ein Zusammenhang zwischen der prozentualen Unterschreitung während des Stimmbelastungstests und den Parametern Irregularität bzw. Rauschen aufgezeigt werden kann. Es ging in Analogie zum

vorhergehenden Kapitel darum, herauszufinden, ob die Patienten mit einer häufigeren prozentualen Unterschreitung des geforderten Schalldruckpegels im Verlauf des lauten Lesens schlechtere Werte bei der Irregularität bzw. dem Rauschen aufwiesen.

Die durchschnittliche prozentuale Unterschreitung eines jeden Patienten wurde berechnet und zur Auswertung herangezogen. Es erfolgte danach eine Sortierung der Daten nach zunehmender prozentualer Unterschreitung. Die anschließende Gegenüberstellung der prozentualen Unterschreitung und der Irregularität bzw. des Rauschens sowie die statistische Berechnung der linearen Beziehung erfolgten ebenfalls wie im vorangegangenen Kapitel.

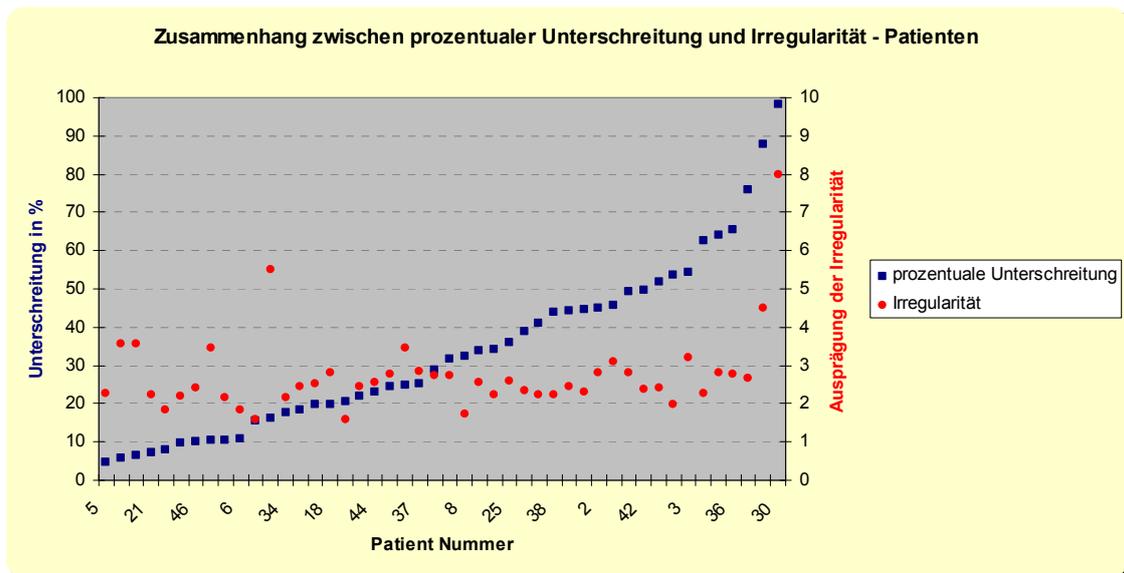


Abb. 4.22 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und Irregularität in der Patientengruppe

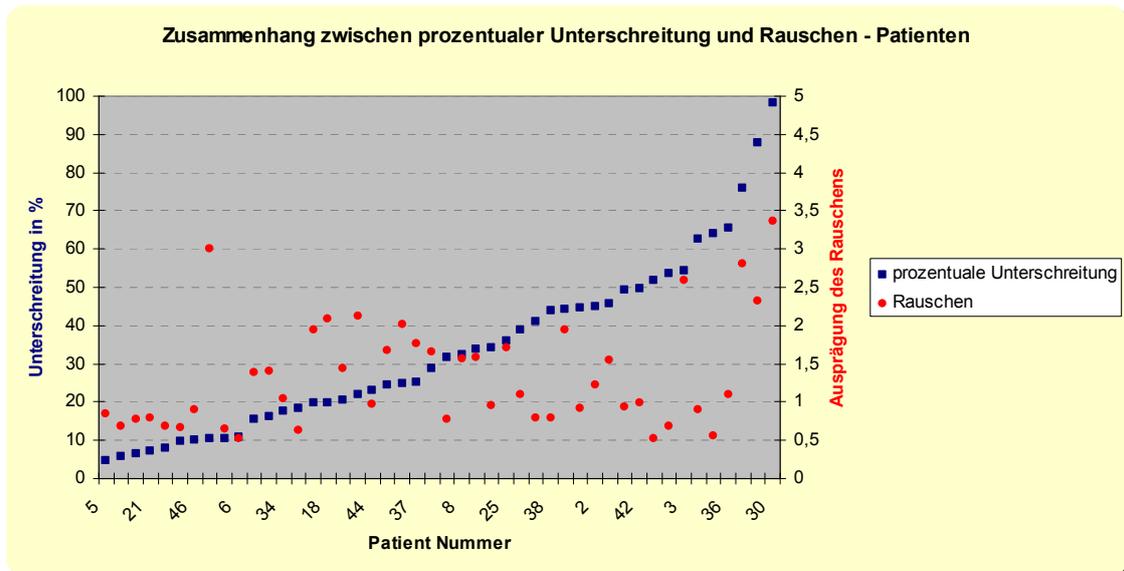


Abb. 4.23 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und Rauschen in der Patientengruppe

Weder für die Irregularität (Korrelationskoeffizient: 0,406) noch für das Rauschen (Korrelationskoeffizient: 0,359) konnte ein Zusammenhang zwischen der prozentualen Unterschreitung während des Stimmbelastungstests und den objektiven stimmlichen Parametern ermittelt werden.

4.4 Fragebögen

4.4.1 Subjektive Beschwerden – Patientengruppe

Wie bereits im Kapitel „Material und Methode“ erläutert, sollten die Patienten vor und nach dem Stimmbelastungstest sowie nach der Erholungsphase die Ausprägung ihrer Beschwerden angeben. Hierfür stand ihnen ein Fragebogen zur Verfügung, mit dessen Hilfe sie auf einer visuellen Analogskala angeben sollten, wie stark sie das jeweilige Beschwerdesymptom verspüren. Die Einteilung reichte dabei von „0“ für „überhaupt nicht“ bis „10“ für „sehr“.

Ausgewertet wurden die Mittelwerte der jeweiligen subjektiven Beschwerdesymptome zu den drei verschiedenen Erfassungszeitpunkten.

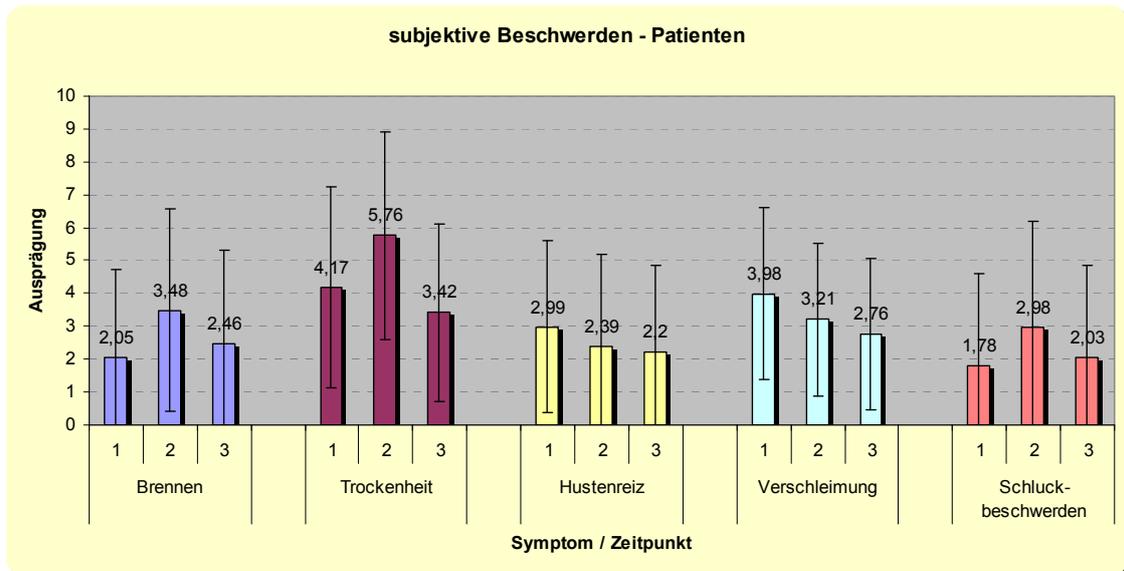


Abb. 4.24 – Ausprägung der subjektiven Beschwerden in der Patientengruppe

Das Symptom „Brennen im Hals“ wies im Durchschnitt aller Patienten vor dem Stimmbelastungstest eine Ausprägung von 2,05 auf. Nach der stimmlichen Belastung wurde ein Mittelwert von 3,48 registriert und nach der Erholungsphase lag das Brennen bei 2,46.

Die „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ lag zu Beginn bei 4,17. Zum zweiten Erfassungszeitpunkt gaben die Patienten im Mittel 5,76 und zur dritten Erhebung 4,42 an.

Der „Hustenreiz“ wies zum Zeitpunkt 1 eine durchschnittliche Ausprägung von 2,99 auf. Zum Zeitpunkt 2 lag er bei 2,49, zum Zeitpunkt 3 bei 2,2.

Das Symptom „Verschleimung im Rachenraum“ lag zu Beginn der Erhebung bei 4,98. Nach dem Stimmbelastungstest wurde ein Mittelwert von 4,21 ermittelt und nach der stimmlichen Ruhephase konnte ein Durchschnittswert von 2,76 registriert werden.

Die Ausprägung der „Schluckbeschwerden“ wurde von den Patienten vor dem Stimmbelastungstest mit 1,78 angegeben. Zum 2. Erfassungszeitpunkt lagen sie bei 2,98 und nach der Erholungsphase bei 2,04.

Die stärkste Ausprägung unter allen Symptomen war zu sämtlichen Zeitpunkten bei der „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ zu registrieren.

4.4.2 Subjektive Beschwerden – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Die zuvor angegebenen Werte der subjektiven Beschwerden der Patientengruppe wurden dann noch einmal mit denen der Kontrollgruppe verglichen.

Dafür wurden die Mittelwerte der einzelnen Symptome zu den jeweiligen Zeitpunkten sowohl für die Patientengruppe als auch für die Kontrollgruppe gebildet und einander gegenübergestellt.

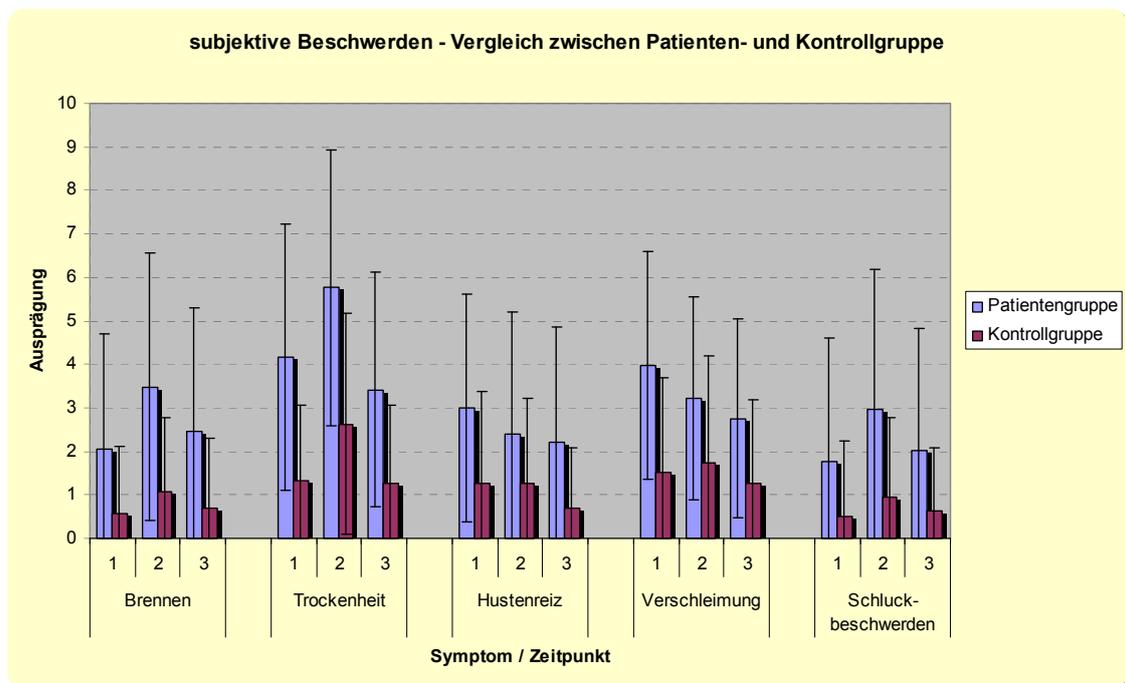


Abb. 4.25 – Vergleich der subjektiven Beschwerden zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

In der Patientengruppe wurden durchweg stärkere Ausprägungen der subjektiven Beschwerden ermittelt als in der Kontrollgruppe. Wie Abbildung 4.25 zu entnehmen ist, fielen die Unterschiede zwischen beiden Gruppen bei jedem Symptom zu nahezu allen Zeitpunkten sehr deutlich aus.

Wie auch in der Patientengruppe ist die Trockenheit das in der Kontrollgruppe am stärksten ausgeprägte Beschwerdesymptom.

4.4.3 Subjektive Beschwerden im Verlauf der Untersuchung – Patientengruppe

Es sollte weiterhin untersucht werden, in welchem Ausmaß sich die subjektiven Beschwerden in der Patientengruppe zwischen den einzelnen Zeitpunkten ändern.

Da das subjektive Beschwerdeempfinden, wie bereits erwähnt, vor und nach dem Belastungstest sowie nach der Erholungszeit erfasst wurde, konnte der zeitliche Verlauf sehr gut ausgewertet werden. Hierzu wurden die Mittelwerte der Ausprägungen zu den einzelnen Zeitpunkten des jeweiligen Symptoms untereinander verglichen.

Um den Verlauf der Beschwerdesymptomatik während der eigentlichen Stimmbelastung zu ermitteln, wurden die Werte des ersten Fragebogens von denen des zweiten abgezogen. Das subjektive Beschwerdeempfinden während der Stimmerholungsphase wurde in analogem Vorgehen ermittelt, indem die Werte des zweiten von denen des dritten Fragebogens abgezogen wurden. Es sollte weiterhin herausgefunden werden, ob sich die Stimme im Rahmen der halbstündigen Erholungszeit wieder bis auf den Ausgangswert, welcher vor Beginn des Tests ermittelt wurde, regenerieren kann. Hierfür wurden die Werte des ersten Fragebogens von denen des dritten Fragebogens abgezogen.

Die Ergebnisse der beschriebenen Subtraktionen können sowohl positive als auch negative Vorzeichen aufweisen. Positive Differenzen deuten dabei auf einen – im Vergleich zum ersten Wert – höheren Wert zum zweiten beobachteten Zeitpunkt hin. Die Beschwerdesymptomatik hätte sich in diesem Fall im Verlauf der Studie also verstärkt. An negativen Differenzen ist erkennbar, dass der Wert für das betrachtete Symptom im Untersuchungsverlauf zurück gegangen ist – der Wert zum zweiten betrachteten Zeitpunkt also kleiner ist.

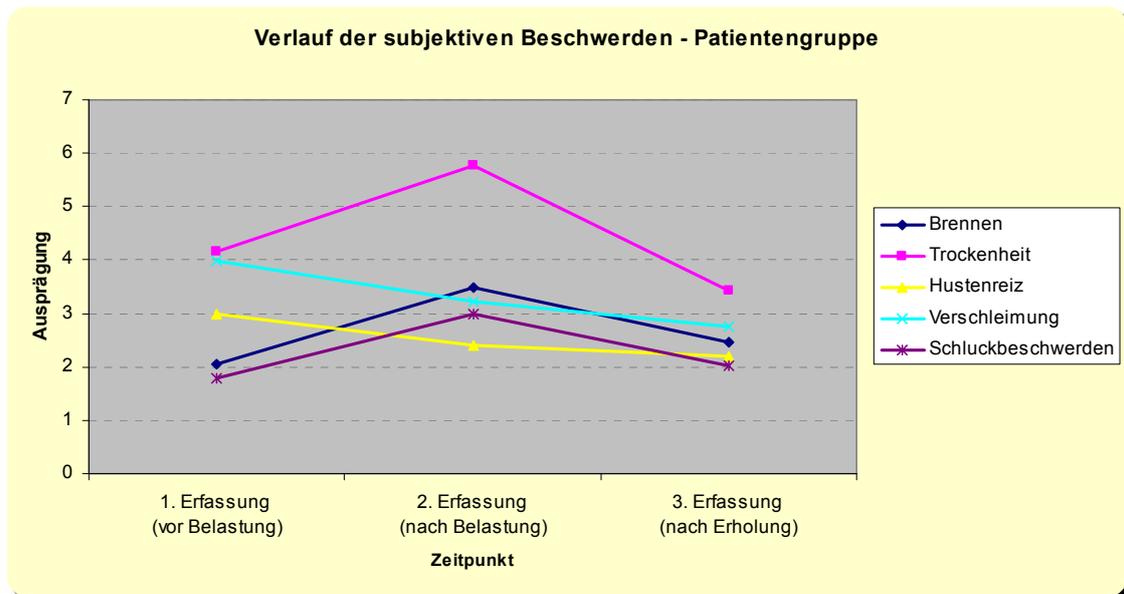


Abb. 4.26 – Verlauf der subjektiven Beschwerden in der Patientengruppe

Das Symptom „Brennen im Hals“ stieg zunächst im Rahmen des Stimmbelastungstests stark an (von 2,05 auf 3,48). Während der Stimmerholungsphase kam es zu einer deutlichen Reduktion der Beschwerden (von 3,48 auf 2,46). Das subjektiv empfundene Brennen ging dabei wieder bis fast auf den ursprünglichen Wert, der vor dem Stimmbelastungstest erhoben wurde, zurück (2,05 – 2,46).

Bei der „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ war zunächst eine klare Zunahme der Beschwerden zu verzeichnen (von 4,17 auf 5,76). Im Anschluss daran kam es während der Stimmerholungszeit zu einer starken Abnahme der Beschwerden (von 5,76 auf 3,42). Der Rückgang der Trockenheit reichte bis deutlich unter den Ausgangswert (4,17 – 3,42).

Der „Hustenreiz“ nahm entsprechend der Darstellung in Diagramm 4.26 zwar kontinuierlich ab, jedoch ließen sich weder beim Vergleich des ersten und zweiten Erfassungszeitpunktes (2,99 – 2,39) noch bei der Gegenüberstellung der zweiten und dritten Erhebung (2,39 – 2,20) deutliche Unterschiede aufzeigen. Eine wesentliche Veränderung dieser subjektiv empfundenen Beschwerdesymptomatik ließ sich lediglich über den gesamten Verlauf der Untersuchung feststellen. Die Werte, die am Ende der Untersuchung erfasst wurden, lagen deutlich unter denen, die eingangs erhoben wurden (2,99 – 2,20).

Auch bei der „Verschleimung im Rachenraum“ war ein stetiger Rückgang zu beobachten. Das Beschwerdeempfinden nahm im Verlauf des Stimmbelastungstests ab (von 3,98 auf 3,21). Eine weitere Reduktion dieses Symptoms zeigte sich im Rahmen der Erholungsphase (von 3,21 auf 2,76). Aufgrund des kontinuierlichen Rückgangs der Verschleimung über den gesamten Untersuchungszeitraum ergibt sich in logischer Konsequenz, dass ein Unterschied dieser subjektiven Beschwerdeempfindung zwischen dem ersten und dritten Erfassungszeitpunkt aufgezeigt werden konnte (3,98 – 2,76). Von der Befragung der Patienten eingangs der Studie bis zum zweiten Fragebogen konnte bei den „Schluckbeschwerden“ ein eindeutiger Unterschied ermittelt werden. Die Patienten gaben nach der Stimmbelastung deutlich stärkere diesbezügliche Beschwerden an (1,78 – 2,98). Nach der Erholungsphase konnte allerdings ein fast ebenso deutlicher Rückgang der Schluckbeschwerden festgestellt werden (von 2,98 auf 2,03). Bei der Gegenüberstellung der Werte des ersten und des dritten Fragebogens konnten keine nennenswerten Differenzen aufgezeigt werden (1,78 – 2,03).

4.4.4 Subjektive Beschwerden im Verlauf der Untersuchung – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Es wurde weiterhin untersucht, ob ein Unterschied zwischen den Verlaufswerten der subjektiven Beschwerden der Patientengruppe und denen der Kontrollgruppe aufgezeigt werden kann.

In gleicher Weise, wie im vorangegangenen Kapitel bereits erläutert, erfolgte auch hier eine Gegenüberstellung der einzelnen Werte der verschiedenen Zeitpunkte eines jeden Symptoms. Untersucht wurden die jeweiligen Verlaufswerte vom 1. zum 2., vom 2. zum 3. sowie vom 1. zum 3. Erfassungszeitpunkt für alle Symptome. Diese Verlaufswerte wurden dann, differenziert nach Patienten- und Kontrollgruppe, miteinander verglichen.

Beispielhaft wurden hier lediglich die grafischen Darstellungen für die Trockenheit und die Verschleimung eingefügt. Die übrigen Diagramme sind im Anhang (Abb. A.12 – A.14) zu finden.

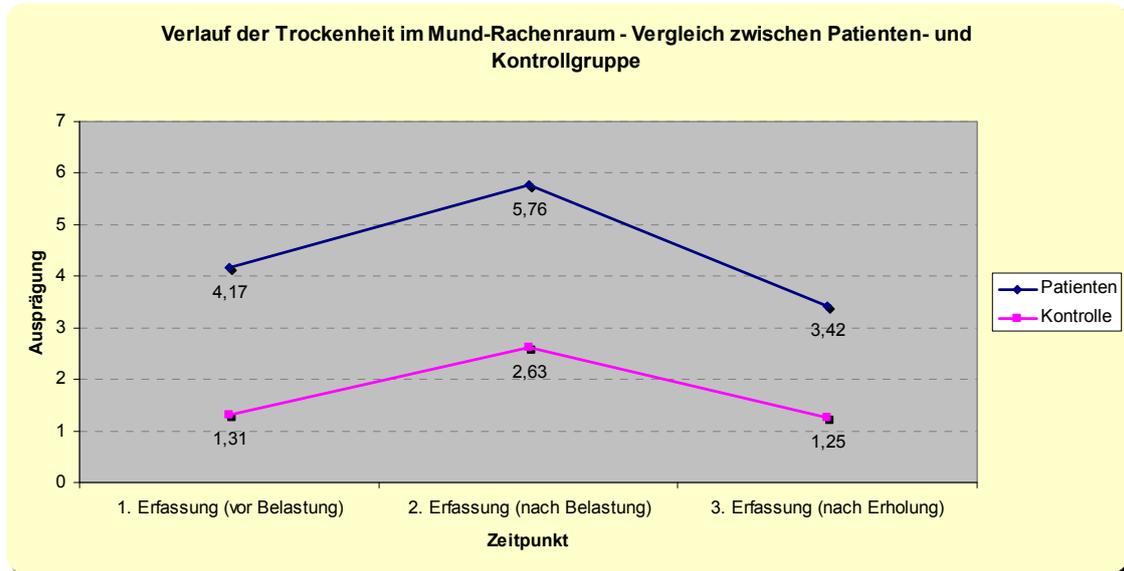


Abb. 4.27 – Verlauf der Trockenheit im Mund-Rachenraum – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

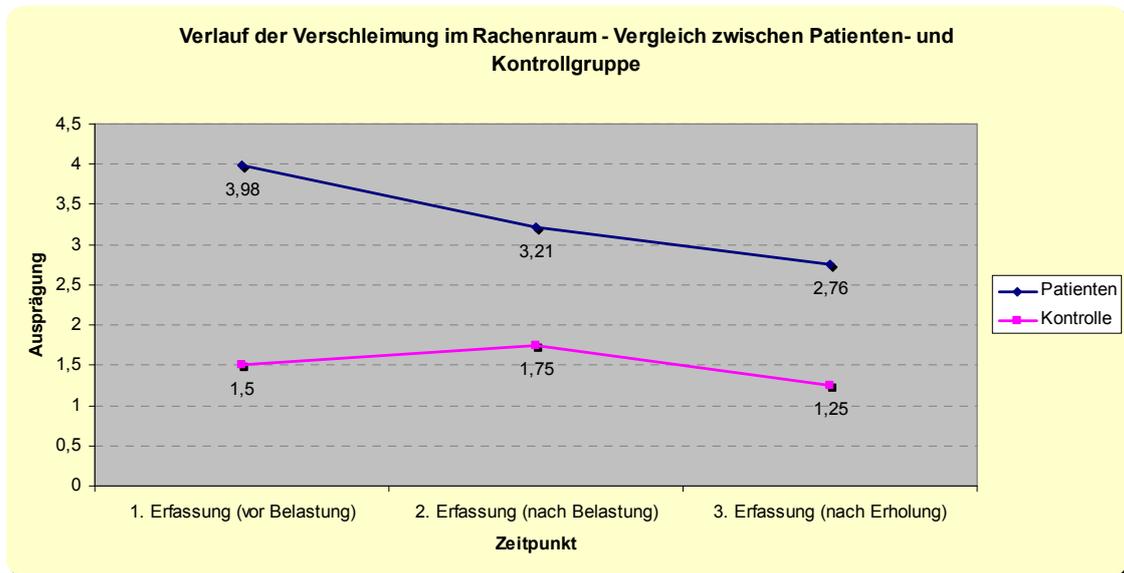


Abb. 4.28 – Verlauf der Verschleimung im Rachenraum – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Es konnte für keines der Symptome „Brennen im Hals“, „Trockenheit im Mund-Rachenraum“, „Hustenreiz“, „Verschleimung im Rachenraum“ sowie „Schluckbeschwerden“ in einem der Verlaufsintervalle ein eindeutiger

Unterschied zwischen den Verlaufswerten der Patienten und denen der Kontrollgruppe nachgewiesen werden.

Wenngleich die Gegenüberstellung des Verlaufes des Hustenreizes und der Verschleimung etwas unterschiedlich zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe ausfiel, so ließen sich dennoch auch hier keine nennenswerten Differenzen aufzeigen.

4.4.5 Zusammenhänge zwischen Lautstärke und subjektiven Beschwerden – Patientengruppe

Weiterhin sollte herausgefunden werden, ob es einen Zusammenhang zwischen der erreichten Lautstärke und der Ausprägung der subjektiven Beschwerden gibt. Es wurde genauer untersucht, ob die Patienten, die eine höhere Lautstärke erreichten, über vermehrte oder aber verminderte subjektive Beschwerden klagten.

Hierzu wurde der Mittelwert der erreichten Lautstärke eines jeden Patienten dem nach dem Stimmbelastungstest erfassten Beschwerdesymptom des jeweiligen Patienten gegenübergestellt. Sortiert wurden die Daten aller Patienten nach ansteigender Lautstärke. Die Korrelation nach Spearman wurde für das gesamte Patientenkollektiv für jedes der Beschwerdesymptome berechnet.

Die Tabellen und Diagramme zu dieser Auswertung sind im Anhang eingefügt (Tab. A.32 – A.36, Abb. A.15 – A.18). Exemplarisch ist hier lediglich die grafische Darstellung (Abb. 4.29) für den Zusammenhang zwischen der Lautstärke und dem Symptom „Brennen im Hals“ aufgeführt.

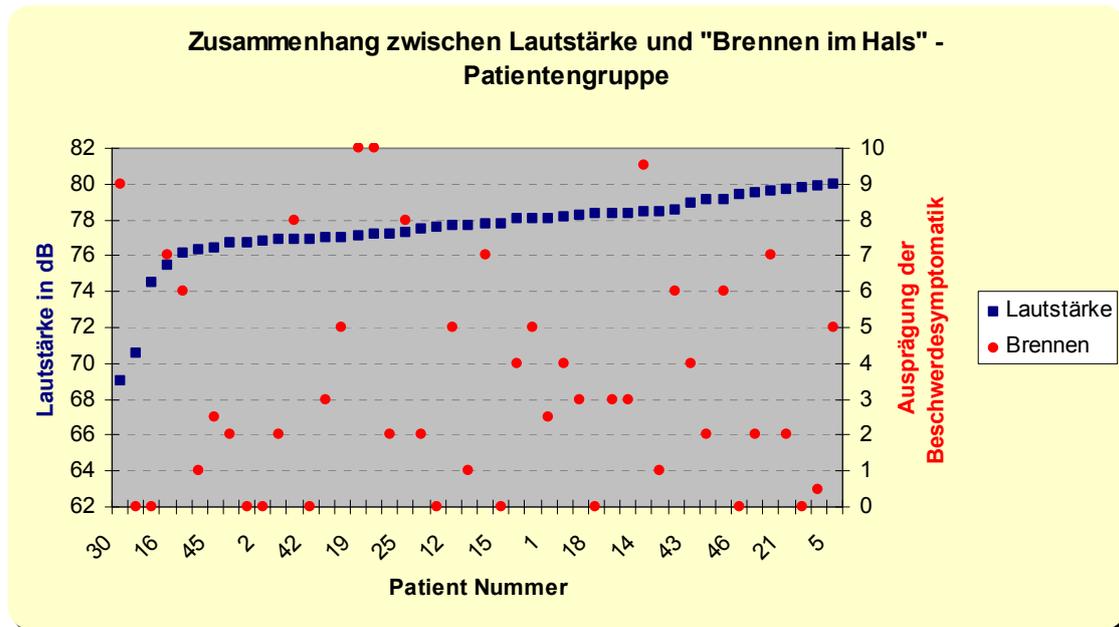


Abb. 4.29 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und „Brennen im Hals“ in der Patientengruppe

Es konnte für keines der Symptome „Brennen im Hals“, Trockenheit im Mund-Rachenraum“, „Hustenreiz“, „Schluckbeschwerden“ oder „Verschleimung im Rachen“ ein Zusammenhang mit der erreichten Lautstärke der Patienten nachgewiesen werden. Die Korrelationskoeffizienten lagen zwischen -0,107 und -0,441.

4.4.6 Zusammenhänge zwischen prozentualer Unterschreitung und subjektiven Beschwerden – Patientengruppe

Ähnlich dem Vorgehen im vorangegangenen Kapitel wurde weiterhin untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der prozentualen Unterschreitung und den subjektiven Beschwerden aufgezeigt werden kann. Die prozentuale Unterschreitung wurde nach ansteigenden Werten der einzelnen Patienten sortiert und in Relation zur Ausprägung eines jeden nach der Stimmbelastung erfassten Symptoms gesetzt.

Auch hier wurde beispielhaft lediglich die grafische Darstellung für das Symptom „Brennen im Hals“ eingefügt (Abb. 4.30). Die vollständige Auflistung aller Tabellen und Diagramme ist im Anhang zu finden (Tab. A. 37 – A.41, Abb. A.19 – A.22).

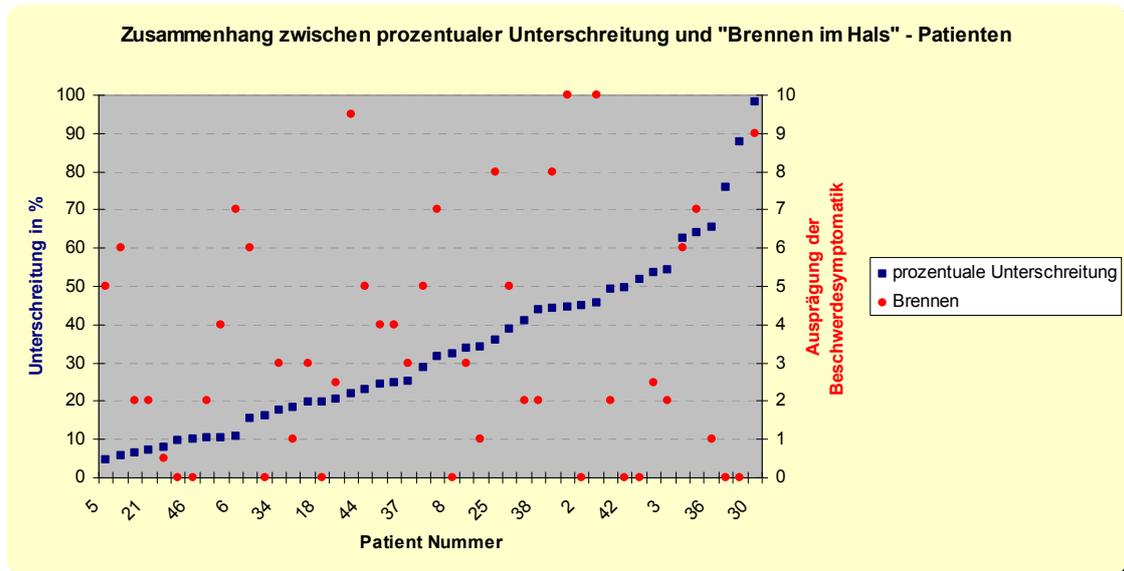


Abb. 4.30 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und „Brennen im Hals“ in der Patientengruppe

Ein Zusammenhang der prozentualen Unterschreitung mit den verschiedenen subjektiven Beschwerdesymptomen konnte nicht gefunden werden. Die Korrelationskoeffizienten, welche zwischen 0,083 und 0,316 lagen, sowie die zum Teil im Anhang befindlichen grafischen Darstellungen drücken dies sehr deutlich aus.

4.4.7 Zusammenhänge zwischen Irregularität bzw. Rauschen und subjektiven Beschwerden – Patientengruppe

Die Irregularität und das Rauschen stellen Parameter zur objektiven Stimmbewertung dar. Die Fragebögen, mit deren Hilfe die Befragung der Patienten durchgeführt wurde, dienen der subjektiven Einschätzung der auf die Stimme bzw. die stimbildenden Organe bezogenen Beschwerden durch die Patienten selbst.

Im Rahmen dieser Auswertung wurden die objektiven mit den subjektiven stimmlichen Parametern verglichen.

Sowohl die Irregularität und das Rauschen als auch die subjektiven Beschwerden wurden zu den drei bereits mehrfach genannten Zeitpunkten, vor und nach dem Belastungstest sowie nach der Erholungsphase, erfasst. In dieser Analyse wurden die während der gesamten Untersuchung dokumentierten zeitlichen Verläufe zwischen Irregularität bzw. Rauschen und den einzelnen subjektiven Beschwerden miteinander verglichen.

Sowohl der Irregularität als auch dem Rauschen wurde jedes der subjektiven Beschwerdesymptome gegenübergestellt. Die Korrelation nach Spearman wurde für alle Auswertungen berechnet.

Sowohl für den Zusammenhang zwischen der Irregularität und den subjektiven Beschwerden als auch zwischen dem Rauschen und den subjektiven Beschwerden wurden beispielhaft jeweils lediglich 2 Diagramme eingefügt. Die zugehörigen Tabellen sowie die weiteren grafischen Darstellungen sind im Anhang eingefügt (Tab. A.42 und A.43, Abb. A.23 – A.28).

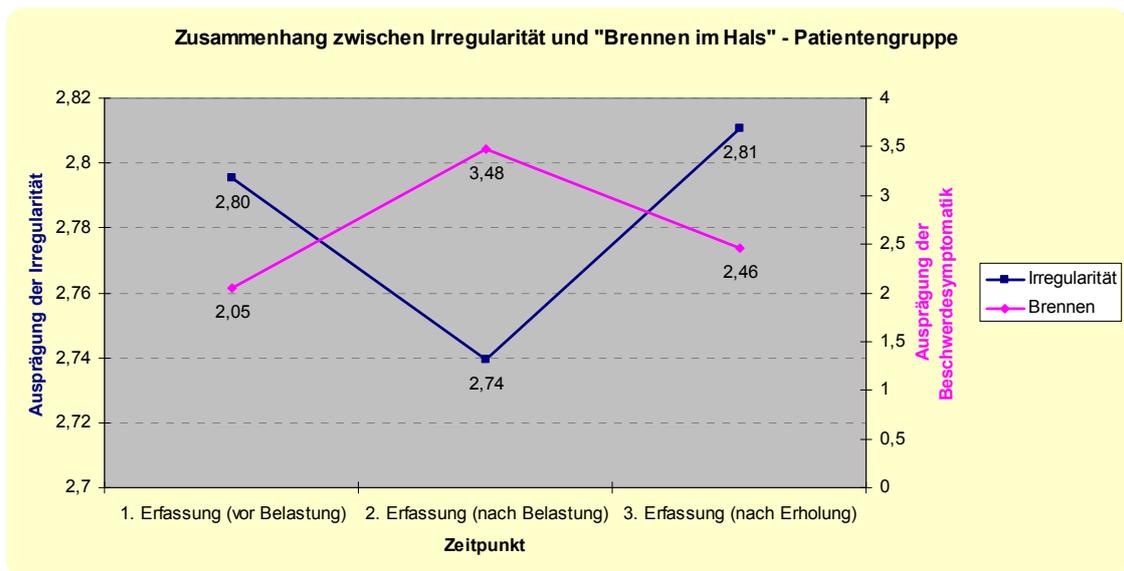


Abb. 4.31 – Zusammenhang zwischen Irregularität und „Brennen im Hals“ in der Patientengruppe

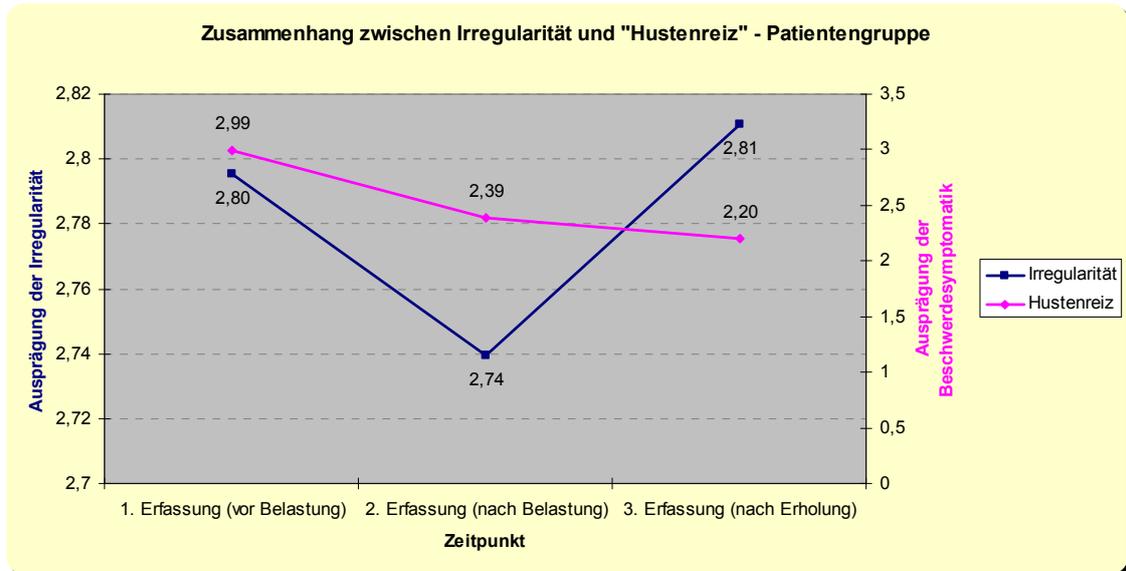


Abb. 4.32 – Zusammenhang zwischen Irregularität und „Hustenreiz“ in der Patientengruppe

Es konnten sehr deutliche Zusammenhänge zwischen der Irregularität und den Beschwerdesymptomen „Brennen im Hals“, „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ sowie „Schluckbeschwerden“ ermittelt werden. Es bestanden mit Korrelationen nach Spearman zwischen -0,884 und -0,994 negative Wechselwirkungen zwischen den jeweiligen Parametern.

Eine Wechselwirkung zwischen der Irregularität und den Beschwerdesymptomen „Hustenreiz“ (Korrelation: 0,074) und „Verschleimung im Rachenraum“ (Korrelation: -0,056) konnte nicht nachgewiesen werden.

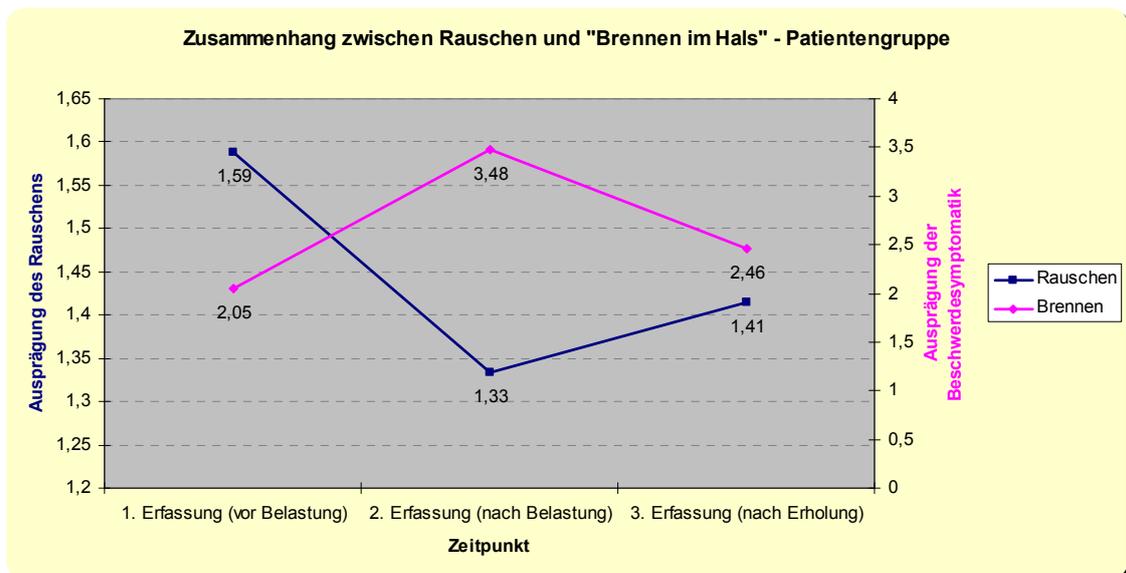


Abb. 4.33 – Zusammenhang zwischen Rauschen und „Brennen im Hals“ in der Patientengruppe

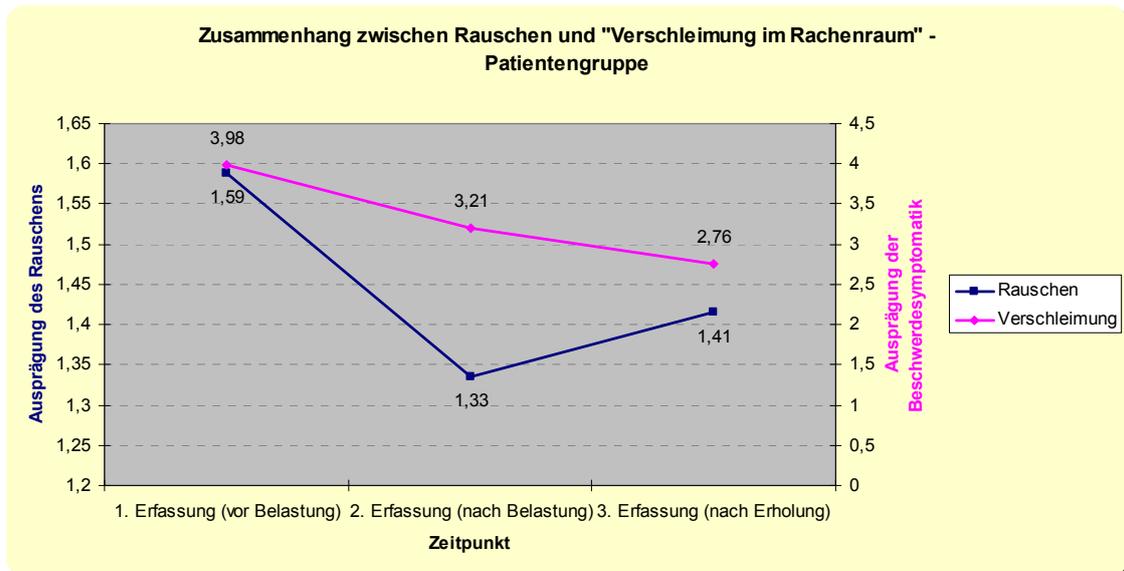


Abb. 4.34 – Zusammenhang zwischen Rauschen und „Verschleimung im Rachenraum“ in der Patientengruppe

Zwischen den subjektiven Beschwerdeparametern „Brennen im Hals“, „Hustenreiz“, „Verschleimung im Rachenraum“ sowie „Schluckbeschwerden“ und dem akustischen Parameter Rauschen konnten mit Korrelationskoeffizienten zwischen (\pm) 0,774 und 0,899 klare Zusammenhänge gefunden werden. Bezogen auf das Brennen und die Schluckbeschwerden wurden negative Korrelationen festgestellt (-0,899 bzw. -0,862). Der Hustenreiz und die Verschleimung wiesen hingegen positive Korrelationskoeffizienten auf (0,850 bzw. 0,774).

Kein Zusammenhang konnte mit einem Korrelationswert nach Spearman von -0,497 zwischen der „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ und dem Rauschen ermittelt werden.

5 Diskussion

5.1 Diskussion der Patientenauswahl

Die Auswahl der getesteten Versuchspersonen erfolgte gemäß den im Kapitel „Material und Methode“ erläuterten Kriterien. Die in dieser Studie untersuchte Gruppe von insgesamt 62 Versuchspersonen gliederte sich in 46 stimmkranke Patienten und 16 beschwerdefreie Probanden. Unter den Patienten befanden sich 34 Frauen und 12 Männer. Die Kontrollgruppe bestand zu gleichen Teilen aus Frauen (n=8) und Männern (n=8).

In verschiedenen Studien wurde lediglich die Stimmbelastbarkeit gesunder Stimmen überprüft [17, 77, 133, 174, 175]. So untersuchte beispielsweise Burzin [17] im Rahmen ihres Stimmbelastungstests 10 Studentinnen und 10 Studenten im Alter zwischen 21 und 28 Jahren, die angaben, an keinerlei stimmlichen Beschwerden zu leiden. An der Untersuchung von Saggau [133] nahmen 10 Frauen und 6 Männer mit einem Durchschnittsalter von 26,3 Jahren teil. Vintturi et al. [174, 175] untersuchten 40 Studentinnen und 40 Studenten ohne Stimmstörungen mit einem Alter zwischen 18 und 45 Jahren (Durchschnittsalter 22 Jahre). Für die Studie von Laukkanen et al. [85] zur stimmlichen Belastbarkeit von Frauen stellten sich 24 stimmlich beschwerdefreie Probandinnen mit einem Durchschnittsalter von 38 Jahren zur Verfügung.

Ebenfalls auf eine Geschlechtergruppe beschränkte sich eine weitere Studie von Laukkanen et al. [78]. In dieser Studie untersuchten sie anhand von 22 Lehrern im Alter zwischen 28 und 60 Jahren die Stimmbelastbarkeit von Männern. Die Versuchspersonen wurden in zwei Gruppen aufgeteilt, eine mit keinen bzw. seltenen stimmlichen Beschwerden (n=12) und eine mit häufiger auftretenden Beschwerden (n=10). Eine Kontrollgruppe ohne stimmliche Beschwerden wurde auch im Stimmbelastungstest von Nedlin [102] der Patientengruppe gegenübergestellt. In ihrer Untersuchung wurden 168 stimmkranke Versuchspersonen (123 Frauen, 45 Männer) sowie 69

Stimmgesunde (38 Frauen, 31 Männer) im Alter zwischen 23 und 67 Jahren untersucht. Gotaas und Starr [46] untersuchten 22 Patienten mit stimmlichen Ermüdungserscheinungen sowie 17 Personen einer Kontrollgruppe, die im Vorfeld keine Ermüdungserscheinungen der Stimme angaben. Sie unterzogen diese Versuchspersonen einem Stimmbelastungstest, um Aussagen über die stimmliche Ermüdung treffen zu können.

Es kann festgestellt werden, dass die vorliegende Arbeit sowohl bezüglich der Anzahl untersuchter Personen als auch in Bezug auf die Zusammensetzung des Kollektivs der Versuchspersonen mit anderen Studien vergleichbar ist.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

Es darf bei der Auswertung der Ergebnisse sowohl des Stimmbelastungstests als auch der schallanalytischen Aufzeichnungen nicht außer Acht gelassen werden, dass die Mitarbeit und auch die Motivation aller untersuchten Personen in hohem Maße gefordert war und dass beide Faktoren die Ergebnisse dieses Tests ausschlaggebend beeinflussen können. Weiterhin ist zu bedenken, dass es sich bei der Erhebung der Ausprägung der Beschwerdesymptome um subjektive Angaben handelt, die zum Teil großen interindividuellen Schwankungen in der Wahrnehmung unterliegen können.

5.2.1 Stimmbelastungstest

Stimmbelastungstests dienen der provozierten Belastung der menschlichen Stimme in Form erhöhter Schalldruckpegel oder sehr langer Sprechintervalle. Mit ihrer Hilfe soll die Steigerungsfähigkeit sowie die Ermüdung der Stimmen überprüft werden.

Einen Rückschluss von den Belastungstests auf die Belastbarkeit im Arbeitsalltag lassen diese Untersuchungen laut Buekers [15] jedoch nicht zu. Er

verglichen hierzu die vor und nach einem Arbeitstag ermittelten Werte mit denen, die er in einem Intervalltest erhob. Die Resultate führte er darauf zurück, dass die Belastungsintervalle zwar deutlich kürzer als ein Arbeitstag waren, jedoch vergleichsweise lange Zeitabschnitte enthielten, in denen ununterbrochen sehr laut gesprochen werden musste.

Jedoch ist entsprechend der Studie von van Heusden et al. [165] die Variation des geforderten Schalldruckpegels in Form von Intervall-Tests, wie beispielsweise dem vorliegenden, gut geeignet, die Effekte von Hintergrundgeräuschen auf die Stimmproduktion, wie sie unter anderem in Klassenzimmern auftreten, zu simulieren.

Die Intensität, also die Lautstärke, mit der die Stimme eingesetzt wird, wird in der Literatur als einer der wichtigsten Faktoren bei der Stimmbelastung betrachtet [16, 66, 137]. Aus diesem Grund kam in dieser Studie ein erhöhter Schalldruckpegel bei einer verkürzten Belastungszeit zur Anwendung.

In allen Minuten, in denen 75 dB(A) gefordert waren, wurden durchschnittlich auch tatsächlich 75 dB(A) erreicht und größtenteils sogar 76 dB(A) überschritten. Anders verhielt es sich mit der Mindestanforderung von 80 dB(A). Diese wurde von einem Großteil der Patienten nicht erreicht.

Daraus kann geschlossen werden, dass es den Versuchspersonen offensichtlich keinerlei Probleme bereitete, über einen längeren Zeitraum eine Lautstärke von 75 dB(A) zu erreichen. Ein Schalldruckpegel von 80 dB(A) schien hingegen eine deutlich größere Herausforderung darzustellen.

Zwischen den erreichten Lautstärken der Patienten und denen der Kontrollgruppe konnte kein Unterschied festgestellt werden. Somit unterschied sich die Steigerungsfähigkeit der Stimmen der stimmkranken Patienten nicht von der der stimmunauffälligen Kontrollgruppe. Weiterhin schien das Erreichen der 80 dB(A) für die Kontrollgruppe eine ebenso große Hürde darzustellen, wie für die Patientengruppe.

Die Gründe für die vergleichbare Steigerungsfähigkeit der Stimmen der Patienten- und der Kontrollgruppe könnten einerseits darin gesehen werden, dass die Patienten keine allzu starken Stimmstörungen aufwiesen. Andererseits arbeitete, verglichen mit der Kontrollgruppe, ein deutlich größerer Teil der Patientengruppe in stimmintensiven Berufen, was einen gewissen Trainingseffekt zur Folge haben könnte.

Es kann also insgesamt geschlussfolgert werden, dass es für den Großteil der Versuchspersonen eine große Schwierigkeit darstellte, einen Text mit einer konstanten Lautstärke von zum Teil über 80 dB(A) vorzulesen. Aus diesem Grund liegt die Vermutung nahe, dass eine Lautstärke von 80 dB(A) auch bei einer verkürzten Belastungszeit eine ausreichende Belastung der Stimme gewährleistet, was von anderen Studien in ähnlicher Weise bestätigt wird [16, 66, 137].

Die Durchführung bei einem höheren Schalldruckpegel würde aus unserer Sicht keinen Sinn ergeben, da sehr viele Versuchspersonen sicherlich große Probleme hätten, diesen Anforderungen gerecht zu werden. Dadurch würden die prozentualen Unterschreitungen weiter ansteigen, was möglicherweise ein Absinken der Motivation der Studienteilnehmer und damit schlechtere Ergebnisse nach sich ziehen könnte.

Die eindeutigen Differenzen zwischen den minimal und maximal erreichten Werten verdeutlichen eindrucksvoll die unterschiedliche Leistungs- und Steigerungsfähigkeit der stimmbildenden Strukturen der verschiedenen Patienten. Als Ursachen hierfür kommen unterschiedliche Ausprägungen der Stimmstörungen und damit verschiedene Grade der Beeinträchtigung der Steigerungsfähigkeit der Stimme in Betracht.

Eine große Varianz zwischen den minimal und den maximal erreichten Lautstärken zeigte sich auch in der Kontrollgruppe, wenngleich diese nicht so drastisch ausfiel, wie in der Patientengruppe.

Die Lautstärke der Patienten, bezogen auf die jeweilige Mindestanforderung von 75 bzw. 80 dB(A), blieb, abgesehen von den beiden ersten Minuten, auf einem annähernd gleichbleibendem Niveau.

Diese Beobachtung konnte in gleicher Weise bei der Kontrollgruppe gemacht werden.

Die Tatsache, dass in den ersten beiden Minuten des Stimmbelastungstests sowohl die geringeren Lautstärken als auch die größeren prozentualen Unterschreitungen auftraten, ist sicherlich eher darauf zurückzuführen, dass sich die Versuchspersonen zunächst auf die ungewohnte Situation einstellen mussten. Ein weiterer möglicher Grund, der auch in der Literatur diskutiert wurde [141], könnte sein, dass sich die Patienten zunächst „einlesen“ und ihre Stimmen bzw. die an der Stimmproduktion beteiligten Organe „aufwärmen“ mussten. Das bedeutet, dass sich die Versuchspersonen nach einer kurzen Eingewöhnungszeit an die Lautstärke adaptierten. Rantala und Viikman [121] nahmen aufgrund ihrer Studienergebnisse an, dass ein stimmbelastungsbezogener Anstieg des Schalldruckpegels die Fähigkeit der stimmproduzierenden Strukturen widerspiegelt, sich angemessen an stimmliche Belastung anzupassen. In der Literatur wird hinter diesem Phänomen eine Zunahme der Aktivität der an der Stimmproduktion beteiligten Muskeln oder eine Erhöhung der Elastizität der Stimmlippen während stimmlicher Belastung vermutet [64, 78, 174].

Die durchschnittliche Lautstärke änderte sich, wie bereits erwähnt, zwischen den Minuten 3, 5, 7 und 9 kaum und auch in den Minuten 4, 6, 8 und 10 blieb der Mittelwert der Lautstärke annähernd gleich. Es kam im Verlauf des Tests also weder zu einer Verringerung der Lautstärke infolge möglicherweise auftretender Ermüdungserscheinungen, noch konnte als Folge eines eventuellen Trainingseffektes eine stetige Erhöhung der erreichten Lautstärke ermittelt werden. Jedoch stellten Neils und Yairi [104] bereits im Jahr 1987 fest, dass Ermüdungserscheinungen unterdrückt werden können und dass der Stimmapparat in der Lage ist, sich kurzfristig an eine Belastung anzupassen, was die Diagnose einer Stimmermüdung erschweren kann.

So konnten auch in diversen anderen Untersuchungen im Rahmen von Stimmbelastungstests zum Teil selbst nach einer ausgeprägten stimmlichen Belastung keine Hinweise für eine Ermüdung der Stimme gefunden werden [15, 74, 77, 104, 106, 158]. In der Studie von Buekers [15] erreichten die Patienten zum Teil sogar nach bis zu 30 Minuten noch Schalldruckpegel von 85 dB(A). Der gleiche Autor machte darüber hinaus eine weitere interessante Entdeckung, die sich jedoch nicht mit den von uns gemachten Beobachtungen deckt. In der von ihm durchgeführten Studie ermüdeten die Stimmen der Kontrollgruppe schneller als die der Patienten.

Stimmliche Ermüdung, wie sie auch in der Studie von Jónsdóttir et al. [65] bei fünf Lehrern im Verlauf normaler Unterrichtsstunden auftrat, kann weiterhin durch eine erhöhte Aktivität der respiratorischen oder laryngealen Muskulatur verursacht werden, oder es kann eine herabgesetzte Verschieblichkeit der Stimmlippenschleimhaut widerspiegeln. Diese Veränderungen können als natürliche Konsequenzen eines ausgedehnten stimmlichen Gebrauchs gesehen werden.

Die prozentualen Unterschreitungen fielen in den Minuten, in denen 80 dB(A) erreicht werden sollten, deutlich höher aus, als in den Minuten mit Mindestanforderung 75 dB(A). Diese Unterschiede verdeutlichen eindrucksvoll, dass es den Versuchspersonen erheblich leichter fiel, die 75 dB(A) zu erreichen als die 80 dB(A). Demzufolge war die Belastung bei der Schallpegelanforderung von 80 dB(A) deutlich größer.

Auch Nedlin [102] konstatierte nach ihrem Belastungstest, dass diese Art Untersuchung für die Patienten eine das normale Maß überschreitende Stimmbelastung darstellt.

Wie bereits für die Lautstärke beschrieben, lagen auch die prozentualen Unterschreitungen der beiden ersten Minuten entsprechend über denen der darauffolgenden Minuten. Es kann angenommen werden, dass die Minuten 1 und 2 den Patienten dazu dienten, sich an die geforderte Lautstärke zu gewöhnen. In den Minuten 3, 5, 7 und 9 sowie 4, 6, 8 und 10 blieben die

prozentualen Unterschreitungen jeweils relativ konstant. Es trat also weder eine Verringerung noch eine Verstärkung der prozentualen Unterschreitung auf.

Ein systematischer Unterschied zwischen den prozentualen Unterschreitungen der Patientengruppe und denen der Kontrollgruppe konnte nicht aufgezeigt werden. Die Werte der Kontrollgruppe fielen teils höher, teils niedriger aus, als die Werte der Patientengruppe – signifikant war jedoch keine der Differenzen. Das bedeutet, dass die stimmunauffälligen Probanden die gleichen Probleme hatten, die jeweils geforderte Lautstärke zu erreichen, wie die stimmungsgestörten Patienten. Unsere Untersuchungen zeigen somit auf, dass kein Einfluss des Grades der Stimmstörung auf das Erreichen der geforderten Lautstärke nachgewiesen werden konnte. Somit ließen sich anhand des Stimmbelastungstests keine Abgrenzungen zwischen gesunden und kranken Stimmen finden.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Nedlin [102] und Kreuchwig et al. [75], die anhand der prozentualen Unterschreitungen während eines Stimmbelastungstests ebenfalls nicht in der Lage waren, zwischen kranken und gesunden Stimmen zu unterscheiden.

Eine Ursache hierfür könnte darin begründet liegen, dass die stimmungskranken Patienten über einen größeren Erfahrungsschatz im Umgang mit derartigen oder ähnlichen medizinischen Stimmuntersuchungen verfügen. Weiterhin sind sie sicherlich sehr viel sensibilisierter im Umgang und im Einsatz ihrer Stimme.

Auch beim Vergleich der Mittelwerte der prozentualen Unterschreitung aller 75 dB(A)- sowie aller 80 dB(A)-Werte sowie dem Mittelwert über den gesamten Untersuchungszeitraum zwischen Patienten- und Kontrollgruppe konnten keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Auffällig war jedoch, dass die ermittelten minimalen Unterschiede in allen drei Fällen zugunsten der Patienten ausfielen. Das bedeutet, dass die Kontrollgruppe bei Betrachtung der drei genannten Durchschnittswerte jeweils stärkere Unterschreitungen aufwies als die Patientengruppe. Möglicherweise ist diese Tatsache dadurch zu erklären, dass im Gegensatz zur Kontrollgruppe ein größerer Teil der Patientengruppe in den sogenannten Sprechberufen arbeitet. Dies bedeutet zwar einerseits, dass

die Patientengruppe mehr Risikofaktoren für die Entwicklung einer Stimmstörung aufweist, kann für die Patienten jedoch andererseits auch einen geübteren Umgang mit der Stimme zur Folge haben.

Interessant wäre es in diesem Zusammenhang herauszufinden, ob sich bei einer längeren Dauer des Stimmbelastungstests deutlichere Unterschiede zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe aufzeigen ließen.

5.2.2 Schallanalytische Untersuchungen

Die Vergleichbarkeit der objektiven Einschätzung der Rauigkeit und der Behauchung des Stimmklanges mit anderen Studien gestaltet sich schwierig.

Während in der vorliegenden Studie die Parameter Irregularität und Rauschen angewendet wurden, kamen in vielen älteren Studien, die sich mit dem Göttinger Heiserkeits-Diagramm oder ähnlichen schallanalytischen Aufzeichnungen befassten, die einzelnen Parameter Jitter, Shimmer und NHR (Noise-to-Harmonics Ratio) sowie teilweise weitere verschiedene Kenngrößen zum Einsatz. Weiterhin stellten Bielamowicz et al. [9] bereits 1996 fest, dass selbst vermeintlich gleiche, jedoch mit verschiedenen Stimmanalyseprogrammen erhobene Parameter nur sehr schlecht miteinander verglichen werden können.

Die Parameter Irregularität und Rauschen sanken in der Gruppe der Patienten nach dem Stimmbelastungstest ab. Im Verlauf der Erholungsphase hingegen stiegen sowohl die Irregularität als auch das Rauschen an. Die Irregularität erreichte wieder das vor dem Beginn des Tests ermittelte Ausgangsniveau. Der Parameter Rauschen stieg jedoch nicht wieder so weit an, wie er im Verlauf des Stimmbelastungstests abgesunken war.

Damit stehen unsere Ergebnisse im Widerspruch beispielsweise zu denen von Shivo et al. [149], die in ihrer Studie das genaue Gegenteil feststellten. Die beiden erfassten Parameter Heiserkeit und Rauigkeit stiegen bei Belastung zunächst an und sanken dann wieder etwas ab. Diese Problematik wird in der

Literatur kontrovers diskutiert. In einigen Studien wurde ein Anstieg des Jitter und Shimmer nach stimmlicher Belastung festgestellt [86, 141] in anderen wurde das Gegenteil herausgefunden [157]. Möglicherweise sind diese Differenzen auf Unterschiede in der Methodik oder, wie oben bereits erwähnt, auf die Verwendung unterschiedlicher Stimmanalyseprogramme zurückzuführen.

Es kann resultierend aus unseren Ergebnissen jedoch zusammenfassend festgestellt werden, dass nach der stimmlichen Belastung bessere Werte in der Schallanalyse ermittelt wurden als zuvor. Somit hat die zehninütige Beanspruchung der Stimme offensichtlich eine Verbesserung des muskulären Zusammenspiels und des Stimmlippenschlusses zur Folge. Da es sich insgesamt um nur geringgradige messbare Veränderungen handelte, sind diese auditiv schwer erfassbar.

Die Ursache für die genannten Verbesserungen könnte möglicherweise in einer Art Trainingseffekt begründet liegen, da während des Lesens ein erhöhter Muskeltonus besteht [78, 161, 173, 174]. Im Laufe der Belastung kommt es somit zu einer Anspannung des gesamten an der Stimmgebung beteiligten Muskelapparates und dadurch zu einer Verbesserung der muskulären Spannung. Dies könnte einerseits einen dichteren Verschluss der Stimmlippen nach sich ziehen, was das verringerte Rauschen im Stimmklang erklären könnte. Andererseits kann es dadurch zu einer Straffung der Mm. vocales kommen, was eine gleichmäßigere, synchronere Schwingung der Stimmlippen nach sich ziehen könnte. Dies würde zu einer Reduktion des Parameters Irregularität führen.

Es ist weiterhin denkbar, dass die Belastung zu einer erhöhten Schleimhautdurchblutung, unter anderem in den Stimmlippen, führt. Dies kann ein leichtes Anschwellen der Schleimhaut und infolge dessen einen dichteren Verschluss der Stimmlippen nach sich ziehen. Ein verbesserter Stimmklang durch ein Absinken des Rauschens könnte dadurch hervorgerufen werden.

Verschiedene Autoren [14, 58, 159] stellten auf der Basis ihrer Untersuchungen die Vermutung auf, dass insbesondere eine niedrige innere

Stimmlippenmuskelspannung zu größerer Schleimhautverschieblichkeit führt. Im Umkehrschluss würde das bedeuten, dass ein lauterer Einsatz der Stimme zu einem erhöhten Muskeltonus führen würde, was sich auf die Parameter Irregularität und Rauschen auswirkt.

Die Ergebnisse, die Gelfer et al. [45] bei musikalisch unausgebildeten Frauen im Rahmen eines Stimmbelastungstests ermittelten, unterscheiden sich zum Teil von den hier vorliegenden Resultaten. Sie fanden nach der Belastung zwar ebenfalls niedrigere SNRs (Signal to Harmonic Ratio), was dem in dieser Studie gemessenen Rauschen vergleichbar ist, jedoch waren die Jitterwerte erhöht.

Bereits nach der 30minütigen Erholungszeit wurde die individuelle Stimmqualität jedoch wieder ein wenig schlechter. Die Verbesserung des Stimmklanges war demzufolge nur von kurzer Dauer.

Die Irregularität stieg nach der Erholungsphase wieder bis auf den Ausgangswert an. Auch das Rauschen stieg im Laufe der Erholungsphase wieder an. Im Gegensatz zur Irregularität blieb es jedoch deutlich unter dem Ausgangswert.

Die Irregularitäts- und Rausch-Werte waren in der Patientengruppe minimal stärker ausgeprägt als in der Kontrollgruppe, jedoch konnten keine systematischen Unterschiede zwischen beiden Gruppen aufgezeigt werden.

Das bedeutet, dass allein anhand der Werte der Parameter Irregularität und Rauschen nicht zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe unterschieden werden kann. Demzufolge ist laut unseren Ergebnissen hier keine Differenzierung zwischen gesunden und kranken Stimmen möglich. Auch Buekers [15] konnte keinen Unterschied der akustischen Parameter zwischen Patienten- und Kontrollgruppe aufzeigen. Dies führte er einerseits darauf zurück, dass die Parameter oder die verwendeten Geräte nicht sensitiv genug auf die akustischen Veränderungen reagierten oder andererseits schlichtweg keine akustischen Störungen auftraten.

Im Gegensatz dazu ermittelten einige Autoren [4, 17, 78, 145] stärkere Jitter- und Shimmerwerte bei Personen mit Stimmstörungen. Demzufolge kann in diesen Untersuchungen anhand der angegebenen Parameter zwischen gesunden und pathologisch veränderten Stimmen zumindest bei einigen Stimmstörungen unterschieden werden.

Diese unterschiedlichen Ergebnisse sind möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die Probanden der hier vorliegenden Studie, deren Stimmen als gesund eingestuft wurden, möglicherweise eine beginnende Stimmfunktionsstörung aufwiesen, die sich erst in einer Belastungssituation offenbarte. Andererseits könnten Versuchspersonen aus der Patientengruppe mit funktioneller Stimmstörung derart an die Fehlbelastung ihrer Stimme gewohnt sein, dass sie die Belastungssituation nicht als solche empfanden.

Die Werte der Irregularität und des Rauschens der Patientengruppe zeigten tendenziell einen ähnlichen Verlauf wie die der Kontrollgruppe. Es waren also auch hier keine Gruppenunterschiede und somit keine Unterschiede zwischen unauffälligen und kranken Stimmen festzustellen.

Zwischen der erreichten Lautstärke und dem Parameter Irregularität konnte ein schwacher, negativer, linearer Zusammenhang aufgezeigt werden.

Das bedeutet, dass, je höher die mittlere Lautstärke, die die Patienten erreichten, war, desto geringer fiel tendenziell die Irregularität ihrer Stimmen aus. Dies könnte als Hinweis darauf gewertet werden, dass bei lauter Phonation eine bessere Synchronität der Stimmlippenschwingungen vorlag. Möglicherweise kann dies auf den erhöhten Muskeltonus des an der Stimmgebung beteiligten Muskelapparates zurückgeführt werden.

Ein Zusammenhang zwischen dem Parameter Rauschen und der erreichten Lautstärke konnte hingegen nicht nachgewiesen werden. Somit kann man offensichtlich nicht davon ausgehen, dass die Stimmlippen umso dichter schließen, je lauter die Stimme eingesetzt wird.

In dem von Ettehad [27] durchgeführten Stimmbelastungstest wurde herausgefunden, dass die Parameter Jitter, Shimmer und NHR bei einem

erhöhten Schalldruckpegel absanken. Sie ließen hierfür 53 Sonderpädagogikstudenten den Vokal [a:] in zwei unterschiedlichen vorgegebenen Lautstärken für wenige Sekunden halten. Da die Irregularität aus dem Jitter und dem Shimmer berechnet wird, stimmen die Ergebnisse bezüglich dieser beiden Parameter mit der hier vorliegenden Studie überein. Auch Brockmann et al. [14] untersuchten objektive Stimmparameter, indem sie 70 Erwachsene im Alter zwischen 20 und 40 Jahren ebenfalls den Vokal [a:] in leiser, mittlerer und lauter individueller Lautstärke phonieren ließen. Sie stellten in gleicher Weise abnehmende Jitter- und Shimmerwerte bei zunehmender Lautstärke fest.

Den bereits aufgezählten Studien entsprechend berichteten viele weitere Autoren [17, 24, 46, 107, 108, 109, 133] von der umgekehrten Proportionalität zwischen Jitter und Shimmer und dem Schalldruckpegel, was sich mit den von uns ermittelten Resultaten deckt.

Die Beziehung zwischen dem Schalldruckpegel und dem NHR-Wert, aus dem das Rauschen berechnet werden kann, die sowohl Ettehad [27] als auch Saggau [133] fanden, konnte jedoch nicht bestätigt werden.

Ein Zusammenhang zwischen der prozentualen Unterschreitung und den Parametern Irregularität und Rauschen konnte nicht gefunden werden. Das bedeutet, dass ein möglicherweise objektiv schlechter Stimmklang nicht zwangsläufig mit häufigen Unterschreitungen der geforderten Lautstärke assoziiert sein muss. Umgekehrt kann daraus geschlussfolgert werden, dass Patienten, die die geforderte Lautstärke mehrfach nicht erreichten, nicht unbedingt einen schlechteren Klang ihrer Stimmen aufweisen müssen. Somit kann festgestellt werden, dass eine Beziehung zwischen der stimmlichen Belastung und der Irregularität bzw. dem Rauschen nicht nachgewiesen werden konnte.

Sowohl Saggau [133] als auch Verstraete et al. [167] erhoben im Rahmen einer Stimmbelastungsuntersuchung ebenfalls schallanalytische Aufzeichnungen. Auch sie konnten dabei keinen Zusammenhang zwischen der stimmlichen

Belastung und den Jitter- und Shimmerwerten nachweisen, was sich mit den von uns gefundenen Ergebnissen deckt.

5.2.3 Subjektive Beschwerden

Wie bereits beschrieben, handelt es sich bei der Erfassung der Beschwerdesymptome um subjektive Angaben. Dies muss bei der Bewertung der Ergebnisse und insbesondere der Signifikanzen Berücksichtigung finden.

Wie extrem unterschiedlich zwei Menschen auf eine identische Belastungssituation reagieren und diese bewerten, verdeutlicht eine Untersuchung von Scherer et al. [141]. Sie untersuchten zwei Frauen in Form eines Stimmbelastungstests. Nach einer Stunde stimmlicher Belastung verspürte eine der Frauen eine deutliche, subjektive Verschlechterung ihrer Stimme (tiefere und leicht kratzige Stimme), während die andere zunächst über positive Veränderungen ihrer Stimme berichtete (die Stimme klang stärker, was als Zeichen von stimmlichem Aufwärmen interpretiert wurde). Bei ihr traten die subjektiv negativen Auswirkungen erst nach 1,5 Stunden stimmlicher Belastung auf. Das gleiche Phänomen war in der anschließenden Ruhephase zu beobachten. Während eine der Frauen angab, ihre Stimme sei in der Ruhephase deutlich schlechter geworden, verspürte die andere im gleichen Zeitraum eine deutliche Verbesserung ihrer Stimme.

Dieses recht extreme Beispiel veranschaulicht, wie unterschiedlich ausgeprägt die Wahrnehmungen zweier Individuen auf ein und dieselbe Situation ausfallen können.

Der Vergleich der subjektiven Beschwerden zu den einzelnen Zeitpunkten lieferte für nahezu jedes der erfassten Symptome eine deutlich stärkere Ausprägung in der Patientengruppe als in der Kontrollgruppe.

Die stimmkranken Patienten wiesen also zu allen Erfassungszeitpunkten deutlich stärkere Beschwerden auf als die stimmunauffällige Kontrollgruppe.

Aufgrund dieses klaren Unterschiedes kann vom subjektiven Beschwerdeempfinden der Versuchspersonen relativ zuverlässig auf die Zugehörigkeit zu einer der beiden Gruppen (Patienten- oder Kontrollgruppe) rückgeschlossen werden.

Im Widerspruch dazu steht die Studie von Buekers [15], in der kein Unterschied zwischen den Beschwerden der Patienten und denen der Kontrollgruppe festgestellt werden konnte. Eventuell sind die verschiedenen Ergebnisse auf Unterschiede im Studiendesign oder auf die Kriterien zur Auswahl der Versuchspersonen zurückzuführen.

Der Verlauf der subjektiven Beschwerden fiel, abhängig vom abgefragten Beschwerdesymptom, sehr unterschiedlich aus. Wie im Kapitel „Ergebnisse“ bereits erläutert, unterschieden sich die Symptome „Brennen im Hals“, „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ und „Schluckbeschwerden“, welche einen vergleichbaren Verlauf aufwiesen, recht deutlich vom Verlauf der Symptome „Hustenreiz“ und „Verschleimung im Rachenraum“.

Während des Stimmbelastungstests (von Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2) stieg das subjektive Beschwerdeempfinden bezüglich der Symptome Brennen, Trockenheit und Schluckbeschwerden deutlich an. Im Gegensatz dazu war beim Hustenreiz und der Verschleimung eine Abnahme des subjektiv wahrgenommenen Beschwerdeempfindens zu verzeichnen.

Eine mögliche Erklärung für den Anstieg der drei erstgenannten Symptome könnte sein, dass die Anspannung und der nahezu kontinuierliche Luftfluss während der stimmlichen Belastung möglicherweise zu einer Erhöhung der Trockenheit führten. Dadurch bedingt, könnte es auch zu einer Verstärkung des Brennens sowie der Schluckbeschwerden kommen.

Die Abnahme der Verschleimung und des Hustenreizes könnte eventuell dadurch erklärt werden, dass die Stimmlippen während des lauten Lesens ständig in Bewegung sind. Es wird infolge dessen ein Ansammeln von Schleim an deren Oberfläche verhindert und es kommt darüber hinaus zum aktiven Abtransport der vorhandenen Schleimauflagerungen. In logischer Konsequenz

würde dadurch das Gefühl der Verschleimung verschwinden. Im Zusammenhang damit ginge der Hustenreiz in gleicher Weise zurück, da der Schleim als Reizfaktor abtransportiert wurde.

Im Verlauf der Ruhephase (von Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3) gingen alle Beschwerdesymptome zurück. Bei den ohnehin rückläufigen Symptomen Hustenreiz und Verschleimung kam es zu einer sehr dezenten weiteren Reduktion des subjektiven Missempfindens. Eine sehr viel deutlichere Abnahme des von den Patienten wahrgenommenen Beschwerdegefühls war beim Brennen, bei der Trockenheit und bei den Schluckbeschwerden zu verzeichnen.

Die Tatsache, dass sich das subjektive Empfinden des Hustenreizes und der Verschleimung im Verlaufe der Erholungsphase kaum verändert, ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass es infolge der stimmlichen Ruhe zu keinem weiteren aktiven Abtransport des Schleimes kommt. Neuer Schleim kann sich allerdings im Rahmen dieser halbstündigen Ruhephase nicht so schnell ablagern, da die Muskeln nun nicht mehr durch den Wechsel von Anspannung und Entspannung eine Massagewirkung auf die Schleim- und Speicheldrüsen ausüben. Die Erklärung für das Nachlassen des Brennens, der Trockenheit sowie der Schluckbeschwerden kann darin zu sehen sein, dass es dank der stimmlichen Ruhe zu keiner weiteren kontinuierlichen Reizung durch den Luftstrom kommt. Der Mund-Rachenraum wird dadurch geschont und entlastet, was die Reduktion der genannten Beschwerdesymptome bewirken könnte. In Anlehnung an die Resultate, die Titze [161] in seinen Untersuchungen fand, ist es außerdem denkbar, dass es durch die vorangegangene Anstrengung und Anspannung der an der Stimmgebung beteiligten Strukturen zu einer Verbesserung der Blutzirkulation kam, wodurch die Verringerung der subjektiven Beschwerden ebenfalls schlüssig erklärt werden könnte. Jedoch gab er weiterhin an, dass es auch zu einer vermehrten Schleimsekretion kommt, was sich mit den von uns gefundenen Ergebnissen nicht deckt.

Betrachtet man den Verlauf der Beschwerdesymptomatik über die gesamte Dauer der Studie, so ist festzustellen, dass die Ausprägung des Brennens und der Schluckbeschwerden nach der Stimmerholungsphase bis fast auf das vor dem Stimmbelastungstest ermittelte Ausgangsniveau zurückgingen. Bei der Trockenheit, dem Hustenreiz und der Verschleimung reichte die Reduktion der Beschwerden im Rahmen der Erholung sogar bis deutlich unter das Ausgangsniveau.

Das lautstarke Lesen eines Textes könnte möglicherweise zunächst eine Anspannung, aber infolge dessen auch eine Anregung aller an der Stimmproduktion beteiligten organischen Strukturen nach sich ziehen. Dadurch könnte die drastische Reduktion, insbesondere der Trockenheit nach dem initialen Anstieg, erklärt werden.

Es ist außerdem nicht auszuschließen, dass es zu einer Art Trainingseffekt der an der Stimmbildung beteiligten Organstrukturen kommt. Vielfach wird in diesem Zusammenhang in der Literatur von einer Aufwärmphase gesprochen [161, 173]. Das bedeutet, dass sich die Stimme nach einer kurzen Stimmbelastung sowohl subjektiv als auch objektiv verbessert. Man könnte sagen, dass die Versuchspersonen ihre Stimmen bei dieser Anstrengung im Laufe der hier geforderten 10 Minuten „einlesen“. Dieser Effekt geht jedoch bei einer lang andauernden Belastungsphase wieder verloren [161, 173].

Ähnliche Ergebnisse fand auch Saggau [133], die bei 16 jungen stimmgesunden Probanden durch 25minütiges lautes Lesen für eine Belastung der Stimme sorgte und mittels Fragebögen feststellte, dass nach der Belastung mehr subjektive Beschwerden auftraten. Nach einer 30minütigen Ruhephase wurden zwar noch immer mehr Beschwerden als zu Beginn des Tests angegeben, allerdings konnte bereits eine sehr deutliche rückläufige Tendenz beobachtet werden. Auch die Resultate, die Vintturi et al. [175] fanden, gleichen denen der vorliegenden Studie. Sie ließen 40 weibliche und 40 männliche junge Studenten fünf Mal zu je 45 Minuten mit lauter Stimme einen Roman lesen. Die subjektiven Symptome, die während der stimmlichen Belastung auftraten, wurden aufgenommen, indem die Personen nach jedem Durchgang einen

Fragebogen ausfüllten. Dabei stellte sich heraus, dass die Trockenheit während der Belastung kontinuierlich anstieg. Nach der Erholungszeit sank die Trockenheit bis unterhalb des Ausgangswertes. Diese beiden Resultate decken sich mit denen der vorliegenden Studie. Die höchsten durchschnittlichen Ausprägungen von allen Beschwerdesymptomen konnten Vintturi et al. [175] für die „Trockenheit in Mund und Rachen“ ermitteln, was ebenfalls mit den von uns ermittelten Ergebnissen übereinstimmt.

Im Widerspruch zu den vorliegenden Ergebnissen stehen die Resultate der Untersuchungen von Laukkanen et al. [77]. Sie fanden während des Stimmbelastungstests lediglich einen moderaten Anstieg der Beschwerden und erst nach dem Abschluss des Tests kam es zu einer beträchtlichen Zunahme des subjektiven Beschwerdeempfindens. Der Aufbau der Studie unterschied sich allerdings auch wesentlich von dem von uns gewählten Setting. Die untersuchten 24 Frauen mussten über einen Zeitraum von 45 Minuten eine Schallpegelanforderung von 70 dB(A) erfüllen.

Da es zu einer Reduktion der subjektiven Beschwerden im Rahmen der Ruhephase kam, kann von einem positiven Effekt der Erholungszeit ausgegangen werden. Aus den Ergebnissen lässt sich weiterhin ableiten, dass eine halbe Stunde zur subjektiv empfundenen Erholung der Stimme nach einer derartigen Stimmbelastung vollkommen ausreicht. Dies bestätigt auch eine bereits im Jahr 1962 veröffentlichte Studie von Sherman et al. [148]. Sie konnten zeigen, dass die von den Patienten in ihren Stimmen subjektiv wahrgenommene Härte, nachdem sie direkt nach der Stimmbelastung deutlich abgesunken war, infolge einer 30minütigen Erholungszeit wieder auf den Ausgangswert anstieg.

Södersten et al. [155] kamen hingegen zu dem Ergebnis, dass selbst eine Erholungsphase von 2 Stunden Dauer nicht für eine vollständige Regeneration der Stimme genügt. Sie ließen die Patienten- und die Kontrollgruppe für 30 Minuten einen Text bei einem realistischen Hintergrundgeräusch (80-85 dB(A)) lesen. Nach dem Belastungstest waren die Versuchspersonen für 2 Stunden ruhig. Vor und nach dem Stimmbelastungstest und nach der

Stimmerholungszeit gaben die Versuchspersonen auf einem Fragebogen den Grad der Belastung und der Heiserkeit an. Die Ergebnisse zeigten einen deutlichen Anstieg der empfundenen Belastung und Heiserkeit direkt nach dem Belastungstest in beiden Gruppen (Patienten und Kontrollgruppe). Nach den 2 Stunden stimmlicher Ruhe gab es eindeutige Unterschiede zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe. In der Patientengruppe sanken die Beschwerden sehr viel langsamer wieder ab und sie gaben somit deutlich stärkere Belastungs- und Heiserkeitswerte nach der Stimmerholungsphase an als die Kontrollgruppe. Es wurde geschlossen, dass eine Stimmerholungszeit von 2 Stunden für die Patienten nicht ausreicht, um wieder die Ausgangswerte zu erreichen. Dies bestätigten in ähnlicher Weise auch Vintturi et al. [174], die eine Erholungszeit von 45 Minuten als nicht ausreichend ansahen. Als mögliche Gründe führten sie an, dass entweder die Zeit zu kurz war, oder dass eventuelle soziale Konversationen während der Ruhephase die Erholungseffekte abgemildert haben könnten.

Die subjektiv empfundenen Beschwerden der Patienten beschrieben in der vorliegenden Studie weitgehend einen sehr ähnlichen Verlauf wie die der Kontrollgruppe – jedoch mit unterschiedlicher Ausprägung zu den einzelnen Zeitpunkten.

Leichte Unterschiede konnten lediglich für die Symptome Hustenreiz und Verschleimung im Verlauf von Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2 gefunden werden. Die Verlaufsunterschiede zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe fielen jedoch nicht signifikant aus.

Aus diesen Ergebnissen ist zusammenfassend abzuleiten, dass sich der Verlauf des subjektiven Beschwerdeempfindens erkrankter Stimmen nicht bzw. nicht wesentlich von dem gesunder Stimmen unterscheidet.

Die Studie von Buekers et al. [15] unterstreicht diese Feststellung. Sie befragten 20 Stimmpatienten und 12 Personen der Kontrollgruppe zu ihren Symptomen bezüglich Stimme und Rachen (Stimmermüdung, Globusgefühl, schmerzhaftes, trockenes oder brennendes Gefühl im Rachen) vor und nach

einem Intervall-Stimmbelastungstest. Sie fanden einen signifikanten Anstieg der Stimmermüdung mit Schmerzen und Beschwerden im Rachen während des Stimmbelastungstests in beiden Gruppen. Jedoch waren auch in dieser Studie keine bedeutsamen Unterschiede zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe festzustellen.

In der bereits erwähnten Studie kamen Södersten et al. [155] jedoch zu gegenteiligen Resultaten. Untermauert werden diese Ergebnisse durch die Studie von Kreuchwig et al. [75], die im Rahmen von Stimmbelastungstests deutliche Unterschiede bei der Ausprägung der subjektiven Beschwerden zwischen stimmkranken und stimmgesunden Versuchspersonen fanden. Auch Nedlin [102] führte eine Studie durch, in welcher sich die Versuchspersonen, bestehend aus Patienten- sowie Kontrollgruppe, einer stimmlichen Belastung unterziehen mussten. Sie konnte damit die erheblichen Unterschiede in den subjektiven Beschwerden zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe der zuvor genannten Untersuchungen bestätigen.

Ein systematischer Zusammenhang zwischen der erreichten Lautstärke und den angegebenen subjektiven Beschwerden konnte für keines der Symptome gefunden werden. Dies bedeutet, dass die Patienten, die eine höhere durchschnittliche Lautstärke erreichten, nicht zwangsläufig weniger oder aber mehr subjektive Beschwerden aufwiesen. Weiterhin ist daraus abzuleiten, dass Patienten mit stärkeren subjektiven Beschwerden im Belastungstest eine ähnliche Lautstärke erreichten, wie die Patienten, deren Symptome weniger stark ausgeprägt waren.

Diese Ergebnisse werden bestätigt von Vintturi et al. [175], die zu dem Schluss kamen, dass der Unterschied im Schalldruckpegel nur sehr geringe Auswirkungen auf die subjektiven Symptome hatte. Sie teilten ihre Versuchspersonen in mehrere Gruppen ein, von denen eine die fünfmalige 45minütige stimmliche Belastung bei einem niedrigen (<65 dB(A)), eine andere bei einem hohen Schalldruckpegel (>65 dB(A)) absolvieren musste. Als eventuelle Ursache für die ähnlichen Resultate der Patienten- und der Kontrollgruppe führten sie an, dass der Unterschied zwischen den

Schalldruckpegel-Gruppen in ihrer Studie möglicherweise nicht groß genug gewählt wurde.

Laukkanen et al. [77] fanden in ihrem Stimmbelastungstest im Gegensatz dazu heraus, dass Versuchspersonen mit stärker ausgeprägten subjektiven Beschwerden lediglich etwas niedrigere Schalldruckpegel erreichten, während Versuchspersonen mit wenigen subjektiven Beschwerden den Schalldruckpegel stärker steigern konnten. Die Tatsache, dass die Patienten mit stärkeren stimmlichen Problemen ihre Lautstärke weniger steigern konnten, führten sie auf eine möglicherweise weniger wirksame Funktion des stimmlichen Organs zurück. Es sei ihren Ausführungen zufolge auch nicht auszuschließen, dass es den Versuch der Patienten widerspiegelt, mit ihren Stimmenproblemen zurechtzukommen, indem sie stimmliche Belastung zu vermindern versuchen. Auch Rantala et al. [120, 121] berichteten von einer größeren Zunahme des Schalldruckpegels während eines Werktages bei den Lehrerinnen, die weniger stimmliche Beschwerden aufwiesen. Sie stellten aus diesem Grund die Hypothese auf, dass ein stärkerer stimmbelastungsbedingter Anstieg des Schalldruckpegels die Fähigkeit des Stimmorgans zeigt, sich an stimmliche Belastung anzupassen. Dementsprechend könnte ein geringfügiger Anstieg oder ein Absinken dieser stimmlichen Parameter ein Anzeichen für stimmliche Ermüdung sein.

Zwischen der Ausprägung der subjektiven Beschwerden und der prozentualen Unterschreitung während des Stimmbelastungstests konnte kein genereller Zusammenhang gefunden werden.

Es ist somit nicht möglich, Rückschlüsse von der angegebenen Beschwerdesymptomatik der Versuchspersonen auf deren Erfüllung der Schallpegelanforderungen im Rahmen des Stimmbelastungstests zu ziehen. Es können im Umkehrschluss ebenso wenig Aussagen über möglicherweise auftretende oder sich verstärkende subjektive Beschwerden aufgrund einer bestimmten prozentualen Unterschreitung getroffen werden.

Zusammenhänge zwischen dem objektiven Stimmparameter Irregularität und den subjektiven stimmlichen Parametern konnten lediglich für die Symptome Brennen, Trockenheit und Schluckbeschwerden nachgewiesen werden. Es bestanden für die drei genannten Symptome negative Wechselwirkungen mit der Irregularität. Das heißt, dass sich beide jeweils verglichenen Parameter entgegengesetzt zueinander veränderten. Während die Irregularität im Verlaufe der Stimmbelastung abnahm, stiegen das Brennen, die Trockenheit bzw. die Schluckbeschwerden im gleichen Zeitraum an. Das umgekehrte Phänomen war während der Stimmerholungsphase zu beobachten, wo die Irregularität anstieg und die subjektiven Beschwerden wieder abnahmen.

Auch zwischen den subjektiven Beschwerdesymptomen Brennen, Hustenreiz, Verschleimung und Schluckbeschwerden und dem objektiven Stimmparameter Rauschen konnten Wechselwirkungen ermittelt werden. Dabei wurden für das Brennen und die Schluckbeschwerden, ebenso wie bei der Irregularität, negative Korrelationen errechnet. Beim Hustenreiz und der Verschleimung fielen die Wechselwirkungen hingegen positiv aus. Das bedeutet, dass die beiden subjektiven Beschwerdeparameter Hustenreiz und Verschleimung tendenziell einen ähnlichen Verlauf aufwiesen, wie das Rauschen. Beim subjektiv empfundenen Brennen und den Schluckbeschwerden war das Gegenteil der Fall. Sie beschrieben einen entgegengesetzten Verlauf zum Rauschen.

Verschiedene Autoren [65, 78, 121] konnten in ihren Studien leichte Tendenzen hin zu Verbindungen von subjektiven Stimmbeschwerden zu objektiven akustischen Parametern ermitteln. So zeigten beispielsweise die Untersuchungen von Rantala und Vilkman [121] eine Abnahme des Jitter und Shimmer für die Gruppe mit starken Stimmbeschwerden. In der Gruppe mit leichten Stimmbeschwerden verliefen die akustischen Parameter in der entgegengesetzten Richtung, was die Ergebnisse unserer Studie bestätigt. Die Untersuchungen von Ma und Yiu et al. [84] und Laukkanen et al. [77] kamen hingegen zu gegensätzlichen Ergebnissen. In den von ihnen

durchgeführten Studien konnten keine Zusammenhänge zwischen subjektiven Beschwerdeparametern und der objektiven Stimmqualität gefunden werden.

5.3 Diskussion der Fehlermöglichkeiten

Im Rahmen klinischer Studien gibt es eine Vielzahl möglicher Fehlerquellen. Es wurde selbstverständlich im Vorfeld versucht, den Großteil dieser eventuellen Mängel auszuschalten, um dementsprechend eine möglichst exakte Auswertung aller zu untersuchenden Kriterien sicherzustellen. Trotz der gründlichen Vorbereitung ließen sich nicht sämtliche Fehler im Vorhinein beseitigen.

Eine bedeutende Rolle kommt der Auswahl der Versuchspersonen zu, da sie einen maßgeblichen Einfluss auf die Ergebnisse ausüben.

Die Patienten kamen aus der phoniatischen Sprechstunde, die sie zum Teil für Routineuntersuchungen und Verlaufskontrollen, zum Teil aber auch aufgrund akuter Stimmprobleme aufsuchten. Sie alle wurden der routinemäßigen Kontrolle unterzogen, wobei darauf geachtet wurde, dass sie keinerlei primär organische Befunde an den stimmbildenden Organen aufwiesen.

Die Kontrollgruppe setzte sich aus Mitarbeitern und Praktikanten der Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie sowie aus Studenten verschiedener Fachbereiche zusammen, die alle angaben, keine stimmlichen Beschwerden aufzuweisen. Auf eine klinische Untersuchung wurde bei diesen Personen verzichtet. Es erfolgte lediglich eine ausführliche Befragung bezüglich stimmlicher Beschwerden, Auffälligkeiten oder Leistungseinschränkungen. Ungeachtet der Tatsache, dass alle Versuchspersonen der Kontrollgruppe angaben, keine Probleme im Einsatz ihrer Stimmen zu haben oder jemals gehabt zu haben, ist jedoch nicht auszuschließen, dass sie möglicherweise unerkannte Stimmstörungen aufwiesen. Selbst nach klinischen Untersuchungen wäre nicht sicher auszuschließen gewesen, dass die als gesund eingestuft Personen möglicherweise versteckte Fehler in der Stimmerzeugung aufweisen,

die erst bei stärkerer stimmlicher Belastung zum Vorschein kommen. Auch beginnende Funktionsstörungen wären nicht sicher auszuschließen gewesen, da sich diese schleichend über Jahre entwickeln können.

Aufgrund dieser Problematik wird in der vorliegenden Studie bezüglich der Kontrollgruppe nicht generell von einem stimmgesunden, sondern von einem stimmunauffälligen Zustand ausgegangen.

Um eine bessere Vergleichbarkeit der subjektiven mit den objektiven akustischen Parametern zu erreichen, wäre es eventuell sinnvoll, die Fragebögen um Fragen zur Selbsteinschätzung der Stimme zu erweitern. In der vorliegenden Studie gaben die Patienten anhand des Fragebogens lediglich die Bewertung der Ausprägung der Beschwerdesymptome an. Hinzugefügt werden könnten Fragen zur Einschätzung der Qualität der eigenen Stimme, wie beispielsweise Heiserkeit, Rauigkeit, gefühlte Stimmermüdung etc., was den Zeitaufwand beim Ausfüllen nur unwesentlich steigern würde.

Bezüglich des Stimmbelastungstests sollte eventuell überlegt werden, ob die Zeitabschnitte, in denen konstant mit einer bestimmten Lautstärke gelesen wird, etwas ausgedehnt werden. Die Umstellung von einer geforderten Lautstärke auf eine andere bereitete allen Versuchspersonen Schwierigkeiten, da sie sich in den ersten Sekunden immer erst auf die jeweils geforderte Lautstärke einstellen mussten. Diese Schwierigkeiten traten unabhängig davon auf, ob es sich um einen Wechsel vom leiseren zum lauterem Schalldruckpegel oder vom lauterem zum leiserem Schalldruckpegel handelte. Aufgrund dieser Problematik fielen die Unterschreitungen der Lautstärke in den Minuten, in denen 80 dB(A) gefordert waren, jeweils in den ersten Sekunden etwas höher aus. Durch diese zwar kurzen, allerdings dennoch nicht vernachlässigbaren Adaptationsvorgänge könnte es zu einer Verschiebung der Ergebnisse hin zu schlechteren Werten kommen als sie die Versuchspersonen eventuell hätten erreichen können.

In Anbetracht dieser Problematik muss die in dieser Studie gewählte Intervalldauer von nur einer Minute als zu kurz angesehen werden. Abhilfe könnte hier geschaffen werden, indem die Intervalle, in denen eine bestimmte

Lautstärke gefordert ist, zumindest von einer auf zwei Minuten erhöht würden. Eine weitere Reduktion dieser Fehlerquelle wäre sicherlich durch eine stärkere Ausdehnung der Intervalle zu erreichen.

Ein weiterer, zum Teil auch von den Patienten geäußelter Kritikpunkt war der Text, mit dem der Stimmbelastungstest absolviert werden sollte. Unabhängig von den Äußerungen der Versuchspersonen war es während des Lesens auffällig, dass ein unerwartet großer Teil der Versuchspersonen Schwierigkeiten hatte, den Text zu lesen. Die Ursache liegt sicherlich in der Auswahl des Textes. Das Märchen „Das tapfere Schneiderlein“ wurde aufgrund des hohen Bekanntheitsgrades ausgewählt. Als Problem stellte sich im Nachhinein jedoch heraus, dass es einige Personen als sehr schwierig empfanden, die darin enthaltenen, zum Teil heute nicht mehr gebräuchlichen, altdeutschen Worte zu lesen. Dies führte teilweise zu Störungen des Leseflusses und zog nicht selten eine kurze Unterschreitung der Lautstärke nach sich.

Für zukünftige Studien der gleichen Art empfiehlt sich ein Text, welcher leicht zu lesen ist und möglicherweise aufgrund der darin vorkommenden Handlung die volle Aufmerksamkeit der Leser bindet, um ein flüssiges, ununterbrochenes Lesen mit vollem stimmlichen Einsatz zu gewährleisten.

5.4 Schlussfolgerungen

Den an der Studie teilnehmenden Versuchspersonen bereitete es im Durchschnitt keinerlei Probleme, einen Schalldruckpegel von 75 dB(A) zu erreichen und für jeweils eine Minute während des Lesens aufrecht zu erhalten. Der Schalldruckpegel von 80 dB(A) schien die Versuchspersonen hingegen vor recht deutliche Schwierigkeiten zu stellen. Es kann also festgestellt werden, dass ein Schalldruckpegel von 80 dB(A) eine ausreichende Belastung der Stimme sicherstellt.

Die Stimmen der Patienten schienen trotz der großen Anstrengung in ausreichendem Maße in der Lage zu sein, sich an die stimmliche Belastung anzupassen, da sie nach einer kurzen Eingewöhnungszeit konstante Schalldruckpegel erreichten. Da diese auch zum Ende des zehnminütigen Testverlaufs hin nicht absanken, kann davon ausgegangen werden, dass keine Ermüdungserscheinungen der Stimmen der Versuchspersonen beobachtet werden konnten. Dies könnte ein Anzeichen für eine zu kurz gewählte Belastungsdauer sein. Dementsprechend sollte, statt einer Erhöhung des geforderten Schalldruckpegels, eher über eine Erhöhung der Dauer der stimmlichen Belastung nachgedacht werden.

Deutliche Unterschiede zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe konnten weder bei der erreichten Lautstärke noch bei der prozentualen Unterschreitung gefunden werden. Somit kann geschlussfolgert werden, dass es der Kontrollgruppe ähnliche Schwierigkeiten bereitete, 80 dB(A) zu erreichen, wie der Patientengruppe. Demzufolge unterschied sich die Steigerungsfähigkeit der Stimmen der Probanden nicht von der der Patienten. Ein Einfluss des Grades der Stimmstörung auf die Resultate des Stimmbelastungstests konnte somit nicht nachgewiesen werden. Dementsprechend war eine Differenzierung zwischen kranken und unauffälligen Stimmen anhand des Stimmbelastungstests nicht möglich. Möglicherweise würde jedoch eine Erhöhung der Belastungsdauer zu deutlicheren Differenzen zwischen Patienten und Probanden führen.

Es lässt sich also feststellen, dass durch den in dieser Arbeit erprobten Stimmbelastungstest eine Anstrengung der Stimmen erreicht werden konnte. Jedoch war eine valide Aussage zur Dauerbelastbarkeit der Stimmen nicht ableitbar. Hierfür erschien die zehnminütige Stimmbelastung zu kurz.

Da nach der stimmlichen Belastung bessere Irregularitäts- und Rausch-Werte ermittelt wurden als zuvor, hat die zehnminütige Beanspruchung der Stimme

offensichtlich eine Optimierung des muskulären Zusammenspiels zur Folge. Eine kurzzeitige starke Beanspruchung der Stimme führte in vielen Fällen zu einer objektiven Verbesserung der Stimmqualität.

Die im Stimmbelastungstest erkennbare starke Beanspruchung der Stimme spiegelte sich dementsprechend nicht an den objektiven Stimmparametern und somit auch nicht am Stimmklang wider.

Eine direkte Wechselwirkung zwischen der stimmlichen Belastung und den objektiven Stimmparametern konnte nur partiell ermittelt werden.

Während ein lauterer Einsatz der Stimme zu einer Verbesserung der Synchronität der Stimmlippenschwingungen führte, konnte eine Verbesserung des Stimmlippenschlusses nicht nachgewiesen werden. Somit wird durch die stimmliche Belastung die Rauigkeit im Stimmklang reduziert. Auf die Behauchung hatte die Stimmbelastung jedoch keine Auswirkungen.

Weder bei den jeweiligen Irregularitäts- und Rausch-Werten zu den einzelnen Zeitpunkten noch beim Verlauf der Irregularität und des Rauschens konnten Unterschiede zwischen der Patienten- und der Kontrollgruppe ermittelt werden. Somit konnte auch anhand der objektiven akustischen Parameter nicht zwischen kranken und gesunden Stimmen differenziert werden.

Möglicherweise würden sich auch hier stärkere Unterschiede zeigen, wenn die Belastungsdauer erhöht würde.

Es kann also konstatiert werden, dass die stimmliche Belastung zu Verbesserungen der schallanalytischen Parameter führte. Ein Unterschied dieser Parameter zwischen Patienten und Probanden konnte jedoch nicht nachgewiesen werden.

Da die Symptome „Brennen im Hals“, „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ und „Schluckbeschwerden“ im Verlauf des Stimmbelastungstests deutlich anstiegen, kann davon ausgegangen werden, dass es zu einer starken,

subjektiv empfundenen Beanspruchung der Stimmen aller Versuchspersonen kam. Der im Rahmen der Erholungsphase registrierte, starke Rückgang der gleichen Beschwerdesymptome zeigt, dass die Patienten und Probanden während dieser 30 Minuten eine eindeutige Regeneration verspürten.

Es kann also festgestellt werden, dass das zehnmütige laute Lesen zu einer Verstärkung eines Teils der Beschwerdesymptome führte. Von den hier erhobenen Beschwerdesymptomen schienen das „Brennen im Hals“, die „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ sowie die „Schluckbeschwerden“ am besten geeignet, eine stimmliche Belastung nachzuweisen.

Aufgrund der Tatsache, dass alle Beschwerdesymptome nach Abschluss der Erholungsphase auf nahezu das gleiche und teilweise sogar leicht unter das Niveau vor dem Stimmbelastungstest absanken, kann davon ausgegangen werden, dass die 30minütige Erholungszeit nach dem Stimmbelastungstest zu einer kompletten Regeneration der Stimme führt.

Die Tatsache, dass die komplette Erholung der Stimmen recht schnell eintrat, legt andererseits die Vermutung nahe, dass die Belastungsdauer möglicherweise nicht ausreichend lang war. Im hier angewendeten Belastungstest wurde ein erhöhter Schalldruckpegel über eine, im Vergleich zu anderen Studien, verkürzte Zeitdauer angewendet. Möglicherweise wäre durch eine Erhöhung der Belastungsdauer, bei sonst unveränderten Kriterien, eine länger anhaltende Belastung der Stimmen und dadurch eventuell differenziertere Aussagen zu den hier ausgewerteten Kriterien möglich.

Daran, dass die Ausprägungen der Beschwerden der Patienten- und der Kontrollgruppe während der Untersuchung einen annähernd gleichen Verlauf beschrieben, ist zu erkennen, dass die Versuchspersonen beider Gruppen ähnliche stimmliche Reaktionen sowohl auf die Belastung als auch auf die Erholungsphase zeigten.

Jedoch waren alle erfassten Beschwerdesymptome zu den jeweiligen Zeitpunkten in der Patientengruppe deutlich stärker ausgeprägt als in der Kontrollgruppe. Demzufolge scheint, im Gegensatz zu den Werten des Stimmbelastungstests und der schallanalytischen Aufzeichnungen, anhand der subjektiven Beschwerdesymptome eine recht zuverlässige Unterscheidung zwischen stimmkranken Patienten und stimmunauffälligen Probanden möglich zu sein. Jedoch ist diese vermeintlich sichere Differenzierung mit Vorsicht zu betrachten, da in der täglichen Praxis lediglich einzelne Personen untersucht werden und somit die hier vorhandene Vergleichsgruppe fehlt. Es ist auf Basis der hier vorliegenden Daten nicht möglich, zuverlässige Grenzwerte in der Ausprägung der Beschwerdesymptomatik für die Patientengruppe oder die Kontrollgruppe zu definieren. Darüber hinaus gibt es starke individuelle Unterschiede in der Wahrnehmung von Beschwerden, weshalb subjektiv einzuschätzende Parameter nicht als verlässliches und vor allem reproduzierbares Differenzierungskriterium herangezogen werden können.

Da eine Beziehung zu den subjektiven Beschwerden weder für die erreichte Lautstärke noch für die prozentuale Unterschreitung nachgewiesen werden konnte, könnte man davon ausgehen, dass die Ausprägung der stimmlichen Beschwerden keinen Einfluss auf die Stimmbelastbarkeit aufwies.

Die entgegengesetzte Beziehung zwischen der Irregularität bzw. dem Rauschen und den subjektiven Beschwerdeparametern Brennen, Trockenheit und Schluckbeschwerden zeigt, dass eine objektive Verbesserung des Stimmklanges nicht zwangsläufig auch mit einer Reduktion der subjektiven Beschwerden assoziiert sein muss. Umgekehrt ist daraus weiterhin abzuleiten, dass eine Verstärkung der subjektiven Beschwerden nicht gleichzeitig auch eine Verschlechterung der Stimmqualität nach sich ziehen muss.

Subjektive Beschwerden, auch wenn möglicherweise kein klinischer Befund oder eine eventuelle objektive Verschlechterung des Stimmklanges verantwortlich gemacht werden können, sollten in jedem Falle ernst genommen werden und dienen als Hinweis einer stimmlichen Anstrengung.

Es kann resümierend festgestellt werden, dass eine verlässliche Aussage zur stimmlichen Dauerbelastbarkeit von den Ergebnissen des in der vorliegenden Arbeit erprobten Stimmbelastungstests nicht abgeleitet werden kann. Ebenso wenig wird eine definitive Unterscheidung zwischen gesunden und pathologisch veränderten Stimmen gewährleistet.

Aus den genannten Gründen kann der untersuchte Stimmbelastungstest nicht zur standardisierten Beurteilung der Belastbarkeit erkrankter Stimmen empfohlen werden.

6 Zusammenfassung

In der vorliegenden klinischen prospektiven Studie wurde ein möglichst praxistauglich einzusetzender Stimmbelastungstest erprobt.

Bei der Konzipierung wurde darauf geachtet, dass der Test mit möglichst geringem Zeitaufwand durchführbar ist, was auf die bislang entwickelten Belastungstests nicht zutrifft. Dies solle durch eine Verkürzung der Belastungsdauer bei einer Erhöhung der Belastungsintensität erreicht werden.

Untersucht wurden 46 Patienten (34 Frauen und 12 Männer) sowie 16 Probanden (8 Frauen und 8 Männer).

Während des Stimmbelastungstests wurde sowohl der Schalldruckpegel und die Grundfrequenz als auch die prozentuale Abweichung von der geforderten Mindestlautstärke in Echtzeit gemessen.

Zur Belastung der Stimmen wurden die Versuchspersonen instruiert, den vorgegebenen Text („Das tapfere Schneiderlein“) über eine Zeitdauer von 10 Minuten, den Anforderungen entsprechend, laut vorzulesen. Es sollte dabei, im Minutentakt wechselnd, eine Lautstärke von 75 bzw. 80 dB(A) erreicht werden.

Auf die stimmliche Belastung folgte eine Erholungsphase, in welcher die Patienten ihre Stimmen durch 30 Minuten stimmlicher Ruhe schonen sollten.

Zur Überprüfung der subjektiven Befindlichkeit erfolgte die Erhebung bestimmter Beschwerdesymptome (Brennen, Trockenheit, Hustenreiz, Verschleimung, Schluckbeschwerden) mittels geeigneter Fragebögen jeweils vor und nach dem Stimmbelastungstest sowie nach der Stimmerholungsphase.

Anhand der Erfassung schallanalytischer Aufzeichnungen mithilfe des Göttinger Heiserkeits-Diagramms wurde eine Analyse der Stimmqualität, genauer eine objektive Einschätzung der Rauigkeit und der Behauchung des Stimmklanges ermöglicht. Die Aufzeichnung des Göttinger Heiserkeits-Diagramms erfolgte ebenfalls in dreifacher Ausfertigung zeitgleich mit der Erfassung der subjektiven Beschwerdesymptome.

Es kann festgestellt werden, dass der in dieser Arbeit erprobte Stimmbelastungstest eine Anstrengung für die Stimme darstellt. Jedoch war eine valide Aussage zur Auswirkung einer Dauerbelastung auf die Stimmfunktion nicht ableitbar. Hierfür erschien die zehninütige Stimmbelastung zu kurz. Eine Unterscheidung zwischen kranken und gesunden Stimmen konnte anhand des Stimmbelastungstests nicht getroffen werden.

Im Verlauf der stimmlichen Belastung kam es zu einer Verbesserung der objektiven schallanalytischen Parameter Irregularität und Rauschen. Ein Unterschied zwischen Patienten und Probanden konnte jedoch auch bei diesem Parameter nicht nachgewiesen werden.

Infolge des Stimmbelastungstests kam es zu einer Verstärkung subjektiver Beschwerden, wie Brennen, Trockenheit und Schluckbeschwerden. Anhand der Beschwerdesymptomatik erscheint es möglich, zwischen gesunden und kranken Stimmen zu differenzieren. Da es sich allerdings um subjektive Angaben handelt, sollte nicht allein auf dieser Grundlage eine Abgrenzung zwischen gesund und krank vorgenommen werden.

Nach einer zehninütigen Belastungssituation ist eine Erholungsphase von einer halben Stunde zur Regeneration der Stimme ausreichend.

Es wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit darüber hinaus deutlich, dass eine objektive Verbesserung des Stimmklanges nicht zwingend mit einem Rückgang der subjektiven Beschwerden einhergehen muss.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass anhand des hier erprobten Stimmbelastungstests eine zuverlässige Aussage zur Dauerbelastbarkeit der Stimme nicht getroffen werden kann. Auch eine sichere Differenzierung zwischen gesunden und pathologisch veränderten Stimmen wird nicht ermöglicht.

7 Summary

In the present clinical prospective study a vocal loading test which focused on simplifying its practicability without influencing the significance of the result was tested.

During the conception, one of the main goals was to minimize the time consumption of the test as this is not the case with the loading tests existing by now. This shall be reached by a shortening of the load duration on one side and a rise of the load intensity on the other side.

46 patients (34 women and 12 men) were examined as well as 16 probands (8 women and 8 men).

During the vocal loading test the sound pressure level and the fundamental frequency as well as the percentaged deviation of the demanded minimum volume were measured in real time.

To load the voices the test subjects were instructed to read the predefined text ("The Valiant Little Tailor") loudly over a period of 10 minutes corresponding to the requirements. A loudness of 75 and 80 dB(A) respectively was supposed to be reached alternately minute-by-minute.

After the vocal load a recovery phase followed. During this time, the patients should spare their voices through vocal rest for 30 minutes.

The recording of certain complaint symptoms (burning, dryness, irritation of the throat, mucous congestion, difficulties in swallowing) was carried out for checking the subjective state by means of suitable questionnaires before and after the vocal loading test as well as after the vocal recovery phase.

The sound analytical recording which was gathered with the help of the hoarseness diagram allowed an analysis of the voice quality. More exactly, this afforded an objective assessment of the roughness and the breathiness of the sound of the voice. The recording of the hoarseness diagram was also carried

out triplicate simultaneously with the recording of the subjective complaint symptoms.

It can be noticed that a stress of the voices was reached by the vocal loading test proved in this study. However, a meaningful statement concerning the effect of a permanent stress of the voice was not derivable. The 10 minutes lasting vocal loading seemed to be too short. A distinction between ill and healthy voices could not be met by use of this vocal loading test.

In the course of the vocal load, an improvement of the objective sound analytical parameters irregularity and roaring was noticeable. However, a difference between patients and probands could not be proved by this parameter either.

Due to the vocal loading test, reinforcements of parts of the subjective troubles (burning, dryness, difficulties in swallowing) were provoked. By means of the type of disorders in throat and mouth it seems to be possible to differentiate between healthy and ill voices. Anyhow, a delimitation between healthiness and illness should not be carried out just on this basis because of the fact, that these are subjective details.

For the regeneration of a voice after a 10 minutes lasting load situation a recovery phase of half an hour is sufficient.

Furthermore, it became clear that in the context of the work an objective improvement of the vocal sound does not have to be mandatorily accompanied by a fall in the subjective troubles.

Summarizing, it can be noticed that using the vocal loading test proved in this work a reliable statement concerning the permanent capacity of the voice cannot be made. A reliable distinction between healthy and ill voices is also not possible.

8 Literaturverzeichnis

- 1 Ackerknecht EH: Geschichte der Medizin. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1992
- 2 Anders LC, Hollien H, Hurme P, Sonninen A, Wendler J: Perception of hoarseness by several classes of listeners. *Folia Phoniatr Logop* 1988; 40: 91–100
- 3 Artkoski M, Tommila J, Laukkanen AM: Changes in voice during a day in normal voices without vocal loading. *Logoped Phoniatr Vocol* 2002; 27: 118–123
- 4 Askenfelt A, Hammarberg B: Speech waveform perturbation analysis: A perceptual acoustical comparison of seven measures. *J Speech Lang Hear Res* 1986; 29: 50–64
- 5 Becker M, Zbären P, Laeng H, Stoupis C, Porcellini B, Vock P: Neoplastic invasion of the laryngeal cartilage: comparison of MR imaging and CT with histopathologic correlation. *Radiology* 1995; 194: 661–669
- 6 Berger R, Hanschmann H: Zur Quantifizierung des Störungsgrades der Stimmlippenschwingungen mittels stroboskopischer Kriterien. Posterbeitrag: 100 Jahre Phoniatrie in Deutschland. 22. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie, 24. Kongress der Union der Europäischen Phoniater. Berlin, 16.-18.09.2005
- 7 Berger R: Analyse von Stimmerkrankungen in stimmintensiven Berufen. *Otorhinolaryngol Nova* 1991; 1: 305–308
- 8 Bernitzke F: Heil- und Sonderpädagogik. Stam-Verlag, Köln 2001

- 9 Bielamowicz S, Kreiman J, Gerratt BR, Dauer MS, Berke BS: Comparison of voice analysis systems for perturbation measurement. *J Speech Hear Res* 1996; 39: 126–134
- 10 Biesalski P, Frank F: *Phoniatrie-Pädaudiologie*. Thieme, Stuttgart New York 1994
- 11 Billante CR, Spector B, Hudson M, Burkard K, Netterville JL: Voice outcome following thyroplasty in patients with cancer-related vocal fold paralysis. *Auris Nasus Larynx* 28: 315–321
- 12 Böhme G, Gross M: *Stroboskopie und andere Verfahren zur Analyse von Stimmlippenschwingungen*. Median Verlag, Heidelberg 2001
- 13 Böhme G: *Sprach-, Sprech-, Stimm- und Schluckstörungen, Band I: Klinik*. Fischer, Stuttgart 1997
- 14 Brockmann M, Storck C, Carding PN, Drinnan MJ: Voice Loudness and Gender Effects on Jitter and Shimmer in Healthy Adults. *J Speech Lang Hear Res* 2008; 51: 1152–1160
- 15 Buekers R: Are voice endurance tests able to assess focal fatigue? *Clin Otolaryngol* 1998; 23: 533–538
- 16 Buekers R: *Voice Performances in Relation to Demands and Capacity*; PhD thesis, University of Maastricht, 1998
- 17 Burzin T: *Stimmanalytische Untersuchung vor und nach Stimmbelastung*. Diss., Marburg 1997
- 18 Calas M, Verhulst J, Lecoq M, Dalleas B, Seilhean M: Vocal pathology of teachers. *Rev Laryngol Otol Rhinol* 1989; 110: 397–406

- 19 Coblenzer H, Muhar F: Atem und Stimme. Österr. Bundesverlag für Wissenschaft und Kunst, 1976
- 20 de Jong FICRS, Kooijman PGC, Orr R: Predictive parameters in occupational dysphonia. Myth or reality? In Dejonckere PH (Hrsg.): Occupational Voice: Care and Cure. The Hague, Bugler, 2001
- 21 de Jong FICRS, Kooijman PGC, Thomas G, Hincks WJ, Grammas K, Schutte HK: Epidemiology of Voice Problems in Dutch Teachers. Folia Phoniatr Logop 2006; 58: 186–198
- 22 Dejonckere PH, Bradley P, Clemente P: A basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. Eur Arch Otorhinolaryngol 258: 77–82
- 23 Dejonckere PH: Occupational Voice: Care and Cure. The Hague, Kugler, 2001
- 24 Dejonckere, PH: Effect of louder voicing on acoustical measurements in dysphonic patients. Logopedics, Phoniatrics, Vocology 1998; 23: 79–84
- 25 Denk DM, Swoboda H, Steiner E: Physiologie des Larynx. Radiologe 1998; 38: 63–70
- 26 Eckart WU: Geschichte der Medizin. Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2001
- 27 Ettehad S: Subjektive und objektive Stimmuntersuchungen zur Erfassung der Stimmbefunde bei Pädagogikstudenten. Diss., Marburg 2004

- 28 Eysholdt U, Rosanowski F, Hoppe U: Measurement and interpretation of irregular vocal cord fold vibration. HNO 2003; 51: 710–716
- 29 Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R: Waldeyer Anatomie des Menschen. De Gruyter Verlag, Berlin 2003
- 30 Feldmann H: Die Diagnostik und Therapie der Kehlkopfkrankheiten in der Geschichte der Medizin – Teil I: Die vorlaryngoskopische Ära. Laryngo-Rhino-Otol 2001; 80: 283–289
- 31 Feldmann H: Die Diagnostik und Therapie der Kehlkopfkrankheiten in der Geschichte der Medizin – Teil II: Die Erfindung der indirekten Laryngoskopie. Laryngo-Rhino-Otol 2002; 81: 46–55
- 32 Feldmann H: Die Diagnostik und Therapie der Kehlkopfkrankheiten in der Geschichte der Medizin. – Teil III: Nach der Erfindung der indirekten Laryngoskopie. Laryngo-Rhino-Otol 2002; 81: 596–604
- 33 Fischer PM: Die Stimme des Sängers. Metzler, Stuttgart Weimar 1993
- 34 Fleischer S, Hess M: Die Bedeutung der Stroboskopie in der laryngologischen Praxis. HNO 2006; 54: 628–634
- 35 František Šram: Geschichte und Gegenwart der Prager Phoniatrie. Vortrag: 100 Jahre Phoniatrie in Deutschland. 22. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie, 24. Kongress der Union der Europäischen Phoniater. Berlin, 16.-18.09.2005
- 36 Friedrich G, Bigenzahn W: Phoniatrie. Huber-Verlag, Bern 1995

- 37 Fröhlich M, Michaelis D, Kruse E: Objektive Beschreibung der Stimmgüte unter Verwendung des Heiserkeits-Diagramms. HNO 1998, 46: 684–689
- 38 Fröhlich M, Michaelis D, Strube HW, Kruse E: Acoustic voice analysis by means of hoarseness diagram. J Speech Lang Hear Res 2000; 43: 706–720
- 39 Fröhlich M, Michaelis D, Strube HW, Kruse E: Stimmgütebeschreibung mit Hilfe des Heiserkeits-Diagramms: Untersuchung verschiedener pathologischer Gruppen. In: Gross M (Hrsg.): Aktuelle phoniatriisch-pädaudiologische Aspekte Bd. 5. Median-Verlag, Heidelberg 1998
- 40 Fröhlich M, Michaelis D, Kruse E: Image sequences as necessary supplement to a pathological voice data base. In: de Krom G (Hrsg.) Proceedings of VOICEDATA98. Utrecht Institute of Linguistics OTS, University of Utrecht, The Netherlands 1998; pp 64–69
- 41 Fröhlich M, Michaelis D, Strube H, Kruse E: Acoustic voice quality description: Case studies for different regions of the hoarseness diagram. In: Wittenberg T, Mergell P, Tigges M, Eysholdt U (Hrsg.): Advances in quantitative laryngoscopy, 2nd 'Round Table', Erlangen 1997; pp 143–150
- 42 Fujimura O: Body-cover theory of the vocal fold and its phonetic implications. In: Stevens K, Hirano M (Hrsg.): Vocal fold physiology. University of Tokyo Press, Tokyo 1981; pp 271–281
- 43 Fujiu M, Hibi SR, Hirano M: An improved technique for measurement of the relative noise level using a sound spectrograph. Folia Phoniatr Logop 1988; 40: 53–57
- 44 Garcia M: Observations on the Human Voice. Proc Royal Soc London 1855; 7: 399–410

- 45 Gelfer MP, Andrews ML, Schmidt CP: Effects of prolonged loud reading on selected measures of vocal function in trained and untrained singers. *J Voice* 1991; 5: 158–167
- 46 Gelfer MP: Fundamental frequency, intensity, and vowel selection: Effects on measures of phonatory stability. *J Speech Lang Hear Res* 1995; 38: 1189–1190
- 47 Gotaas C, Starr CD: Vocal fatigue among teachers. *Folia Phoniatr* 1993; 45: 120–129
- 48 Göttert KH: *Geschichte der Stimme*. Wilhelm Fink Verlag, München 1998
- 49 Habermann G: *Stimme und Sprache*. Thieme Verlag, Stuttgart 2003
- 50 Hartung J: *Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München 2005
- 51 Herberhold C: *Oto-Rhino-Laryngologie in Klinik und Praxis, Band III: Hals*. Thieme, Stuttgart New York 1995
- 52 Hiki S, Imaizumi S, Hirano M, Matsushita H, Kakita Y: Acoustical analysis for voice disorders. *Proc IEEE Icassp, Rome* 1976, pp 613–616
- 53 Hiki S, Kakita Y, Hirano M, Matsushita H, Imaizumi S: Correlation between parameters related to vocal cord vibration and acoustical parameters in voice disorders. *Prakt Otol (Kyoto)* 1977; 70: 393–403
- 54 Hiki S, Kakita Y, Hirano M, Matsushita H: Acoustic analysis for voice disorders. A basic conception for the use of acoustic measurements for the diagnosis in voice disorders. *Prakt Otol (Kyoto)* 1976; 69: 267–271

- 55 Hirano M, Kurita S, Nakashima T: Growth, development and aging of human vocal folds. In: Bless DM, Abbs JH (Hrsg.): Vocal Fold Physiology: Contemporary Research and Clinical Issues. San Diego, College-Hill Press, 1983, pp 22–43
- 56 Hirano M: Clinical examination of voice. Springer Verlag, Wien New York 1981
- 57 Hirano M: Objective evaluation of the human voice: clinical aspects. Folia Phoniatr Logop 1989; 41: 89–144
- 58 Hodge F, Colton R, Kelley R: Vocal intensity characteristics in normal and elderly speakers. Journal of Voice 2001; 15: 503–511
- 59 Hoppe U: Mechanismen der Heiserkeit – Visualisierung und Interpretation durch nicht lineare Dynamik. Laryngo-Rhino-Otol 2002; 81: 906–907
- 60 Hsiung MW, Pai L, Wang HW: Correlation between voice handicap index and voice laboratory measurements in dysphonic patients. Eur Arch Otorhinolaryngol 259: 97–99
- 61 Imaizumi S, Hiki S, Hirano M, Matsushita H: Analysis of pathological voices with a sound spectrograph. J Acoust Soc Jpn 1980; 36: 9–16
- 62 Jacobson BH, Johnson A, Grywalski C, Silbergleit A, Jacobson G, Benninger MS, Newman C: The Voice Handicap Index (VHI): Development and Validation. American Journal of Speech-Language-Pathology 1997; 6: 66–70
- 63 Jiang J, Stern J, Chen HJ, Solomon NP: Vocal efficiency measurements in subjects with vocal polyps and nodules: a preliminary report. Ann Otol Rhinol Laryngol 2004; 113: 277–282

- 64 Jónsdóttir V, Laukkanen AM, Siikki I: Changes in teachers' voice quality during a working day with and without electric sound amplification. *Folia Phoniatr Logop* 2003; 55: 267–280
- 65 Jónsdóttir V, Laukkanen AM, Viikman E: Changes in teachers' speech during a working day with and without electric sound amplification. *Folia Phoniatr Logop* 2002; 54: 282–287
- 66 Jónsdóttir V, Rantala L, Laukkanen AM, Viikman E: Effects of sound amplification on teachers' speech while teaching. *Logoped Phoniatr Vocol* 2001; 26: 118–123
- 67 Junqueira LCU, Carneiro J, Grazi M (Hrsg.): *Histologie*. Springer Verlag, Heidelberg 2005
- 68 Kittel G, Moser M: Vergleichende Untersuchungen bei Stimmeignungsprüfungen. *Folia Phoniatr*. 1985; 37: 75–80
- 69 Kitzing P: Veränderung der Sprechstimmlage bei Dysphoniepatienten in Zusammenhang mit Stimmbelastung. *HNO-Praxis* 1981; 6: 215
- 70 Klingholz F: Beziehungen zwischen akustischem und stroboskopischem Befund bei Stimmstörungen. *Sprache Stimme Gehör* 1990; 14: 69–73
- 71 Klingholz F: Jitter. *Sprache Stimme Gehör* 1991, 15: 79–85
- 72 Klinke R, Silbernagl S: *Lehrbuch der Physiologie*. Thieme Verlag, Stuttgart New York 2000
- 73 Köhler W, Schachtel G, Voleske P: *Biostatistik*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2007

- 74 Kötter HU, Klingholz F: Veränderungen von Phonationsparametern nach Stimmbelastung. Sprache Stimme Gehör 1996; 20: 134–140
- 75 Kreuchwig A, Junghans B, Märksch P, Stell H: Versuche zur kombinierten Messwerterfassung unter Stimmbelastung. Dipl.arbeit, Berlin 1985
- 76 Kruse E, Michaelis D, Zwirner P, Bender E: Stimmfunktionelle Qualitätssicherung in der kurativen Mikrochirurgie der Larynxmalignome auf der Basis der „Laryngealen Doppelventilfunktion“. HNO 1997; 45: 712–718
- 77 Laukkanen AM, Järvinen K, Artkoski M: Changes in voice and subjective sensations during a 45-min vocal loading test in female subjects with vocal training. Folia Phoniatr Logop 2004; 56: 335–346
- 78 Laukkanen AM, Kankare E: Vocal loading-related changes in male teachers' voices investigated before and after a working day. Folia Phoniatr Logop 2006; 58: 229–239
- 79 Lauri ER, Alku P, Vilkmán E, Sala E, Sihvo M: Effects of prolonged oral reading on time-based glottal flow waveform parameters with special reference to gender differences. Folia Phoniatr Logop 1997; 49: 234–246
- 80 Lehto L, Laaksonen L, Vilkmán E, Alku P: Changes in objective acoustic measurements and subjective voice complaints in call center customer-service advisors during one working day. J Voice 2008; 22: 164–77
- 81 Linville SE: Changes in glottal configuration in women after loud talking. J Voice 1995; 9: 57–65
- 82 Lippert H: Lehrbuch Anatomie. Urban & Fischer Verlag, München Jena 2006

- 83 Lürßen K, Lubatschowski H, Ursinus K, Gasse H, Koch R, Ptok M: Charakterisierung von Stimmlippen mittels optischer Kohärenztomographie. HNO 2006; 54: 611–615
- 84 Ma EP-M, Yiu EM-L: Voice activity and participation profile: assessing the impact of voice disorders on daily activities. J Speech Lang Hear Res. 2001; 44: 511–524
- 85 Machulla R, Hacki T, Hoppe U, Rosanowski F: „Voice Handicap Index“ (VHI) in der stationären Stimmrehabilitation. HNO 2006; 54: 52–58
- 86 Mann EA, McClean MD, Gurevich-Uvena J, Barkmeier J, McKenzie-Karner P, Paffrath J, Patow C: The effects of excessive vocalization on acoustic and videostroboscopic measures of vocal fold condition. J Voice 1999; 13: 294–302
- 87 Masuda T, Ikeda Y, Manako H, Komiyama S: Analysis of vocal abuse: fluctuations in phonation time and intensity in 4 groups of speakers. Acta Otolaryngol 1993; 113: 547–552
- 88 Mathelitsch L, Friedrich G: Die Stimme. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York 1985
- 89 Mattiske JA, Oates JM, Greenwood KM: Vocal problems among teachers: a review of prevalence, causes, prevention, and treatment. J Voice 1998; 12: 489–499
- 90 Michaelis D, Fröhlich M, Strube H: Selection and combination of acoustic features for the description of pathologic voices. J Acoust Soc Am 1998; 103: 1628–1639

- 91 Michaelis D, Fröhlich M, Strube HW, Kruse E: Reliabilität akustischer Stimmgütebeschreibung bei reduziertem Umfang der Stimmaufnahmen. In: Gross M (Hrsg.): Aktuelle phoniatisch-pädaudiologische Aspekte Bd. 5. Median-Verlag, Heidelberg 1998
- 92 Michaelis D, Gramss T, Strube H: Glottal-to-noise excitation ratio – a new measure for describing pathological voices. *Acustica/acta acustica* 1997; 83: 700–706
- 93 Michaelis D, Strube HW, Kruse E: Multidimensionale Analyse akustischer Stimmgüteparameter. In: Gross M (Hrsg.): Aktuelle phoniatisch-pädaudiologische Aspekte Bd. 3. Renate Gross Verlag, 1995
- 94 Michaelis D, Strube HW, Kruse E: Reliabilität und Validität des Heiserkeits-Diagramms. In: Gross M, Eysholdt U (Hrsg.): Aktuelle phoniatisch-pädaudiologische Aspekte, Bd. 4. Median-Verlag, Heidelberg 1996
- 95 Michaelis D: Das Göttinger Heiserkeits-Diagramm - Entwicklung und Prüfung eines akustischen Verfahrens zur objektiven Stimmgütebeurteilung pathologischer Stimmen. Diss., Göttingen 1999
- 96 Moore KL, Persaud TVN: Embryologie. Urban & Fischer Verlag, München Jena 2007
- 97 Müller J: Handbuch der Physiologie des Menschen. 2. Bd., 1. Abt. Coblenz: J. Hölscher, 1837
- 98 Müller R: Heiserkeit. *Ther Umsch* 1995; 52: 759–762
- 99 Nawka T, Anders LC, Wendler J: Die auditive Beurteilung heiserer Stimmen nach dem RBH-System. *Sprache Stimme Gehör* 1994; 18: 130–133

- 100 Nawka T, Hosemann W: Chirurgische Verfahren. Laryngo-Rhino-Otol 2005; 84: 201–212
- 101 Nawka T, Wiesmann U, Gonnermann U: Validierung des Voice Handicap Index (VHI) in der deutschen Fassung. HNO 2003; 51: 921–929
- 102 Nedlin K: Neue Untersuchungen zur Beurteilung der stimmlichen Belastbarkeit – Entwicklung eines Stimmbelastungstests. Diss., Halle-Wittenberg, 2001
- 103 Negus VE: The comparative anatomy and physiology of the larynx. Hafner, New York 1949
- 104 Neils LR, Yairi R: Effects of speaking in noise on vocal fatigue and vocal recovery. Folia Phoniatr 1987; 39: 104–112
- 105 Neppert JMH: Elemente einer Akustischen Phonetik. Helmut Buske Verlag, Hamburg 1999
- 106 Novák A, Capková B: Ermüdungserscheinungen im Summarspektrum (LTAS) nach Belastung der Stimme. HNO-Praxis 1987; 12: 195–198
- 107 Orlikoff RF, Kahane JC: Influence of mean sound pressure level on jitter and shimmer measures. Journal of Voice 1991; 5: 113–119
- 108 Pabon JP, Plomp R: Automatic phonetogram recording supplemented with acoustical voice-quality parameters. J Speech Lang Hear Res 1988; 31: 710–722
- 109 Pabon JP: Objective acoustic voice-quality parameters in the computer Phonetogram. Journal of Voice 1991; 5: 203–216

- 110 Pabst F: Die Wissenschaft von der Singstimme. Orpheus, Bonn 1997
- 111 Pascher W, Bauer H (Hrsg.): Differentialdiagnose von Sprach-, Stimm- und Hörstörungen. Minerva – Edition Wissen, Frankfurt am Main 1998
- 112 Pekkarinen E, Himberg L, Pentti J: Prevalence of vocal symptoms among teachers compared with nurses: A questionnaire study. Scand J Logop Phoniatr 1992; 17: 113–117
- 113 Poels PJP, de Jong F, Schutte HK: Consistency of the preoperative and intraoperative diagnosis of benign vocal fold lesions. J Voice 2003; 17: 425–433
- 114 Pokieser P, Schober E, Schima W: Videokinematographie des Schluckaktes. Radiologe 1995; 35: 703–711
- 115 Pramendorfer U: Stimme Sprache Lebensfreude. Trauner Verlag, Linz, 2000
- 116 Ptok M, Iven C, Jessen M, Schwemmler C: Objektiv gemessene Stimmlippenschwingungsirregularität vs. subjektiver Eindruck der Rauigkeit. HNO 2006, 54:132–138
- 117 Ptok M, Schwemmler C, Iven C, Jessen M, Nawka T: Zur auditiven Bewertung der Stimmqualität. HNO 2005; 54: 793–802
- 118 Quint J: Änderung stimmlicher Parameter, ermittelt durch elektroakustische Messverfahren vor und nach phonochirurgisch-mikrolaryngoskopischem Eingriff. Magisterarbeit, Trier 2005

- 119 Rantala L, Määttä T, Vilkmann E: Measuring voice under teachers' working circumstances: F 0 and perturbation features in maximally sustained phonation. *Folia Phoniatr Logop* 1997; 49: 281–291
- 120 Rantala L, Vilkmann E, Bloigu R: Voice loading at work: objective measurements and subjective complaints. *J Voice* 2002; 16: 344–355
- 121 Rantala L, Vilkmann E: Relationship between subjective voice complaints and acoustic parameters in female teachers' voices. *J Voice*. 1999; 13: 484–495
- 122 Rehder / Partner Medizintechnik:
<http://www.rehder.de/cms.php?ID=917&language=DE>
- 123 Rohen JW, Lütjen-Drecoll E: Funktionelle Embryologie. Schattauer Verlag, Stuttgart 2006
- 124 Rosen CA, Murry T, Zinn A, Zullo T, Sonbolian M: Voice Handicap Index change following treatment of voice disorders. *J Voice* 14: 619–623
- 125 Rosen CA, Murry T: Voice Handicap Index in singers. *J Voice* 14: 370–377
- 126 Rothschild KE: Entwicklungsgeschichte physiologischer Probleme in Tabellenform. Urban und Schwarzenberg, München Berlin 1952
- 127 Roy N, Gray SD, Simon M, Dove H, Corbin-Lewis K, Stemple JC: An evaluation of the effects of two treatment approaches for teachers with voice disorders: a prospective randomised clinical trial. *J Speech Lang Hear Res* 2001; 44: 286–296

- 128 Roy N, Merrill RM, Thibeault S, Parsa AR, Gray SD, Smith EM: Prevalence of voice disorders in teachers and the general population. *J Speech Lang Hear Res* 2004; 47: 281–293
- 129 Ruben RJ: Redefining the survival of the fittest: communication disorders in the 21 century. *Laryngoscope* 2000; 111: 241–245
- 130 Russell A, Oates J, Greenwood KM: Prevalence of voice problems in teachers. *J Voice* 1998; 12: 467–479
- 131 Sachs L, Hedderich J: *Angewandte Statistik*. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York 2006
- 132 Sadler TW: *Medizinische Embryologie*. Thieme Verlag, Stuttgart 2008
- 133 Saggau C: *Stimmanalytische Untersuchungen zur Stimmbelastung gesunder Stimmen*. Diss., Marburg 2000
- 134 Sala E, Laine A, Simberg S, Pentti J, Suonpaa J: The prevalence of voice disorders among day care centre teachers compared with nurses: a questionnaire and clinical study. *J Voice* 2001; 15: 413–423
- 135 Sallat S: *Störungen der Stimme und ihre ganzheitliche Behandlung im Musikunterricht*. 1. StExArbeit. 2001. URL: <http://www.foepaed.net/sallat/stimme.pdf>
- 136 Sander EK, Ripich DE: Vocal consequences of loud talking (abstract). *ASHA* 1981; 23: 745
- 137 Sapienza CM, Crandell CC, Curtis B: Effects of sound-field frequency modulation amplification on reducing teachers' sound pressure level in the classroom. *J Voice* 1999; 13: 375–381

- 138 Sapir S: Vocal attrition in voice students: survey findings. *J Voice* 1993; 7: 69–74
- 139 Sataloff RT: Die menschliche Stimme. *Spektrum der Wissenschaft* 11 / 1993
- 140 Sataloff RT: Professional voice users: the evaluation of voice disorders. *Occup Med* 2001; 16: 633–647
- 141 Scherer RC, Titze IR, Raphael BN, Wood RP, Ramig LA, Blager FB: Vocal fatigue in a trained and an untrained voice user. In: Baer T, Sasaki C, Harris KS (Hrsg.): *Laryngeal Function in Phonation and Respiration*. Boston, College-Hill, 1987, pp 533–554
- 142 Schiebler TH, Korf HW: *Anatomie*. Steinkopff Verlag, Heidelberg 2007
- 143 Schmidt RF, Thews G, Lang F: *Physiologie des Menschen*, Springer, Berlin 2000
- 144 Schneider B, Cecon M, Hanke G, Wehner S, Biegenzahn W: Bedeutung der Stimmkonstitution für die Entstehung von Berufsdysphonien. *HNO* 2004; 52: 461–467
- 145 Schoentgen J: Qualitative evaluation of the discriminating performance of acoustic features in detecting laryngeal pathology. *J Speech Lang Hear Res* 1982; 13: 489–502
- 146 Seidner W, Stürzebecher E, Wagner H: *Belastungsphonographie*. *Folia Phoniatr* 1981; 33: 100–104
- 147 Seidner W, Wendler J: *Die Sängerstimme*. Henschel Verlag, Berlin 1997

- 148 Sherman D, Jensen PJ: Harshness and oral-reading time. *J Speech Hear Disord* 1962; 27: 172–177
- 149 Shivo M, Lauri ER, Alku P, Sala E, Vilkman E: Subjective Reports on Voice Changes during prolonged loud Reading. In *Proceedings of the 24th Congress of the International Association of Logopedics and Phoniatrics (IALP 1998)*, vol. 1, pp. 101-103, Amsterdam, The Netherlands, 23.-27.08.1998
- 150 Siegert C: Recommendation for a standard tolerance test. *Union of the European Phoniatrists. Annual Bulletin* 1987; 46–47
- 151 Sliwinska-Kowalska M, Niebudek-Bogusz E, Fiszler M, Los-Spychalska T, Kotylo P, Sznurowska-Przygocka B, Modrzewska M: The Prevalence and Risk Factors for Occupational Voice Disorders in Teachers. *Folia Phoniatr Logop* 2006; 58: 85–101
- 152 Smith E, Lemke J, Taylor M, Kirchner L, Hoffman H: Frequency of voice problems among teachers and other occupations. *J Voice* 1998; 12: 480–488
- 153 Södersten M, Granqvist S, Hammarberg B, Szabo A: Vocal behavior and vocal loading factors for preschool teachers at work studied with binaural DAT recordings. *J Voice* 2002; 16: 356–371
- 154 Södersten M, Hertegard S, Hammarberg B: Glottal closure, transglottal airflow and voice quality in healthy middle-aged women. *J Voice* 1995; 9: 182–197

- 155 Södersten M, Larsson H, Lindestad PA, Ternström S: Some effects of voice rest after vocal loading in background noise in voice patients and vocally healthy female speakers. 27th world congress of IALP 2007, FC 15.3
- 156 Spector BC, Nettekville JL, Billante C, Clary J, Reinisch L, Smith TL: Quality-of-life assessment in patients with unilateral vocal cord paralysis. *Head & Neck Surgery* 2001; 125: 176–182
- 157 Stemple JC, Stanley J, Lee L: Objective measures of voice production in normal subjects following prolonged voice use. *J Voice* 1995; 9: 127–133
- 158 Stone RE, Sharf DJ: Vocal change associated with the use of atypical pitch and intensity levels. *Folia Phoniatr* 1973; 25: 91–103
- 159 Sulter AM, Schutte HK, Miller DG: Standardized laryngeal videostroboscopic rating: differences between untrained and trained male and female subjects, an effects of varying sound intensity, fundamental frequency and age. *J Voice* 1996; 10: 175–189
- 160 Thomas G, de Jong FICRS, Cremers CWRJ, Kooijman PGC: Prevalence of Voice Complaints, Risk Factors and Impact of Voice Problems in Female Student Teachers. *Folia Phoniatr Logop* 2006; 58: 65–84
- 161 Titze I: *Principles of Voice Production*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1994
- 162 Titze IR, Lemke JH, Montequin D: Populations in the U.S. workforce who rely on voice as a primary tool of trade: a preliminary report. *J Voice* 1997; 11: 254–259

- 163 Tortora GJ, Derrickson BH: Anatomie und Physiologie. Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2006
- 164 Tucker HM: The larynx. Thieme Verlag, Stuttgart New York 1993
- 165 van Heusden E, Plomp R, Pols LCV: Effect of ambient noise on the vocal output and the preferred listening level of conversational speech. *Appl Acoust* 1979; 12: 31–43
- 166 Verdolini K, Ramig LO: Occupational risks for voice problems (review). *Logoped Phoniatr Vocol* 2001; 26: 37–46
- 167 Verstraete J, Forrez G, Mertens P, Debruyne F: The effect of sustained phonation at high and low pitch on vocal jitter and shimmer. *Folia Phoniatr* 1993; 45: 223–228
- 168 Vilkmán E, Lauri E-R, Alku P, Sala E, Sihvo M: Effects of prolonged oral reading on F₀, SPL, subglottal pressure and amplitude characteristics of glottal flow waveforms. *J Voice* 1999; 13: 303–312
- 169 Vilkmán E, Lauri ER, Alku P, Sala E, Sihvo M: Ergonomic conditions and voice. *Logoped Phoniatr Vocol* 1998; 23: 11–19
- 170 Vilkmán E, Lauri ER, Alku P, Sala E, Sihvo M: Loading changes in time-based parameters of glottal flow waveforms in different ergonomic conditions. *Folia Phoniatr Logop* 1997; 49: 247–263
- 171 Vilkmán E: Occupational risk factors and voice disorders. *Logoped Phoniatr Vocol* 1996; 21: 137–141
- 172 Vilkmán E: Voice problems at work: a challenge for occupational safety and health arrangement. *Folia Phoniatr Logop* 2000; 52: 120–125

- 173 Vintturi J, Alku P, Lauri ER, Sala E, Sihvo M, Vilkmán E: Objective analysis of vocal warm-up with special reference to ergonomic factors. *J Voice* 2001; 15: 36–53
- 174 Vintturi J, Alku P, Lauri ER, Sala E, Sihvo M, Vilkmán E: The effects of post-loading rest on acoustic parameters with special reference to gender and ergonomic factors. *Folia Phoniatr Logop* 2001; 53: 338–350
- 175 Vintturi J, Alku P, Sala E, Sihvo M, Vilkmán E: Loading-related subjective symptoms during a vocal loading test with special reference to gender and some ergonomic factors. *Folia Phoniatr Logop* 2003; 55: 55–69
- 176 Weigelt S, Kruschke S, Klotz M, Hoppe U, Köllner V, Eysholdt U, Rosanowski F: Voice Handicap Index - Instrument zur Bestimmung der subjektiven Beeinträchtigung durch organische und funktionelle Dysphonien. *HNO* 2004; 52: 751–756
- 177 Wellens WAR, Van Opstal MJMC: Performance stress in professional voice users. In: Dejonckere PH (Hrsg.): *Occupational Voice: Care and Cure*. The Hague, Kugler, 2001, pp 81–100
- 178 Welsch U: *Lehrbuch der Histologie*. Urban & Fischer Verlag, München 2006
- 179 Wendler J, Seidner W, Kittel G, Eysholdt U: *Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie*. Thieme Verlag, Stuttgart 2005
- 180 Wirth G: *Stimmstörungen*. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1995

- 181 Wuyts FL, De Bodt MS, Molenberghs G, Remacle M, Heylen L, Millet B, Van Lierde K, Raes J, Van de Heyning PH: The dysphonia severity index: an objective measure of vocal quality based on a multiparameter approach. *J Speech Lang Hear Res* 2000; 43: 796–809
- 182 Yamaguchi H, Shrivastav R, Andrews ML, Niimi S: A comparison of voice quality ratings made by japanese and american listeners using the GRBAS scale. *Folia Phoniatr Logop* 2003; 55: 147–157

9 Anhang

9.1 Dokumente

Auf den folgenden Seiten sind die zur Durchführung der Studie verwendeten Dokumente angehängt.

Im Einzelnen sind dies:

Aufklärungsbogen für Patienten

Einverständniserklärung

VHI-Bogen

1. Fragebogen (vor der Stimmbelastung)

2. Fragebogen (nach der Stimmbelastung)

3. Fragebogen (nach der Erholungsphase)

Göttinger Heiserkeits-Diagramm



Justus-Liebig-Universität
Gießen

UNIVERSITÄTSKLINIKUM **GIESSEN UND MARBURG**



Philipps-Universität
Marburg

Standort Marburg
Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie
Fachmedizin für Sprach-, Stimm- und kindliche Hörstörungen
Direktorin: Prof. Dr. med. Roswitha Berger

Hausanschrift: Deutschhausstraße 3, 35037 Marburg
Postanschrift: 35033 Marburg
Telefon: ++49-6421-28 6 64 39
Telefax: ++49-6421-28 6 28 24
e-mail: phoniatrie@med.uni-marburg.de
Internet: www.med.uni-marburg.de/phoniatrie

Aufklärungsblatt zur Studie:

„Untersuchungen zur Stimmbelastbarkeit bei stimmgestörten Patienten. Evaluation eines neuen Testverfahrens“

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

wir freuen uns, wenn Sie an unserer Studie teilnehmen.

Erkrankungen der menschlichen Stimme haben in den letzten Jahren zunehmend soziale Bedeutung erlangt, da in den meisten Berufen die stimmlichen Anforderungen gestiegen sind.

Stimmstörungen führen zu einer Beeinträchtigung des Stimmklanges in Form von Heiserkeit und zur Einschränkung der stimmlichen Leistungsfähigkeit. Gerade diese Beeinträchtigungen haben Auswirkungen auf die Berufsausübung, besonders wenn eine Tätigkeit mit hoher Sprech- und Stimmbelastung vorliegt. Da eine Stimmstörung noch immer zu spät diagnostiziert wird, findet auch die stimmliche Behandlung zu spät statt. Häufig ergibt sich aus dieser Tatsache die Notwendigkeit des Berufswechsels oder der Berufsunfähigkeit.

Über die stimmliche Belastung einer bereits erkrankten Stimme gibt es bisher kaum Untersuchungen. Die objektive Diagnostik von Stimmstörungen wird durch mehrere Faktoren erschwert:

- ▶ durch die große individuelle Vielfalt der menschlichen Stimme
- ▶ dadurch, dass die Stimmfunktion bewusst krankhaft verändert werden kann, und
- ▶ durch die Tatsache, dass die Stimme an drei unterschiedliche Funktionsbereiche (Atmungssystem, Kehlkopf und Resonanzräume) gekoppelt ist.

Vorstudien, die sich der Belastung einer gesunden Stimme gewidmet hatten, konnten nachweisen, dass objektive akustische Parameter eine Möglichkeit bieten, Aussagen über die Stimmerholung zu ermitteln. Obwohl bei diesen Untersuchungen alle Probanden die stimmliche Belastung als subjektiv anstrengend empfanden, trat nach einer „Stimmruhe“ eine deutliche Erholung der subjektiven Beschwerden auf. Außerdem konnten wir durch Schallanalysen nachweisen, dass eine gesunde Stimme nach einer halbstündigen Erholung die akustischen Ausgangswerte erreicht.

Wir möchten jetzt der Fragestellung nachgehen, ob dies auch bei Stimmkranken möglich ist. Für die vorgelegte Studie sollen akustische Stimmparameter mit dem „Heiserkeitsdiagramm“ bestimmt werden. Heiserkeit wird durch einen hohen Geräuschanteil bestimmt, den man durch Periodenschwingungen und Turbulenzen im Stimmsignal messen kann. Diese Veränderungen stellen sich durch Erhöhungen der Parameter Jitter und Shimmer dar.

Unsere Studie soll nun durch Ermittlung dieser objektiven Daten den Grad der Heiserkeit bestimmen und mögliche Veränderungen nach einer stimmlichen Belastung objektivieren. Geplant ist ein Stimmbelastungstest, bei dem Sie insgesamt 10 Minuten aus einem Text laut vorlesen sollen. Der angestrebte Lautstärkepegel wechselt dabei im Minutentakt zwischen 75dB(A) und 80dB(A). Die Pegelunterschreitung wird durch einen Computerbildschirm farblich signalisiert.

Vor der Stimmbelastung wird bei Ihnen eine Kehlkopfuntersuchung mit Beurteilung der phonatorischen Stimmlippenbeweglichkeit (Videostroboskopie) und eine akustische Schallanalyse mit dem Heiserkeitsdiagramm durchgeführt. Ein zweites Heiserkeitsdiagramm sowie eine Kehlkopfuntersuchung (Videostroboskopie) sollen der Stimmbelastung unmittelbar folgen.

Dreißig Minuten nach der Stimmbelastung wird nochmals ein Heiserkeitsdiagramm durchgeführt. Ihre Beschwerdesymptomatik wird vor und nach der Untersuchung schriftlich festgehalten.

Die Ermittlung der Heiserkeit im Heiserkeitsdiagramm erfolgt durch sechs über 2-4sec. ausgehaltene Vokale. Im Zusammenhang mit der Schwingungsanalyse lassen sich wichtige Bewertungen zur Stimmstörung machen. Sollten Sie beim Lesen Missempfindungen im Hals verspüren, können Sie den Test jederzeit abbrechen.

Ihre Daten werden vertraulich behandelt und anonymisiert bearbeitet.

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Sie können jederzeit und ohne Angabe von Gründen Ihre Einwilligung widerrufen bzw. zurückziehen, ohne dass das Vertrauensverhältnis zu Ihrem behandelnden Arzt in irgendeiner Weise leidet oder dieses nachteilige Folgen für Ihre ärztliche Behandlung hat.

Wir bedanken uns für Ihre Mithilfe

Prof. Dr. R. Berger

Ich habe das Aufklärungsblatt zur Studie „Stimmanalytische Untersuchungen bei stimmgestörten Patienten vor und nach Stimmbelastung“ gelesen und verstanden und hatte ausreichend Möglichkeit, Fragen zu stellen. Ich nehme an der Studie teil.

Nachname,

Vorname

Marburg,

Unterschrift



Justus-Liebig-Universität
Gießen

**UNIVERSITÄTSKLINIKUM
GIESSEN UND MARBURG GMBH**



Philipps-Universität
Marburg

Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie
Fachmedizin für Sprach-, Stimm- und kindliche Hörstörungen
Direktorin: Prof. Dr. med. Roswitha Berger
Standort Marburg

VHI-12

Name, Vorname:		Datum:																					
Geburtsdatum:		Beruf:	Diagnose:																				
Ich brauche meine Sprechstimme vorwiegend für		<input type="checkbox"/> meinen Beruf <input type="checkbox"/> Freizeitaktivitäten <input type="checkbox"/> Normale tägliche Unterhaltungen																					
Ich brauche meine Singstimme vorwiegend für		<input type="checkbox"/> meinen Beruf <input type="checkbox"/> Freizeitaktivitäten <input type="checkbox"/> nichts dergleichen, ich singe nicht																					
Ich schätze meine Gesprächigkeit so ein (bitte ankreuzen):																							
<table border="1" style="width:100%; text-align:center;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> <tr> <td colspan="3">stiller Zuhörer</td> <td colspan="4">normaler Sprecher</td> <td colspan="3">äußerst geschwätzig</td> </tr> </table>				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	stiller Zuhörer			normaler Sprecher				äußerst geschwätzig		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
stiller Zuhörer			normaler Sprecher				äußerst geschwätzig																

Bitte kreuzen sie an, was für Sie zutrifft:

		nie	selten	manchmal	oft	immer
1	Bevor ich spreche, weiß ich nicht, wie meine Stimme klingen wird.	0	1	2	3	4
2	Abends ist meine Stimme schlechter.	0	1	2	3	4
3	Ich habe das Gefühl, dass ich mich anstrengen muss, wenn ich meine Stimme benutze.	0	1	2	3	4
4	Wegen meines Stimmproblems bin ich weniger kontaktfreudig.	0	1	2	3	4
5	Ich meide größere Gruppen wegen meiner Stimme.	0	1	2	3	4
6	Ich fühle mich bei Unterhaltungen wegen meiner Stimme ausgeschlossen.	0	1	2	3	4
7	Anderen fällt es schwer, mich in einer lauten Umgebung zu verstehen.	0	1	2	3	4
8	Meine Familie hat Schwierigkeiten, mich zu hören, wenn ich zu Hause nach ihnen rufe.	0	1	2	3	4
9	Man hört mich wegen meiner Stimme schlecht.	0	1	2	3	4
10	Es mir peinlich, wenn man mich bittet, etwas zu wiederholen.	0	1	2	3	4
11	Ich ärgere mich, wenn man mich bittet, etwas zu wiederholen.	0	1	2	3	4
12	Ich schäme mich wegen meines Stimmproblems.	0	1	2	3	4

Wie schätzen Sie ihre Stimme heute ein?			
0	1	2	3
normal	leicht gestört	mittelgradig gestört	hochgradig gestört

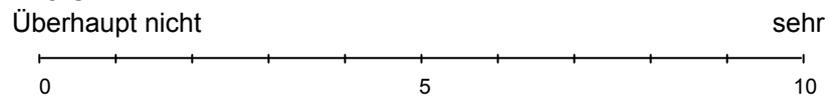
Name:
Vorname:
Geb.datum:

Datum:

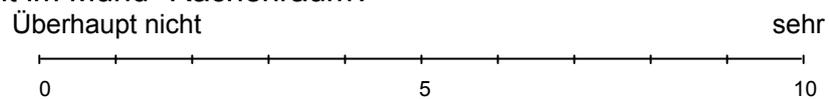
1. Fragebogen vor der Stimmbelastung

Schätzen Sie auf der Skala von 0-10 (überhaupt nicht – sehr) ein, ob Sie folgende Symptome verspüren...

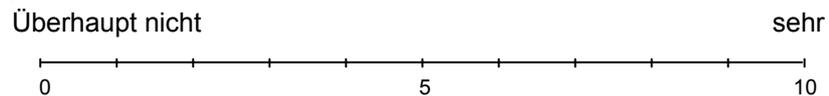
...Brennen im Hals?



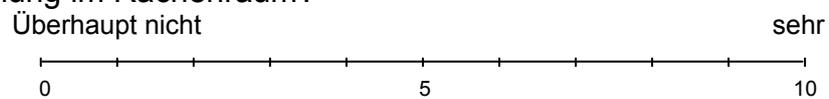
...Trockenheit im Mund- Rachenraum?



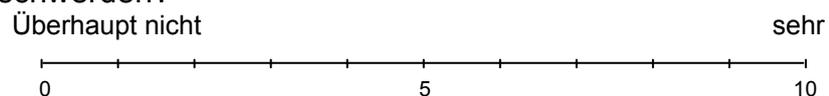
...Hustenreiz?



...Verschleimung im Rachenraum?



...Schluckbeschwerden?

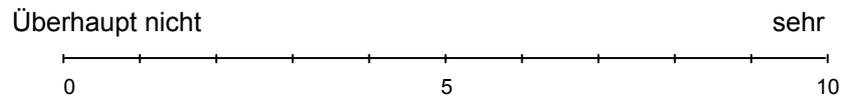


Name:
Vorname:
Geb.datum:

Datum:

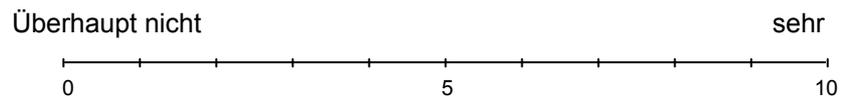
2. Fragebogen nach der Stimmbelastung

Hat Sie das Lesen Angestrengt?

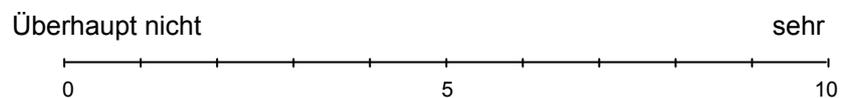


Schätzen Sie auf der Skala von 0-10 (überhaupt nicht – sehr) ein, ob Sie folgende Symptome verspüren...

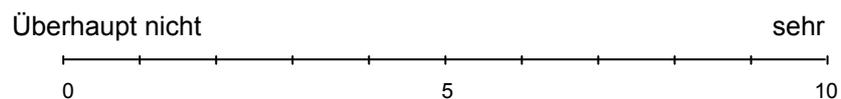
...Brennen im Hals?



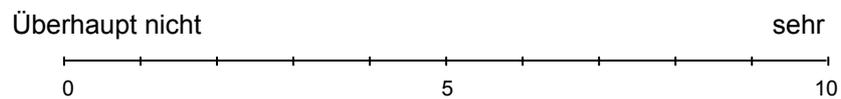
...Trockenheit im Mund- Rachenraum?



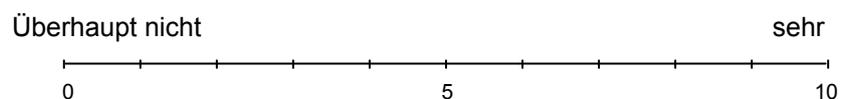
...Hustenreiz?



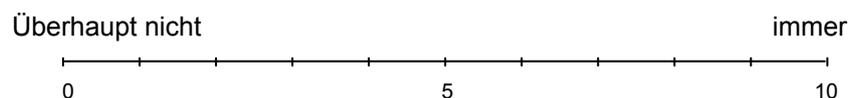
...Verschleimung im Rachenraum?



...Schluckbeschwerden?



War es für Sie möglich, die vorgegebene Lautstärke zu erreichen (grüner Bildschirm)?



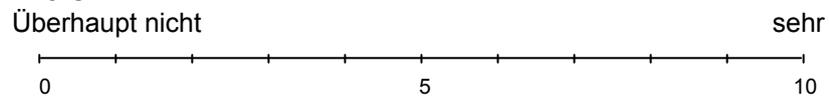
Name:
Vorname:
Geb.datum:

Datum:

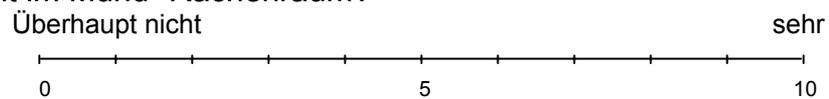
3. Fragebogen nach der Erholungsphase

Schätzen Sie auf der Skala von 0-10 (überhaupt nicht – sehr) ein, ob Sie folgende Symptome verspüren...

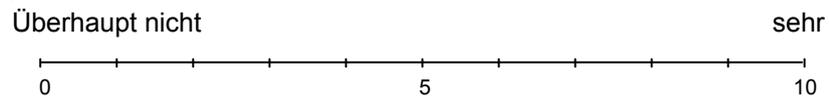
...Brennen im Hals?



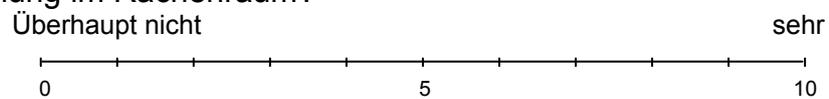
...Trockenheit im Mund- Rachenraum?



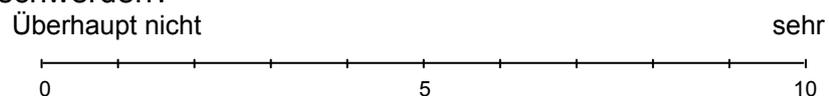
...Hustenreiz?

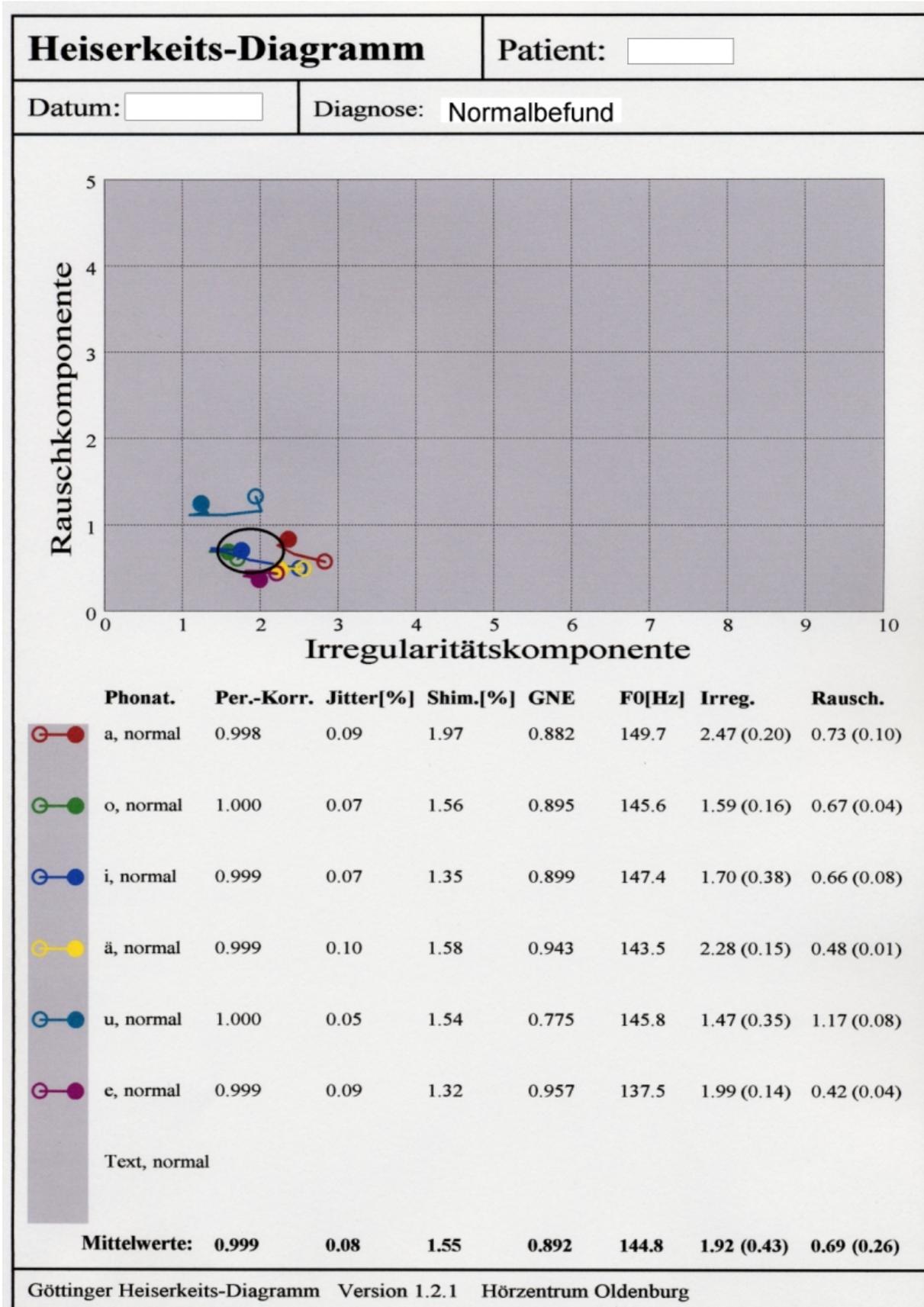


...Verschleimung im Rachenraum?



...Schluckbeschwerden?





9.2 Tabellen und Diagramme**Ergänzungen zu Kapitel 3 – Material und Methode**

<i>Patienten</i>		
Lfd. Nr.	Geschl.	Alter
15	w	19,77
21	m	20,49
41	w	23,74
3	w	24,27
40	w	25,03
43	w	28,09
45	w	30,41
27	w	33,05
46	w	36,3
42	w	37,25
4	w	37,67
32	w	37,81
25	m	40,96
37	w	41,44
38	w	43
20	w	43,11
1	w	44,02
24	m	44,62
31	m	46,25
23	w	46,73
19	m	48,53
44	w	48,81
26	w	48,85
7	w	48,97
6	w	49,74

<i>Probanden</i>		
Lfd. Nr.	Geschl.	Alter
47	w	21,73
49	w	22,55
55	w	22,68
51	m	23,94
56	m	25,89
60	m	26,42
50	m	28
48	w	28,05
58	m	28,3
62	m	28,33
52	w	29,78
59	m	32,74
57	w	38,55
61	w	43,16
54	w	51,43
53	m	.

39	w	51,56
34	m	52,16
2	m	52,55
17	w	52,82
5	w	53,82
14	w	54,07
9	w	54,69
29	w	54,76
16	m	55,9
22	w	57,22
36	m	57,29
12	w	59,4
13	w	59,9
11	w	59,93
35	w	62,88
10	w	63,3
33	w	64
8	m	64,12
28	m	67,17
30	m	69,9
18	w	70,55

Tab. A.01 – Alter und Geschlecht der Versuchspersonen

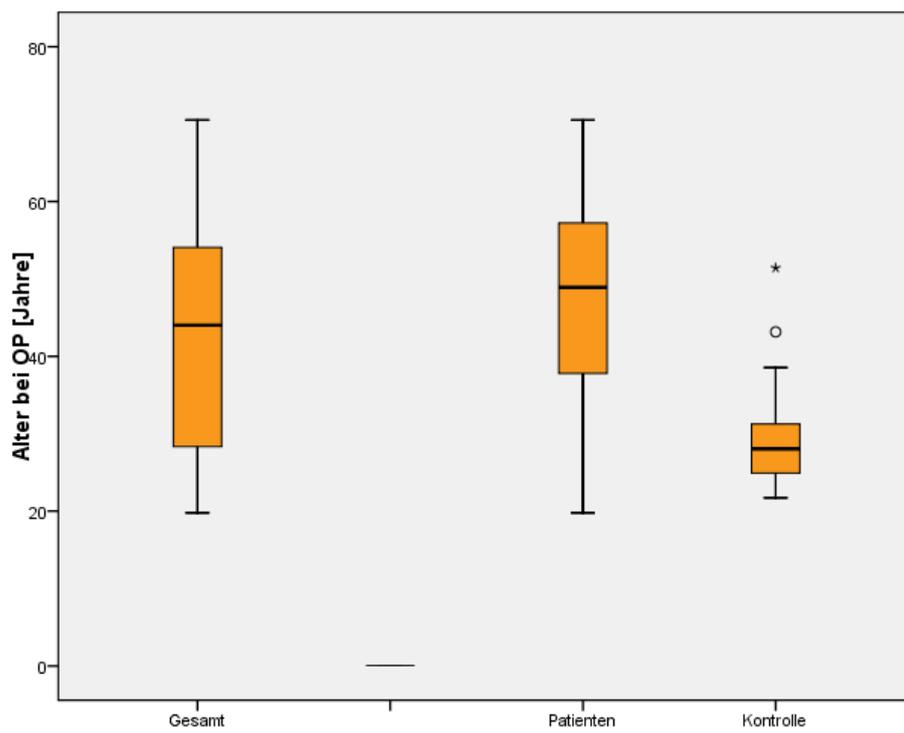


Abb. A.01 – Alter der Versuchspersonen



Abb. A.02 –Ergebnisse des Belastungstests (Beispiel 1)

Ergebnisse des Belastungstests – Beispiel 1					
Intervall	MW SPL [dB(A)]	S SPL [dB(A)]	MW Frequenz [Hz]	S Frequenz [Hz]	Failure [%]
1	77,8	5,72	207,8	107,23	0
2	81,2	6,18	216,9	99,58	6,67
3	78,2	5,57	205,6	107,49	0
4	82,8	6,99	231,4	113,01	0
5	78,6	5,51	203,5	104,59	0
6	82,7	6,43	220,3	95,96	0
7	78	5,25	210,7	127,91	0
8	82,1	5,75	224,1	101,28	1,67
9	77,5	5,24	206,1	107,18	1,67
10	82,4	6,15	222,4	100,83	1,67

Tab. A.02 –Ergebnisse des Belastungstests (Beispiel 1)



Abb. A.03 –Ergebnisse des Belastungstests (Beispiel 2)

Ergebnisse des Belastungstests – Beispiel 2					
Intervall	MW SPL [dB(A)]	S SPL [dB(A)]	MW Frequenz [Hz]	S Frequenz [Hz]	Failure [%]
1	72,8	6,97	193,6	101,96	65
2	76,9	7,8	200,6	107,92	88,33
3	74,7	5,69	179,1	72,14	36,67
4	78,8	6,2	192,3	68,62	66,67
5	75,1	5,05	185,1	104,96	26,67
6	78,4	6,23	193,2	60,18	75
7	74,7	5,48	184,4	72,53	36,67
8	78,7	5,72	194,2	82,77	63,33
9	74,7	7,68	185,7	73,33	20
10	79,5	6,19	191,6	88,21	46,67

Tab. A.03 –Ergebnisse des Belastungstests (Beispiel 2)

Ergänzungen zu Kapitel 4 – Ergebnisse

Ergänzung zu Kapitel 4.1 (Berufliche Stimmbelastung)

Sprechbelastungen in der Patientengruppe			
Patient Nummer	Geschl.	Beruf	Sprechbelastung
1	w	Verwaltungsangestellte	Niedrig
3	w	Studentin	Niedrig
10	w	Krankengymnastin	Niedrig
18	w	Rentnerin	Niedrig
20	w	Arbeitslos	Niedrig
27	w	Sozialversicherungsfachangestellte	Niedrig
29	w	Rentnerin (ehem. Lehrerin)	Niedrig
33	w	Rentnerin	Niedrig
35	w	Rentnerin	Niedrig
39	w	Maschinenarbeiterin	Niedrig
41	w	Studentin	Niedrig
44	w	Verwaltungsangestellte	Niedrig
2	m	Werkzeugmacher	Niedrig
19	m	Gießereiarbeiter	Niedrig
21	m	Student	Niedrig
28	m	Bautechniker	Niedrig
30	m	Rentner	Niedrig
4	w	Verkäuferin	Mittel
7	w	Postbeamtin	Mittel
15	w	Studentin (Lehramt)	Mittel
23	w	Verkäuferin	Mittel
37	w	Friseurin	Mittel
38	w	Bürokauffrau	Mittel
40	w	Studentin (Sonderschullehramt)	Mittel

42	w	Verkäuferin	Mittel
43	w	Studentin (Lehramt)	Mittel
45	w	Studentin (Lehramt)	Mittel
46	w	Anästhesieschwester	Mittel
16	m	Psychiater	Mittel
24	m	Redakteur	Mittel
25	m	Diplomkaufmann	Mittel
34	m	Vermittler	Mittel
5	w	Lehrerin	Hoch
6	w	Erzieherin	Hoch
9	w	Lehrerin	Hoch
11	w	Lehrerin	Hoch
12	w	Lehrerin	Hoch
13	w	Lehrerin	Hoch
14	W	Lehrerin	Hoch
17	W	Lehrerin	Hoch
22	W	Erzieherin	Hoch
26	W	Lehrerin	Hoch
32	W	Lehrerin	Hoch
8	M	Lehrer	Hoch
31	M	Priester	Hoch
36	M	Lehrer	Hoch

Tab. A.04 – Aufteilung der Patienten auf die Sprechbelastungslevel

Sprechbelastungen in der Kontrollgruppe			
Proband Nummer	Geschl.	Beruf	Sprechbelastung
47	W	Studentin	Niedrig
48	W	Studentin	Niedrig
49	W	Auszubildende (MTA)	Niedrig
50	M	Student	Niedrig
56	M	Student	Niedrig
58	M	Student	Niedrig
59	M	Diplomingenieur	Niedrig
60	M	MTA	Niedrig
62	M	Student	Niedrig
52	W	Zahnärztin	Mittel
55	W	Logopädieschülerin	Mittel
57	W	Ärztin	Mittel
61	W	Krankenschwester	Mittel
51	M	Zahnarzt	Mittel
53	M	Arzt	Mittel
54	W	Angestellte im Callcenter	Hoch

Tab. A.05 – Aufteilung der Probanden auf die Sprechbelastungslevel

Ergänzung zu Kapitel 4.2.1 (Erreichte Lautstärke – Patientengruppe)

Lautstärke – Patientengruppe			
Minute	Mindestanforderung Schalldruckpegel [dB(A)]	Schalldruckpegel (Mittelwert) [dB(A)]	Standardabweichung
1	75	75,55	1,46
2	80	78,27	1,85
3	75	76,29	1,90
4	80	78,93	2,51
5	75	76,45	2,92
6	80	79,04	2,32
7	75	76,42	2,07
8	80	78,88	2,60
9	75	76,23	2,20
10	80	78,83	2,45

Tab. A.06 – erreichte Lautstärke in der Patientengruppe

Lautstärke – Patientengruppe		
	Schalldruckpegel	p-Wert¹
Mittelwert bei Mindestanforderung 75 dB(A)	76,19	<0,0005
Mittelwert bei Mindestanforderung 80 dB(A)	78,86	
Mittelwert Gesamt	77,52	

Tab. A.07 – erreichte Lautstärke in der Patientengruppe

¹p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben

Lautstärke – Patientengruppe			
	Mindestanforderung Schalldruckpegel [dB(A)]	Schalldruckpegel [dB(A)]	p-Wert ¹
Minimum	75	61,9	< 0,0005
Maximum		80,1	
Minimum	80	67,9	< 0,0005
Maximum		82,9	

Tab. A.08 – erreichte Lautstärke in der Patientengruppe
¹p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben

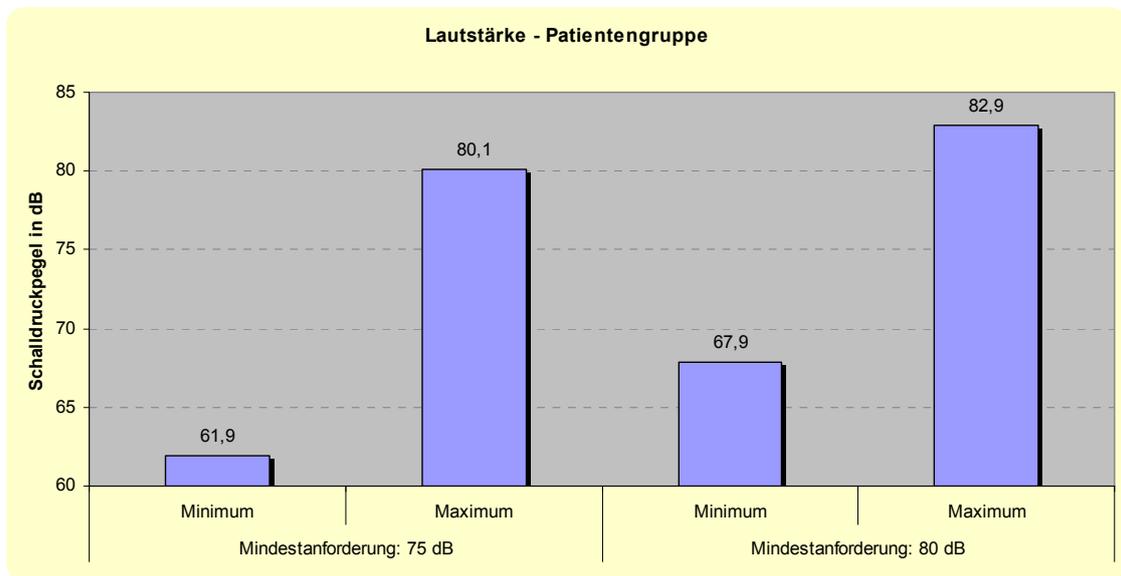


Abb. A.04 – erreichte Lautstärke in der Patientengruppe

Ergänzung zu Kapitel 4.2.2 (Erreichte Lautstärke – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe)

Lautstärke im Vergleich				
Minute	Mindestanforderung Schalldruckpegel [dB(A)]	Schalldruckpegel Patienten (Mittelwert) [dB(A)]	Schalldruckpegel Kontrolle (Mittelwert) [dB(A)]	p-Wert²
1	75	75,55	75,16	0,117
2	80	78,27	78,03	0,479
3	75	76,29	76,23	0,535
4	80	78,93	79,45	0,760
5	75	76,45	76,72	0,618
6	80	79,04	79,28	0,872
7	75	76,42	76,46	0,711
8	80	78,88	79,28	0,828
9	75	76,23	76,35	0,766
10	80	78,83	79,2	0,552

Tab. A.09 – Vergleich der erreichten Lautstärke zwischen Patienten- und Kontrollgruppe
²p-Wert des Mann-Whitney-Tests für unabhängige Stichproben

Lautstärke im Vergleich			
	Schalldruckpegel Patienten	Schalldruckpegel Kontrolle	p-Wert²
Mittelwert bei Mindestanforderung 75 dB(A)	76,19	76,18	0,489
Mittelwert bei Mindestanforderung 80 dB(A)	78,79	79,05	0,936
Mittelwert Gesamt	77,49	77,62	

Tab. A.10 – Vergleich der erreichten Lautstärke zwischen Patienten- und Kontrollgruppe
²p-Wert des Mann-Whitney-Tests für unabhängige Stichproben

Lautstärke im Vergleich			
	Mindestanforderung Schalldruckpegel [dB(A)]	Schalldruckpegel Patienten [dB(A)]	Schalldruckpegel Kontrolle
Minimum	75	61,9	72,8
Maximum		80,1	81,6
Minimum	80	67,9	74,6
Maximum		82,9	82,8

Tab. A.11 – Vergleich der erreichten Lautstärke zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

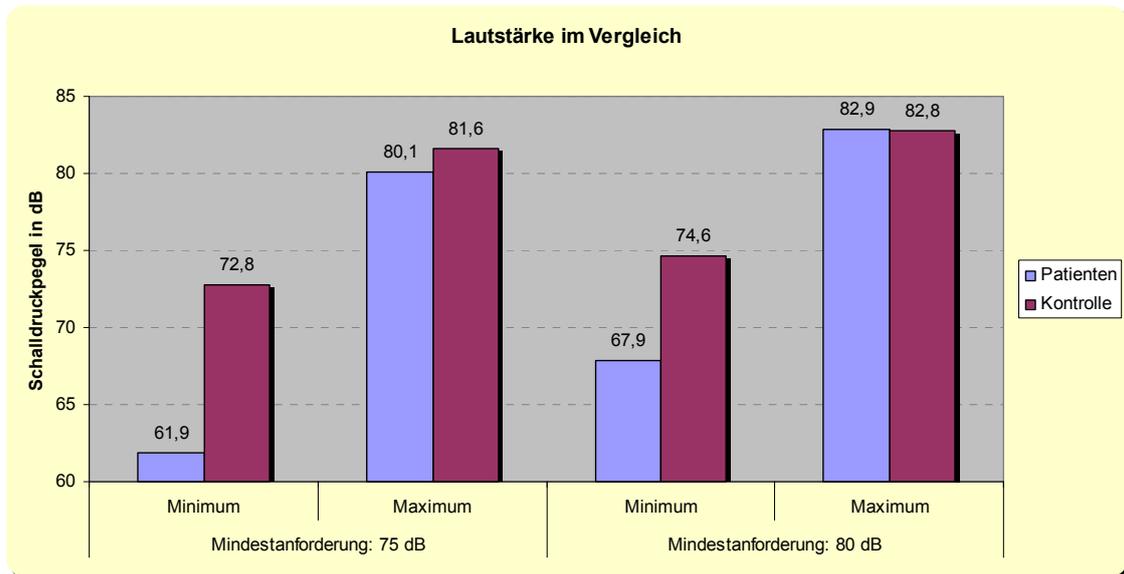


Abb. A.05 – Vergleich der erreichten Lautstärke zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Ergänzung zu Kapitel 4.2.3 (Prozentuale Unterschreitung – Patientengruppe)

prozentuale Unterschreitung pro Minute – Patientengruppe			
Minute	Erforderlicher Schalldruckpegel [dB(A)]	Unterschreitung in % (Mittelwert) [dB(A)]	Standardabweichung
1	75	23,84	21,46
2	80	59,89	29,29
3	75	15,33	21,55
4	80	51,34	30,96
5	75	11,49	21,18
6	80	47,68	30,04
7	75	14,02	23
8	80	49,24	32,24
9	75	14,02	22,43
10	80	48,33	31,61

Tab. A.12 – prozentuale Unterschreitung pro Minute in der Patientengruppe

prozentuale Unterschreitung pro Minute – Patientengruppe		
	Unterschreitung in %	p-Wert¹
Mittelwert bei Mindestanforderung 75 dB(A)	15,74	< 0,0005
Mittelwert bei Mindestanforderung 80 dB(A)	51,3	
Mittelwert Gesamt	33,52	

Tab. A.13 – prozentuale Unterschreitung pro Minute in der Patientengruppe
¹p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben

prozentuale Unterschreitung pro Minute – Patientengruppe			
	Mindestanforderung Schalldruckpegel [dB(A)]	Unterschreitung in %	p-Wert
Minimum	75 dB	0	< 0,0005
Maximum		98,33	
Minimum	80 dB	1,67	< 0,0005
Maximum		98,33	

Tab. A.14 – prozentuale Unterschreitung pro Minute in der Patientengruppe

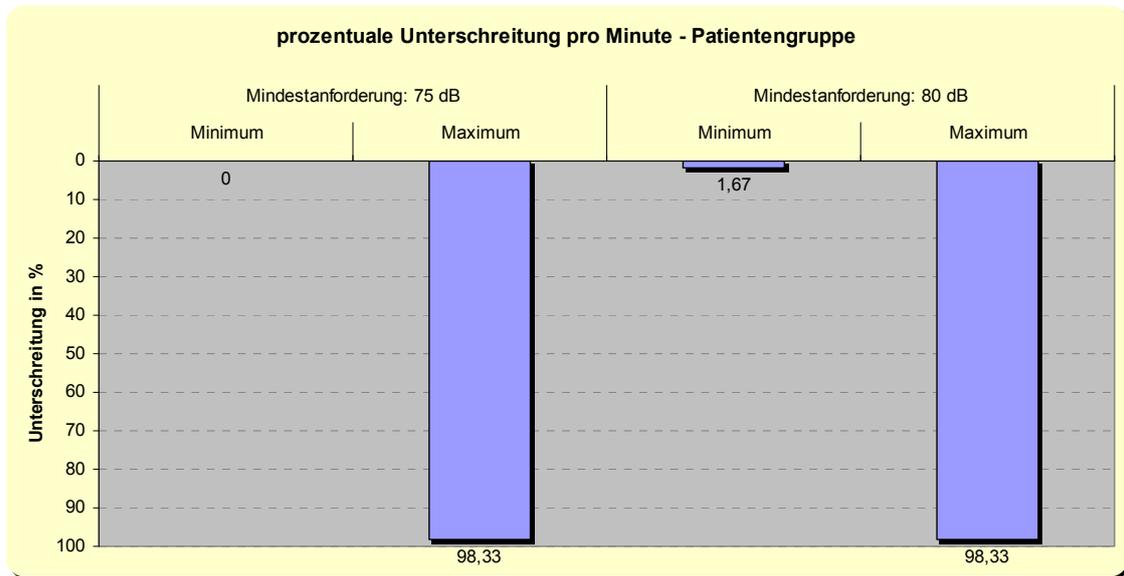


Abb. A.06 – prozentuale Unterschreitung pro Minute in der Patientengruppe

Ergänzung zu Kapitel 4.2.4 (Prozentuale Unterschreitung – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe)

Vergleich der prozentualen Unterschreitung				
Minute	erforderlicher Schalldruckpegel [dB(A)]	Unterschreitung in % Patienten (Mittelwert)	Unterschreitung in % Kontrolle (Mittelwert)	p-Wert²
1	75	23,84	29,17	0,449
2	80	59,89	64,27	0,573
3	75	15,33	19,9	0,396
4	80	51,34	46,67	0,514
5	75	11,49	14,06	0,214
6	80	47,68	49,48	0,891
7	75	14,02	18,54	0,758
8	80	49,24	48,54	0,917
9	75	14,02	17,08	0,634
10	80	48,33	47,6	0,904

Tab. A.15 – Vergleich der prozentualen Unterschreitung pro Minute zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

²p-Wert des Mann-Whitney-Tests für unabhängige Stichproben

Vergleich der prozentualen Unterschreitung			
	Unterschreitung in % Patienten	Unterschreitung in % Kontrolle	p-Wert²
Mittelwert bei Mindestanforderung 75 dB(A)	15,74	19,75	0,426
Mittelwert bei Mindestanforderung 80 dB (A)	51,3	51,31	0,974
Mittelwert Gesamt	33,52	35,53	0,784

Tab. A.16 – Vergleich der prozentualen Unterschreitung pro Minute zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

²p-Wert des Mann-Whitney-Tests für unabhängige Stichproben

Vergleich der prozentualen Unterschreitung			
	Mindestanforderung Schalldruckpegel [dB(A)]	Unterschreitung in % Patienten	Unterschreitung in % Kontrolle
Minimum	75	0	0
Maximum		98,33	75
Minimum	80	1,67	0
Maximum		98,33	98,33

Tab. A.17 – Vergleich der prozentualen Unterschreitung pro Minute zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

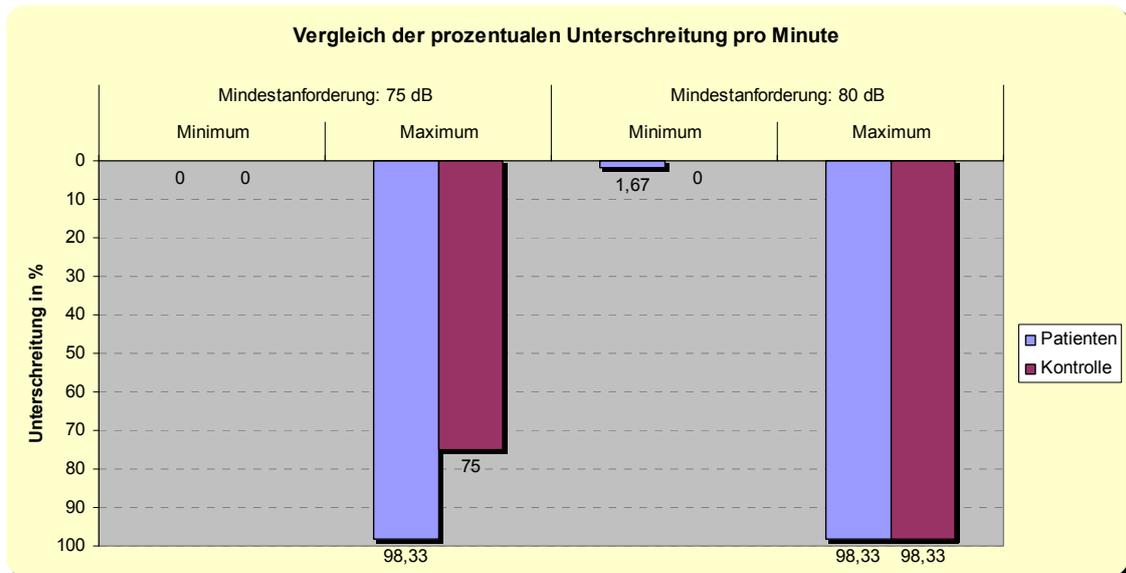


Abb. A.07 – Vergleich der prozentualen Unterschreitung pro Minute zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Ergänzung zu Kapitel 4.3.1 (Irregularität und Rauschen –
Patientengruppe)

Irregularität / Rauschen – Patientengruppe			
Parameter	Zeitpunkt	Ausprägung (Mittelwert)	Standardabweichung
Irregularität	1. Erfassung (vor Belastung)	2,8	0,88
	2. Erfassung (nach Belastung)	2,74	1,06
	3. Erfassung (nach Erholung)	2,81	0,95
Rauschen	1. Erfassung (vor Belastung)	1,59	0,66
	2. Erfassung (nach Belastung)	1,33	0,71
	3. Erfassung (nach Erholung)	1,41	0,69

Tab. A.18 – Irregularität und Rauschen in der Patientengruppe

Irregularität / Rauschen – Patientengruppe		
	Irregularität	Rauschen
Minimum	1,19	0,47
Maximum	8,07	3,66
Mittelwert	2,78	1,45

Tab. A.19 – Irregularität und Rauschen in der Patientengruppe

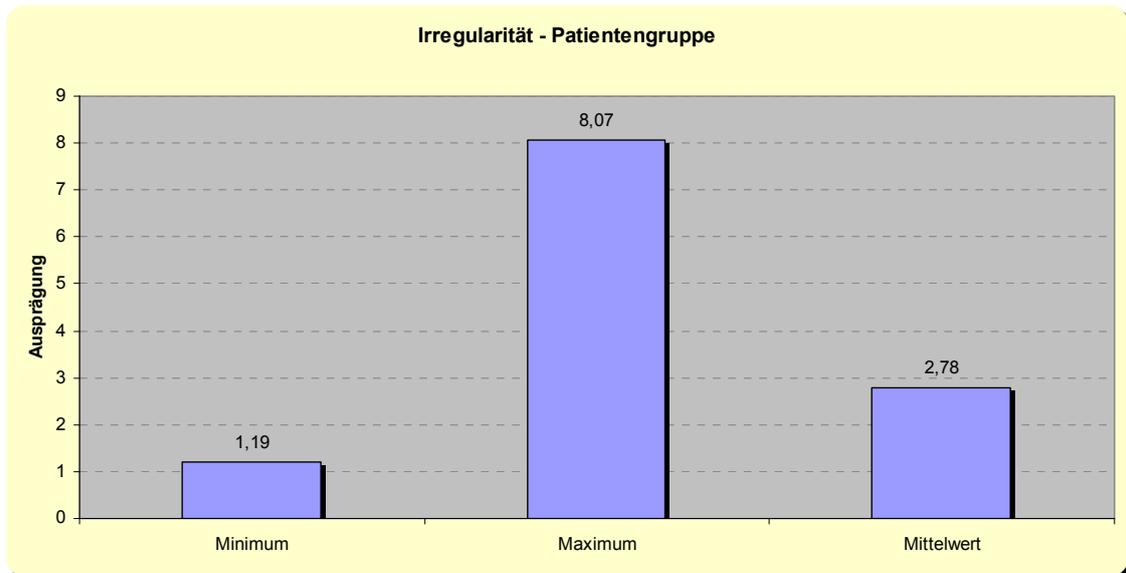


Abb. A.08 – Irregularität in der Patientengruppe

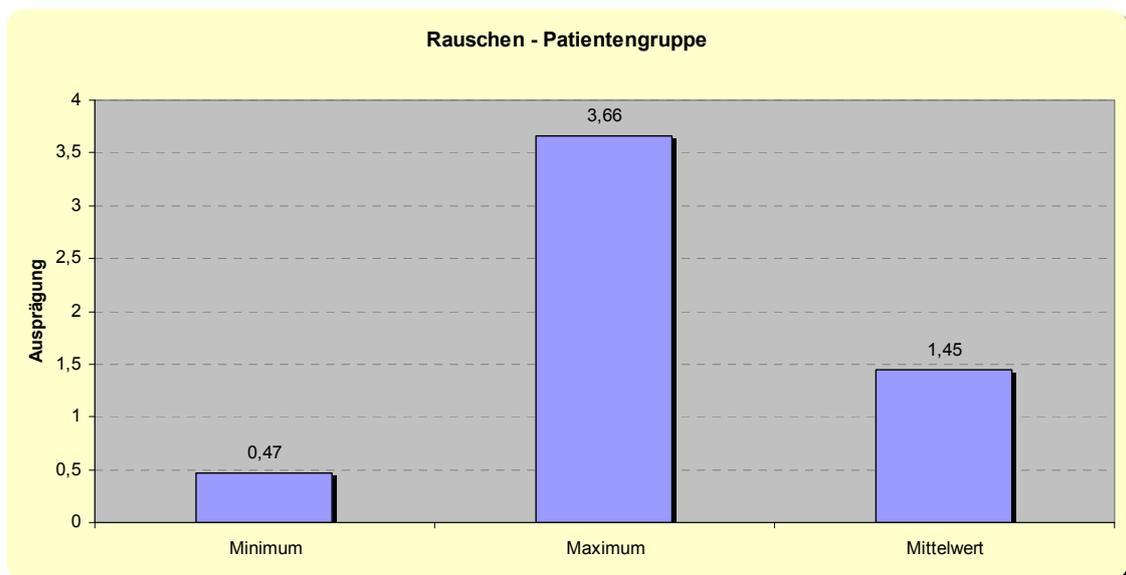


Abb. A.09 – Rauschen in der Patientengruppe

Ergänzung zu Kapitel 4.3.2 (Irregularität und Rauschen – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe)

Vergleich Irregularität / Rauschen zwischen Patienten- und Kontrollgruppe				
Parameter	Zeitpunkt	Mittelwert Patienten	Mittelwert Kontrolle	p-Wert²
Irregularität	1. Erfassung (vor Belastung)	2,8	2,45	0,296
	2. Erfassung (nach Belastung)	2,74	2,29	0,231
	3. Erfassung (nach Erholung)	2,81	2,3	0,067
Rauschen	1. Erfassung (vor Belastung)	1,59	1,28	0,072
	2. Erfassung (nach Belastung)	1,33	1,05	0,108
	3. Erfassung (nach Erholung)	1,41	1,25	0,474

Tab. A.20 – Vergleich von Irregularität bzw. Rauschen zwischen Patienten- und Kontrollgruppe
²p-Wert des Mann-Whitney-Tests für unabhängige Stichproben

Vergleich Irregularität / Rauschen zwischen Patienten- und Kontrollgruppe			
Parameter		Patienten	Kontrolle
Irregularität	Minimum	1,19	1,1
	Maximum	8,07	3,52
	Mittelwert	2,78	2,35
Rauschen	Minimum	0,47	0,49
	Maximum	3,66	2,77
	Mittelwert	1,45	1,19

Tab. A.21 – Vergleich von Irregularität bzw. Rauschen zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

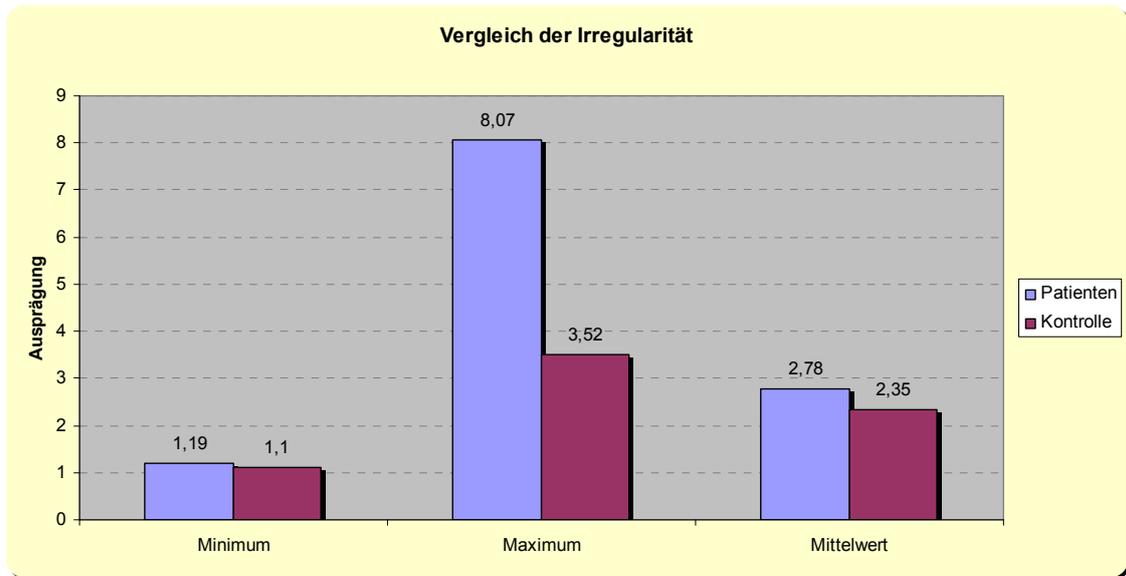


Abb. A.10 – Vergleich der Irregularität zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

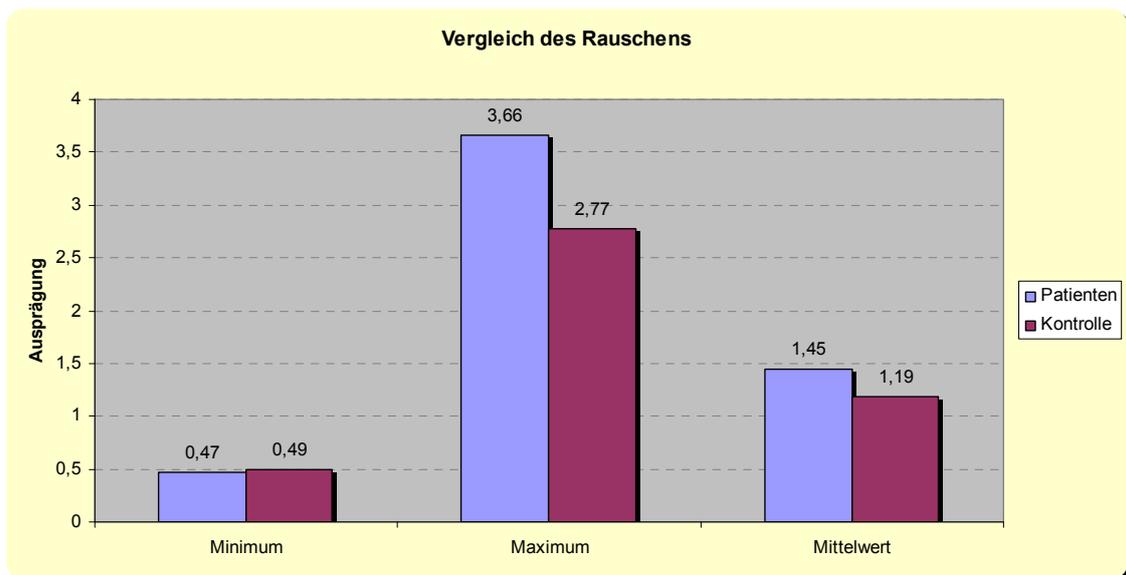


Abb. A.11 – Vergleich des Rauschens zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Ergänzung zu Kapitel 4.3.3 (Irregularität und Rauschen im Verlauf der Untersuchung – Patientengruppe)

Verlauf von Irregularität / Rauschen – Patientengruppe				
Parameter	Verlauf von ...	Verlauf (Mittelwert)	Standard- Abweichung	p-Wert
Irregularität	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	-0,06	0,65	0,089
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	0,07	0,57	0,047
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	0,02	0,37	0,596
Rauschen	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	-0,25	0,49	0,002
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	0,08	0,28	0,128
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	-0,17	0,45	0,023

Tab. A.22 – Verlauf von Irregularität bzw. Rauschen in der Patientengruppe

Ergänzung zu Kapitel 4.3.4 (Irregularität und Rauschen im Verlauf der Untersuchung – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe)

Verlauf von Irregularität / Rauschen – Vergleich Patienten und Kontrolle				
Parameter	Verlauf von ...	Verlauf Patienten (Mittelwert)	Verlauf Kontrolle (Mittelwert)	p-Wert²
Irregularität	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	-0,06	-0,16	0,693
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	0,07	0,01	0,257
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	0,02	-0,15	0,051
Rauschen	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	-0,25	-0,23	0,809
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	0,08	0,2	0,067
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	-0,17	-0,03	0,237

Tab. A.23 – Verlauf von Irregularität bzw. Rauschen – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

²p-Wert des Mann-Whitney-Tests für unabhängige Stichproben

Ergänzung zu Kapitel 4.3.5 (Zusammenhänge zwischen Lautstärke und Irregularität bzw. Rauschen – Patientengruppe)

Zusammenhang zwischen Lautstärke und Irregularität – Patientengruppe			
Patient	Lautstärke (Mittelwert) [dB(A)]	Ausprägung Irregularität nach Belastung	Korrelation⁴
30	69,03	8	-0,628
7	70,59	4,49	
41	74,46	2,66	
16	75,42	2,81	
31	76,1	2,26	
36	76,35	2,76	
45	76,43	1,97	
3	76,67	3,21	
13	76,7	2,4	
2	76,81	2,82	
32	76,94	2,81	
22	76,95	2,44	
42	76,95	2,38	
28	77,02	2,57	
17	77,03	2,74	
19	77,13	3,1	
35	77,19	2,31	
26	77,22	2,23	
25	77,28	2,58	
38	77,5	2,22	
8	77,62	1,71	
12	77,67	2,35	
39	77,69	2,24	
27	77,79	2,73	
15	77,79	5,52	

20	78,05	3,46
44	78,08	2,55
1	78,09	1,58
4	78,14	2,78
37	78,21	2,84
18	78,32	2,81
11	78,39	2,52
34	78,39	2,15
14	78,42	2,44
33	78,43	2,46
29	78,5	1,57
43	78,91	2,17
23	79,12	3,47
40	79,15	3,56
46	79,42	2,4
10	79,51	3,57
6	79,63	1,84
21	79,72	2,23
24	79,82	2,19
9	79,88	1,84
5	79,96	2,27

Tab. A.24 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und Irregularität in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

Zusammenhang zwischen Lautstärke und Rauschen – Patientengruppe			
Patient	Lautstärke (Mittelwert) [dB(A)]	Ausprägung Rauschen nach Belastung	Korrelation⁴
30	69,03	3,36	-0,499
7	70,59	2,32	
41	74,46	2,81	
16	75,42	0,55	
31	76,1	0,9	
36	76,35	1,09	
45	76,43	0,69	
3	76,67	2,59	
13	76,7	0,52	
2	76,81	1,23	
32	76,94	0,94	
22	76,95	1,95	
42	76,95	0,99	
28	77,02	1,59	
17	77,03	1,65	
19	77,13	1,55	
35	77,19	0,92	
26	77,22	0,8	
25	77,28	1,7	
38	77,5	0,79	
8	77,62	1,57	
12	77,67	1,1	
39	77,69	0,95	
27	77,79	0,77	
15	77,79	1,4	
20	78,05	2,02	
44	78,08	0,97	
1	78,09	1,44	

4	78,14	1,68	
37	78,21	1,77	
18	78,32	2,08	
11	78,39	1,95	
34	78,39	1,04	
14	78,42	2,13	
33	78,43	0,63	
29	78,5	1,39	
43	78,91	0,64	
23	79,12	3,01	
40	79,15	0,69	
46	79,42	0,9	
10	79,51	0,78	
6	79,63	0,53	
21	79,72	0,8	
24	79,82	0,67	
9	79,88	0,68	
5	79,96	0,85	

Tab. A.25 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und Rauschen in der Patientengruppe
⁴Wert der Korrelation nach Spearman

Ergänzung zu Kapitel 4.3.6 (Zusammenhänge zwischen prozentualer Unterschreitung und Irregularität bzw. Rauschen – Patientengruppe)

Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und Irregularität – Patientengruppe			
Patient	Unterschreitung in % (Mittelwert)	Ausprägung Irregularität nach Belastung	Korrelation⁴
5	4,499	2,27	0,406
40	5,667	3,56	
10	6,501	3,57	
21	7,334	2,23	
9	8,001	1,84	
24	9,667	2,19	
46	10	2,4	
23	10,334	3,47	
43	10,5	2,17	
6	10,666	1,84	
29	15,499	1,57	
15	16,166	5,52	
34	17,667	2,15	
33	18,168	2,46	
11	19,664	2,52	
18	19,667	2,81	
1	20,332	1,58	
14	22	2,44	
44	22,999	2,55	
4	24,501	2,78	
20	24,667	3,46	
37	25,331	2,84	
17	28,666	2,74	
27	31,5	2,73	

8	32,334	1,71
28	33,833	2,57
39	34	2,24
25	35,833	2,58
12	38,834	2,35
26	41,167	2,23
38	43,833	2,22
22	44,168	2,44
35	44,667	2,31
2	44,832	2,82
19	45,834	3,1
32	49,332	2,81
42	49,501	2,38
13	51,833	2,4
45	53,667	1,97
3	54,166	3,21
31	62,501	2,26
16	64,166	2,81
36	65,333	2,76
41	75,832	2,66
7	87,833	4,49
30	98,33	8

Tab. A.26 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und Irregularität in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und Rauschen – Patientengruppe			
Patient	Unterschreitung in % (Mittelwert)	Ausprägung Rauschen nach Belastung	Korrelation⁴
5	4,499	0,85	0,359
40	5,667	0,69	
10	6,501	0,78	
21	7,334	0,8	
9	8,001	0,68	
24	9,667	0,67	
46	10	0,9	
23	10,334	3,01	
43	10,5	0,64	
6	10,666	0,53	
29	15,499	1,39	
15	16,166	1,4	
34	17,667	1,04	
33	18,168	0,63	
11	19,664	1,95	
18	19,667	2,08	
1	20,332	1,44	
14	22	2,13	
44	22,999	0,97	
4	24,501	1,68	
20	24,667	2,02	
37	25,331	1,77	
17	28,666	1,65	
27	31,5	0,77	
8	32,334	1,57	
28	33,833	1,59	
39	34	0,95	

25	35,833	1,7	
12	38,834	1,1	
26	41,167	0,8	
38	43,833	0,79	
22	44,168	1,95	
35	44,667	0,92	
2	44,832	1,23	
19	45,834	1,55	
32	49,332	0,94	
42	49,501	0,99	
13	51,833	0,52	
45	53,667	0,69	
3	54,166	2,59	
31	62,501	0,9	
16	64,166	0,55	
36	65,333	1,09	
41	75,832	2,81	
7	87,833	2,32	
30	98,33	3,36	

Tab. A.27 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und Rauschen in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

Ergänzung zu Kapitel 4.4.1 (Subjektive Beschwerden – Patientengruppe)

Symptom	Ausprägung (MW ± SD)		
	Zeitpunkt 1 (vor Belastung)	Zeitpunkt 2 (nach Belastung)	Zeitpunkt 3 (nach Erholung)
Brennen	2,05 ± 2,66	3,48 ± 3,08	2,46 ± 2,84
Trockenheit	4,17 ± 3,06	5,76 ± 3,16	3,42 ± 2,69
Hustenreiz	2,99 ± 2,62	2,39 ± 2,80	2,20 ± 2,66
Verschleimung	3,98 ± 2,61	3,21 ± 2,33	2,76 ± 2,29
Schluckbeschwerden	1,78 ± 2,82	2,98 ± 3,21	2,03 ± 2,81

Tab. A.28 – Ausprägung der subjektiven Beschwerden in der Patientengruppe

Ergänzung zu Kapitel 4.4.2 (Subjektive Beschwerden – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe)

subjektive Beschwerden – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe				
Symptom	Zeitpunkt	Patienten (Mittelwert)	Kontrolle (Mittelwert)	p-Wert²
Brennen	1. Erfassung (vor Belastung)	2,05	0,56	0,005
	2. Erfassung (nach Belastung)	3,48	1,06	0,002
	3. Erfassung (nach Erholung)	2,46	0,69	0,004
Trockenheit	1. Erfassung (vor Belastung)	4,17	1,31	0,001
	2. Erfassung (nach Belastung)	5,76	2,63	0,001
	3. Erfassung (nach Erholung)	3,42	1,25	0,002
Hustenreiz	1. Erfassung (vor Belastung)	2,99	1,25	0,007
	2. Erfassung (nach Belastung)	2,39	1,25	0,077
	3. Erfassung (nach Erholung)	2,2	0,69	0,007
Verschleimung	1. Erfassung (vor Belastung)	3,98	1,5	<0,0005
	2. Erfassung (nach Belastung)	3,21	1,75	0,01
	3. Erfassung (nach Erholung)	2,76	1,25	0,003
Schluckbeschwerden	1. Erfassung (vor Belastung)	1,78	0,5	0,016
	2. Erfassung (nach Belastung)	2,98	0,94	0,008
	3. Erfassung (nach Erholung)	2,03	0,63	0,025

Tab. A.29 – Vergleich der subjektiven Beschwerden zwischen Patienten- und Kontrollgruppe
²p-Wert des Mann-Whitney-Tests für unabhängige Stichproben

Ergänzung zu Kapitel 4.4.3 (Subjektive Beschwerden im Verlauf der Untersuchung – Patientengruppe)

Verlauf der subjektiven Beschwerden – Patientengruppe				
Symptom	Verlauf von ...	Verlauf (Mittelwert)	Standardabweichung	p-Wert¹
Brennen	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	1,42	2,21	< 0,0005
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	-1,02	1,7	< 0,0005
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	0,4	1,78	0,16
Trockenheit	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	1,59	1,89	< 0,0005
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	-2,34	2,17	< 0,0005
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	-0,75	2,12	0,036
Hustenreiz	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	-0,6	2,86	0,162
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	-0,2	1,68	0,192
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	-0,79	2,58	0,027
Verschleimung	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	-0,77	2,42	0,023
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	-0,45	1,16	0,01
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	-1,22	2,59	0,002
Schluckbeschwerden	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	1,2	1,76	< 0,0005
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	-0,95	1,5	< 0,0005
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	0,25	1,52	0,132

Tab. A.30 – Verlauf der subjektiven Beschwerden in der Patientengruppe
¹p-Wert des Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben

Ergänzung zu Kapitel 4.4.4 (Subjektive Beschwerden im Verlauf der Untersuchung – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe)

Verlauf der subjektiven Beschwerden – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe				
Symptom	Verlauf von ...	Patienten (Mittelwert)	Kontrolle (Mittelwert)	p-Wert²
Brennen	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	1,42	0,5	0,216
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	-1,02	-0,38	0,14
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	0,4	0,13	0,56
Trockenheit	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	1,59	1,31	0,467
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	-2,34	-1,38	0,088
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	-0,75	-0,06	0,17
Hustenreiz	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	-0,6	0	0,547
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	-0,2	-0,56	0,449
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	-0,79	-0,56	0,986
Verschleimung	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	-0,77	0,25	0,065
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	-0,45	-0,5	0,986
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	-1,22	-0,25	0,213
Schluckbeschwerden	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 2	1,2	0,44	0,082
	Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3	-0,95	-0,31	0,194
	Zeitpunkt 1 zu Zeitpunkt 3	0,25	0,13	0,503

Tab. A.31 – Verlauf der subjektiven Beschwerden – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

²p-Wert des Mann-Whitney-Tests für unabhängige Stichproben

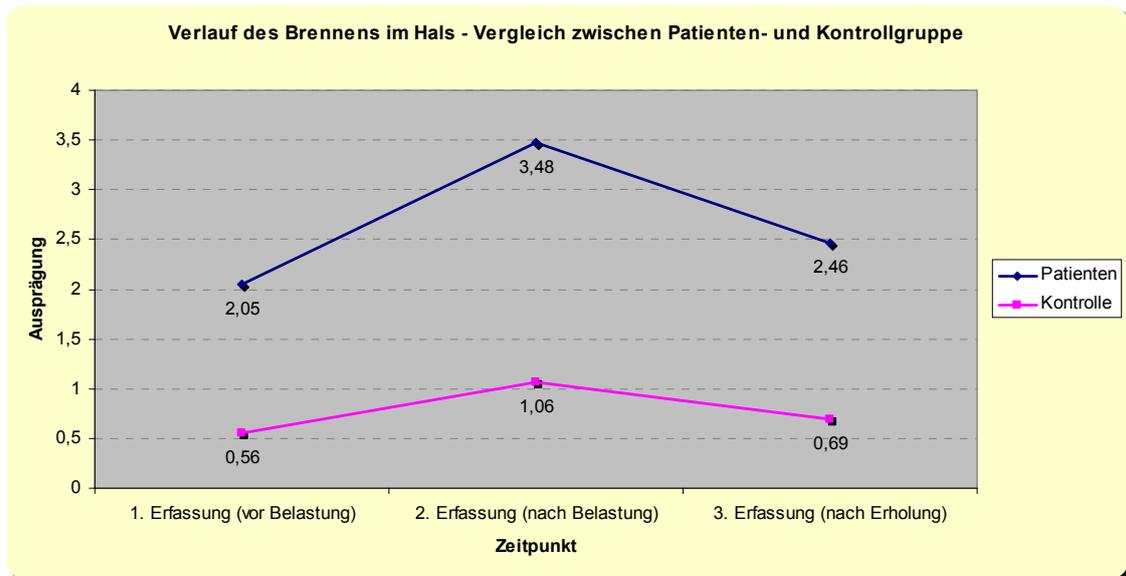


Abb. A.12 – Verlauf des Brennens im Hals – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

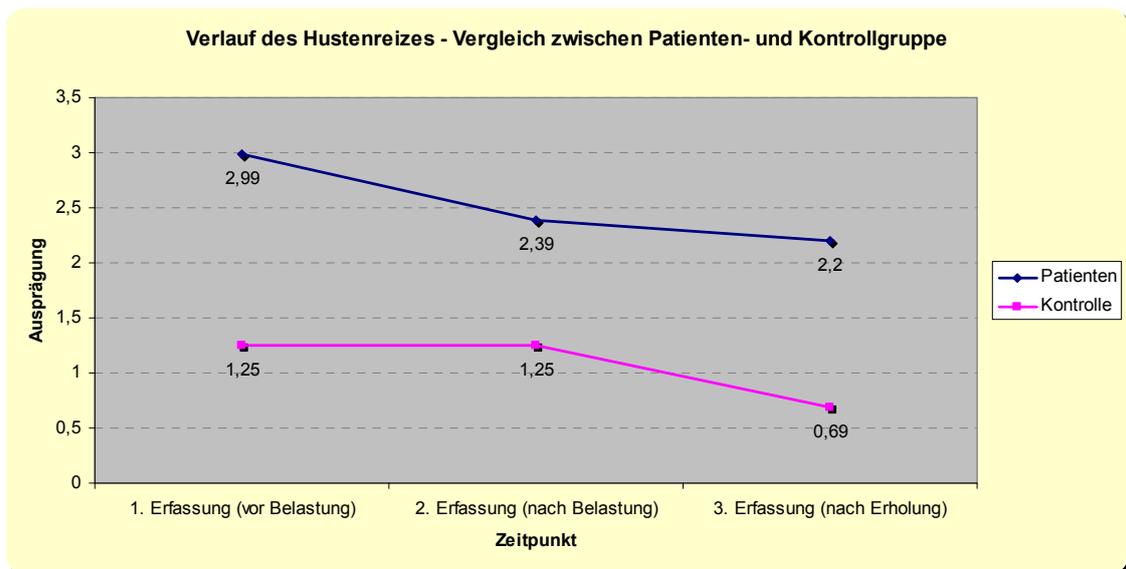


Abb. A.13 – Verlauf des Hustenreizes – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

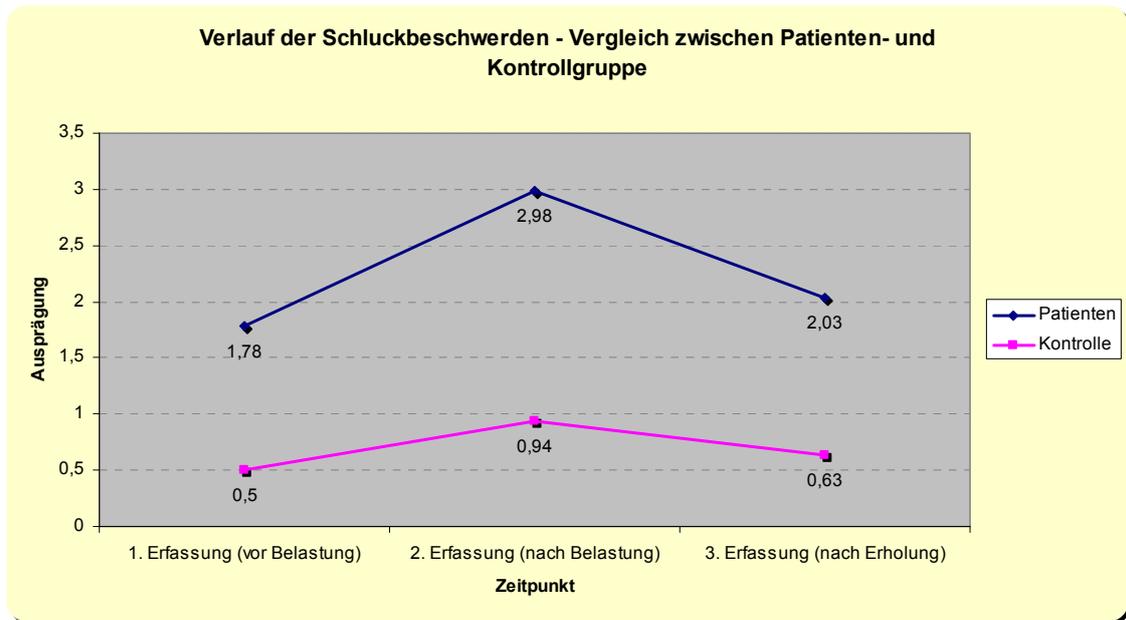


Abb. A.14 – Verlauf der Schluckbeschwerden – Vergleich zwischen Patienten- und Kontrollgruppe

Ergänzung zu Kapitel 4.4.5 (Zusammenhänge zwischen Lautstärke und subjektiven Beschwerden – Patientengruppe)

Zusammenhang zwischen Lautstärke und Brennen – Patientengruppe			
Patient Nummer	Lautstärke (Mittelwert) [dB(A)]	Ausprägung Brennen nach Belastung	Korrelation⁴
30	69,03	9	-0,107
7	70,59	0	
41	74,46	0	
16	75,42	7	
31	76,1	6	
36	76,35	1	
45	76,43	2,5	
3	76,67	2	
13	76,7	0	
2	76,81	0	
32	76,94	2	
22	76,95	8	
42	76,95	0	
28	77,02	3	
17	77,03	5	
19	77,13	10	
35	77,19	10	
26	77,22	2	
25	77,28	8	
38	77,5	2	
8	77,62	0	
12	77,67	5	
39	77,69	1	
27	77,79	7	

15	77,79	0
20	78,05	4
44	78,08	5
1	78,09	2,5
4	78,14	4
37	78,21	3
18	78,32	0
11	78,39	3
34	78,39	3
14	78,42	9,5
33	78,43	1
29	78,5	6
43	78,91	4
23	79,12	2
40	79,15	6
46	79,42	0
10	79,51	2
6	79,63	7
21	79,72	2
24	79,82	0
9	79,88	0,5
5	79,96	5

Tab. A.32 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und „Brennen im Hals“ in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

Zusammenhang zwischen Lautstärke und Trockenheit – Patientengruppe			
Patient Nummer	Lautstärke (Mittelwert) [dB(A)]	Ausprägung Trockenheit nach Belastung	Korrelation⁴
30	69,03	9	-0,314
7	70,59	10	
41	74,46	5	
16	75,42	6,5	
31	76,1	6	
36	76,35	9	
45	76,43	9,5	
3	76,67	4	
13	76,7	0	
2	76,81	4	
32	76,94	10	
22	76,95	8	
42	76,95	0	
28	77,02	10	
17	77,03	10	
19	77,13	3	
35	77,19	10	
26	77,22	4	
25	77,28	4	
38	77,5	9	
8	77,62	4,5	
12	77,67	5	
39	77,69	1	
27	77,79	8	
15	77,79	10	
20	78,05	7	
44	78,08	5	
1	78,09	2,5	

4	78,14	4
37	78,21	7
18	78,32	7
11	78,39	2
34	78,39	3
14	78,42	8,5
33	78,43	10
29	78,5	4
43	78,91	6
23	79,12	7
40	79,15	8
46	79,42	2
10	79,51	2
6	79,63	8
21	79,72	7
24	79,82	5
9	79,88	0,5
5	79,96	0

Tab. A.33 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

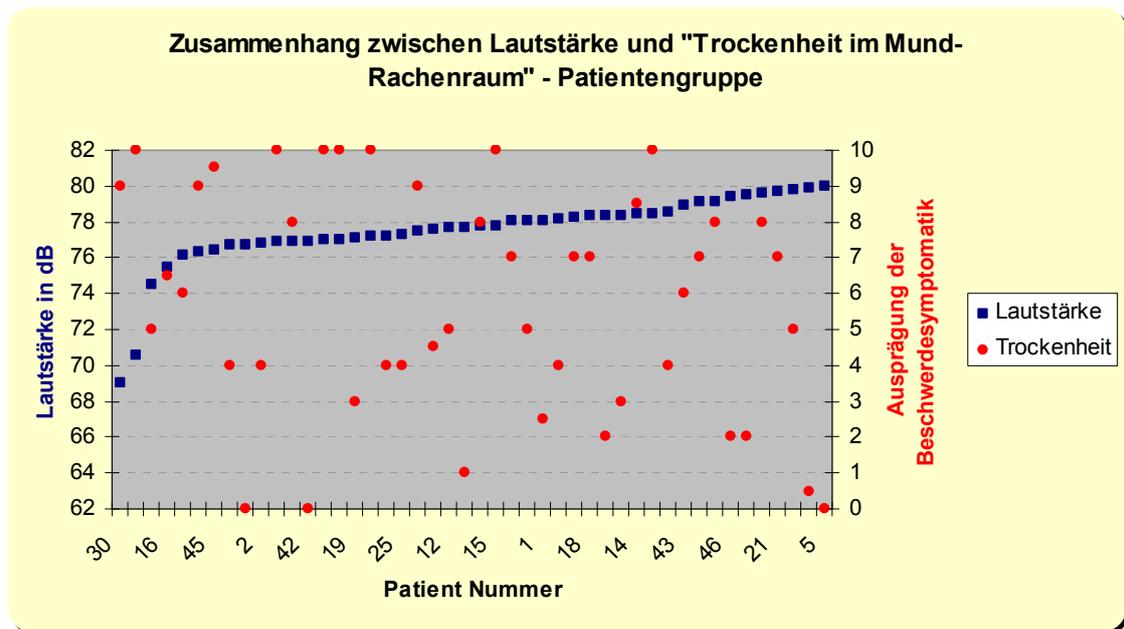


Abb. A.15 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ in der Patientengruppe

Zusammenhang zwischen Lautstärke und Hustenreiz – Patientengruppe			
Patient Nummer	Lautstärke (Mittelwert) [dB(A)]	Ausprägung Hustenreiz nach Belastung	Korrelation⁴
30	69,03	7	-0,413
7	70,59	10	
41	74,46	0	
16	75,42	2,5	
31	76,1	2	
36	76,35	9	
45	76,43	0,5	
3	76,67	4	
13	76,7	1	
2	76,81	0	
32	76,94	2	
22	76,95	0	
42	76,95	1	
28	77,02	8	
17	77,03	5	
19	77,13	6,5	
35	77,19	0	
26	77,22	2	
25	77,28	0	
38	77,5	0	
8	77,62	1	
12	77,67	0	
39	77,69	1	
27	77,79	3	
15	77,79	5	
20	78,05	1	
44	78,08	0	
1	78,09	3,5	

4	78,14	2	
37	78,21	3	
18	78,32	0	
11	78,39	2	
34	78,39	2	
14	78,42	5,5	
33	78,43	0	
29	78,5	5	
43	78,91	1	
23	79,12	2	
40	79,15	2	
46	79,42	1	
10	79,51	0	
6	79,63	0	
21	79,72	0	
24	79,82	9	
9	79,88	0,5	
5	79,96	0	

Tab. A.34 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und „Hustenreiz“ in der Patientengruppe
⁴Wert der Korrelation nach Spearman

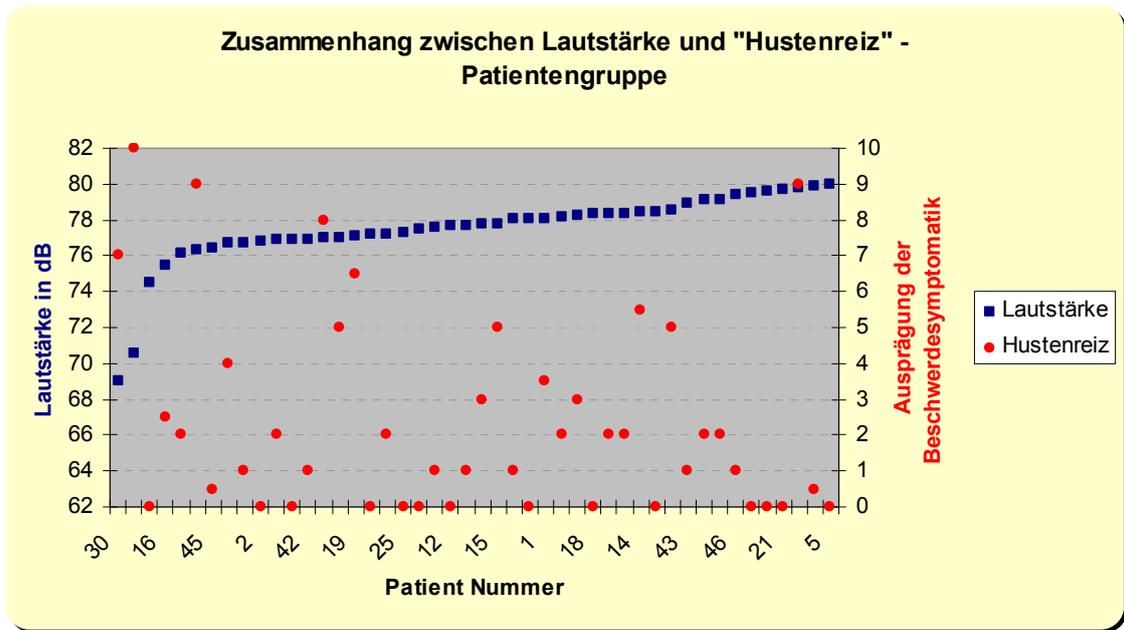


Abb. A.16 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und „Hustenreiz“ in der Patientengruppe

Zusammenhang zwischen Lautstärke und Verschleimung – Patientengruppe			
Patient Nummer	Lautstärke (Mittelwert) [dB(A)]	Ausprägung Verschleimung nach Belastung	Korrelation⁴
30	69,03	6	-0,419
7	70,59	10	
41	74,46	3	
16	75,42	6	
31	76,1	2	
36	76,35	1	
45	76,43	1	
3	76,67	3	
13	76,7	1	
2	76,81	4	
32	76,94	2	
22	76,95	5	
42	76,95	3	
28	77,02	7	
17	77,03	5	
19	77,13	8	
35	77,19	0	
26	77,22	4	
25	77,28	2	
38	77,5	0	
8	77,62	1,5	
12	77,67	5	
39	77,69	1	
27	77,79	5	
15	77,79	5	
20	78,05	0	

44	78,08	6
1	78,09	3
4	78,14	1
37	78,21	3
18	78,32	7
11	78,39	1
34	78,39	2
14	78,42	3,5
33	78,43	5
29	78,5	4
43	78,91	2
23	79,12	1
40	79,15	3
46	79,42	1
10	79,51	2
6	79,63	2
21	79,72	2
24	79,82	6
9	79,88	0,5
5	79,96	2

Tab. A.35 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und „Verschleimung im Rachenraum“ in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

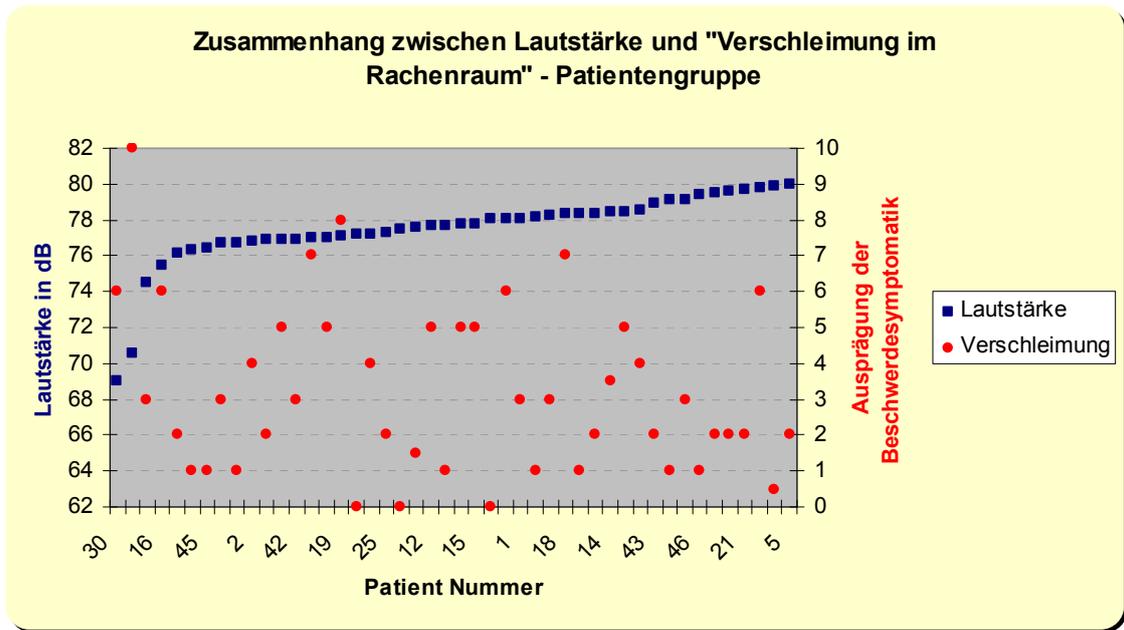


Abb. A.17 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und „Verschleimung im Rachenraum“ in der Patientengruppe

Zusammenhang zwischen Lautstärke und Schluckbeschwerden – Patientengruppe			
Patient Nummer	Lautstärke (Mittelwert) [dB(A)]	Ausprägung Schluckbeschwerden nach Belastung	Korrelation⁴
30	69,03	6	-0,308
7	70,59	8	
41	74,46	2,5	
16	75,42	4	
31	76,1	2	
36	76,35	2	
45	76,43	2,5	
3	76,67	2	
13	76,7	0	
2	76,81	0	
32	76,94	2	
22	76,95	6	
42	76,95	0	
28	77,02	7	
17	77,03	10	
19	77,13	8	
35	77,19	10	
26	77,22	3	
25	77,28	0	
38	77,5	0	
8	77,62	2,5	
12	77,67	5	
39	77,69	0	
27	77,79	5,5	
15	77,79	10	
20	78,05	7	

44	78,08	0
1	78,09	0
4	78,14	1
37	78,21	0
18	78,32	0
11	78,39	0
34	78,39	2
14	78,42	8,5
33	78,43	0
29	78,5	3
43	78,91	0
23	79,12	1
40	79,15	6
46	79,42	0
10	79,51	0
6	79,63	5
21	79,72	1
24	79,82	2
9	79,88	0,5
5	79,96	2

Tab. A.36 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und „Schluckbeschwerden“ in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

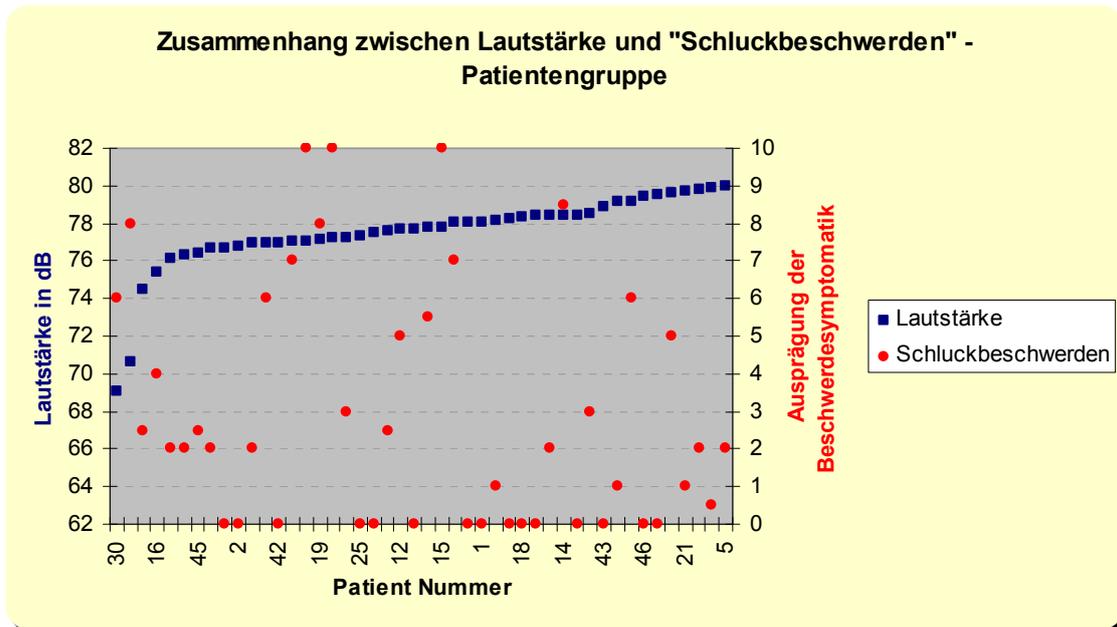


Abb. A.18 – Zusammenhang zwischen Lautstärke und „Schluckbeschwerden“ in der Patientengruppe

Ergänzung zu Kapitel 4.4.6 (Zusammenhänge zwischen prozentualer Unterschreitung und subjektiven Beschwerden – Patientengruppe)

Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und Brennen – Patientengruppe			
Patient Nummer	Unterschreitung In % (Mittelwert)	Ausprägung Brennen nach Belastung	Korrelation⁴
5	4,499	5	0,083
40	5,667	6	
10	6,501	2	
21	7,334	2	
9	8,001	0,5	
24	9,667	0	
46	10	0	
23	10,334	2	
43	10,5	4	
6	10,666	7	
29	15,499	6	
15	16,166	0	
34	17,667	3	
33	18,168	1	
11	19,664	3	
18	19,667	0	
1	20,332	2,5	
14	22	9,5	
44	22,999	5	
4	24,501	4	
20	24,667	4	
37	25,331	3	
17	28,666	5	
27	31,5	7	

8	32,334	0
28	33,833	3
39	34	1
25	35,833	8
12	38,834	5
26	41,167	2
38	43,833	2
22	44,168	8
35	44,667	10
2	44,832	0
19	45,834	10
32	49,332	2
42	49,501	0
13	51,833	0
45	53,667	2,5
3	54,166	2
31	62,501	6
16	64,166	7
36	65,333	1
41	75,832	0
7	87,833	0
30	98,33	9

Tab. A.37 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und „Brennen im Hals“ in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und Trockenheit – Patientengruppe			
Patient Nummer	Unterschreitung in % (Mittelwert)	Ausprägung Trockenheit nach Belastung	Korrelation⁴
5	4,499	0	0,241
40	5,667	8	
10	6,501	2	
21	7,334	7	
9	8,001	0,5	
24	9,667	5	
46	10	2	
23	10,334	7	
43	10,5	6	
6	10,666	8	
29	15,499	4	
15	16,166	10	
34	17,667	3	
33	18,168	10	
11	19,664	2	
18	19,667	7	
1	20,332	2,5	
14	22	8,5	
44	22,999	5	
4	24,501	4	
20	24,667	7	
37	25,331	7	
17	28,666	10	
27	31,5	8	
8	32,334	4,5	
28	33,833	10	
39	34	1	

25	35,833	4	
12	38,834	5	
26	41,167	4	
38	43,833	9	
22	44,168	8	
35	44,667	10	
2	44,832	4	
19	45,834	3	
32	49,332	10	
42	49,501	0	
13	51,833	0	
45	53,667	9,5	
3	54,166	4	
31	62,501	6	
16	64,166	6,5	
36	65,333	9	
41	75,832	5	
7	87,833	10	
30	98,33	9	

Tab. A.38 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

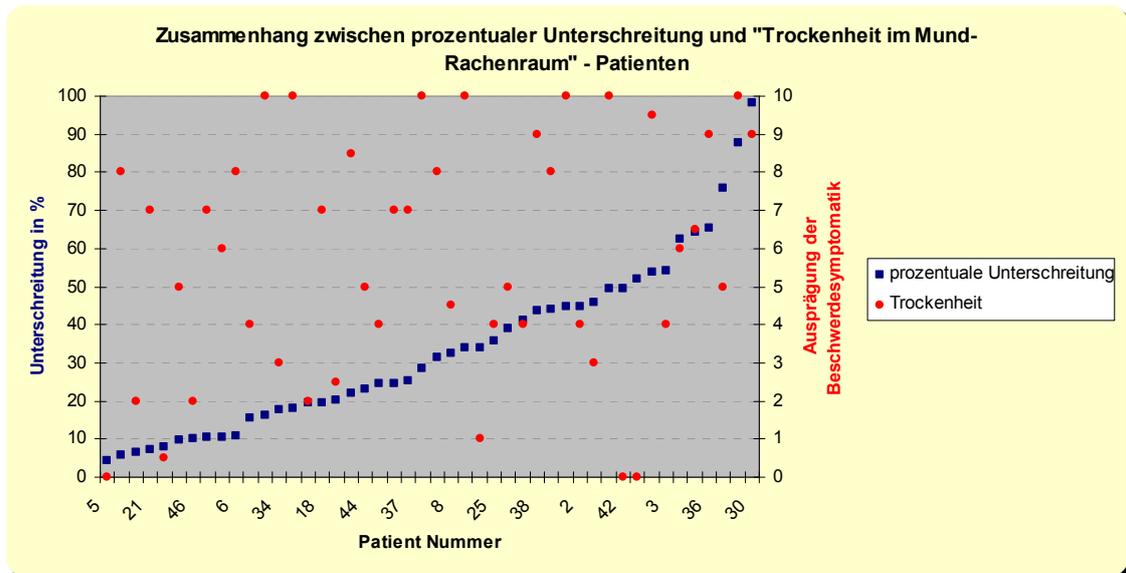


Abb. A.19 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ in der Patientengruppe

Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und Hustenreiz – Patientengruppe			
Patient Nummer	Unterschreitung in % (Mittelwert)	Ausprägung Hustenreiz nach Belastung	Korrelation⁴
5	4,499	0	0,308
40	5,667	2	
10	6,501	0	
21	7,334	0	
9	8,001	0,5	
24	9,667	9	
46	10	1	
23	10,334	2	
43	10,5	1	
6	10,666	0	
29	15,499	5	
15	16,166	5	
34	17,667	2	
33	18,168	0	
11	19,664	2	
18	19,667	0	
1	20,332	3,5	
14	22	5,5	
44	22,999	0	
4	24,501	2	
20	24,667	1	
37	25,331	3	
17	28,666	5	
27	31,5	3	
8	32,334	1	
28	33,833	8	

39	34	1	
25	35,833	0	
12	38,834	0	
26	41,167	2	
38	43,833	0	
22	44,168	0	
35	44,667	0	
2	44,832	0	
19	45,834	6,5	
32	49,332	2	
42	49,501	1	
13	51,833	1	
45	53,667	0,5	
3	54,166	4	
31	62,501	2	
16	64,166	2,5	
36	65,333	9	
41	75,832	0	
7	87,833	10	
30	98,33	7	

Tab. A.39 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und „Hustenreiz“ in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

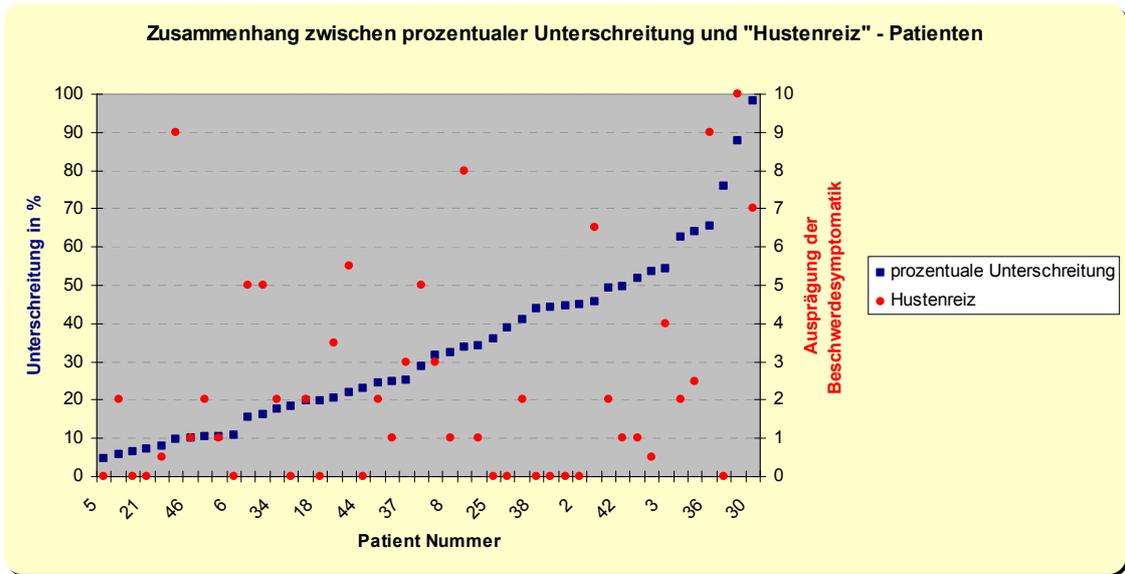


Abb. A.20 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und „Hustenreiz“ in der Patientengruppe

Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und Verschleimung – Patientengruppe			
Patient Nummer	Unterschreitung in % (Mittelwert)	Ausprägung Verschleimung nach Belastung	Korrelation⁴
5	4,499	2	0,273
40	5,667	3	
10	6,501	2	
21	7,334	2	
9	8,001	0,5	
24	9,667	6	
46	10	1	
23	10,334	1	
43	10,5	2	
6	10,666	2	
29	15,499	4	
15	16,166	5	
34	17,667	2	
33	18,168	5	
11	19,664	1	
18	19,667	7	
1	20,332	3	
14	22	3,5	
44	22,999	6	
4	24,501	1	
20	24,667	0	
37	25,331	3	
17	28,666	5	
27	31,5	5	
8	32,334	1,5	
28	33,833	7	
39	34	1	

25	35,833	2	
12	38,834	5	
26	41,167	4	
38	43,833	0	
22	44,168	5	
35	44,667	0	
2	44,832	4	
19	45,834	8	
32	49,332	2	
42	49,501	3	
13	51,833	1	
45	53,667	1	
3	54,166	3	
31	62,501	2	
16	64,166	6	
36	65,333	1	
41	75,832	3	
7	87,833	10	
30	98,33	6	

Tab. A.40 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und „Verschleimung im Rachenraum“ in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

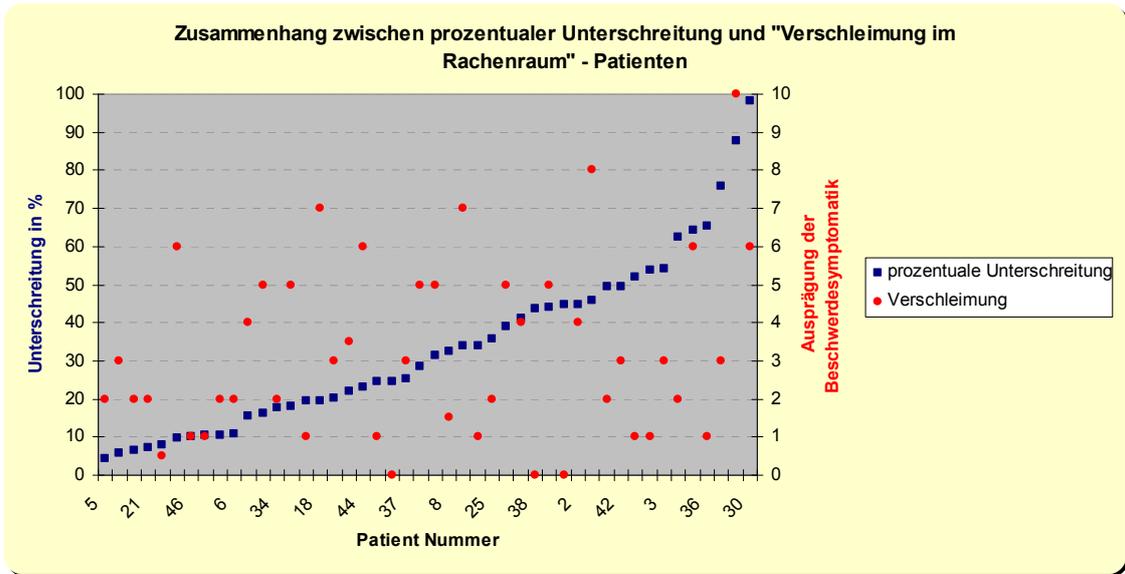


Abb. A.21 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und „Verschleimung im Rachenraum“ in der Patientengruppe

Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und Schluckbeschwerden - Patientengruppe			
Patient Nummer	Unterschreitung in % (Mittelwert)	Ausprägung Schluckbeschwerden nach Belastung	Korrelation⁴
5	4,499	2	0,211
40	5,667	6	
10	6,501	0	
21	7,334	1	
9	8,001	0,5	
24	9,667	2	
46	10	0	
23	10,334	1	
43	10,5	0	
6	10,666	5	
29	15,499	3	
15	16,166	10	
34	17,667	2	
33	18,168	0	
11	19,664	0	
18	19,667	0	
1	20,332	0	
14	22	8,5	
44	22,999	0	
4	24,501	1	
20	24,667	7	
37	25,331	0	
17	28,666	10	
27	31,5	5,5	
8	32,334	2,5	
28	33,833	7	

39	34	0
25	35,833	0
12	38,834	5
26	41,167	3
38	43,833	0
22	44,168	6
35	44,667	10
2	44,832	0
19	45,834	8
32	49,332	2
42	49,501	0
13	51,833	0
45	53,667	2,5
3	54,166	2
31	62,501	2
16	64,166	4
36	65,333	2
41	75,832	2,5
7	87,833	8
30	98,33	6

Tab. A.41 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und „Schluckbeschwerden“ in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

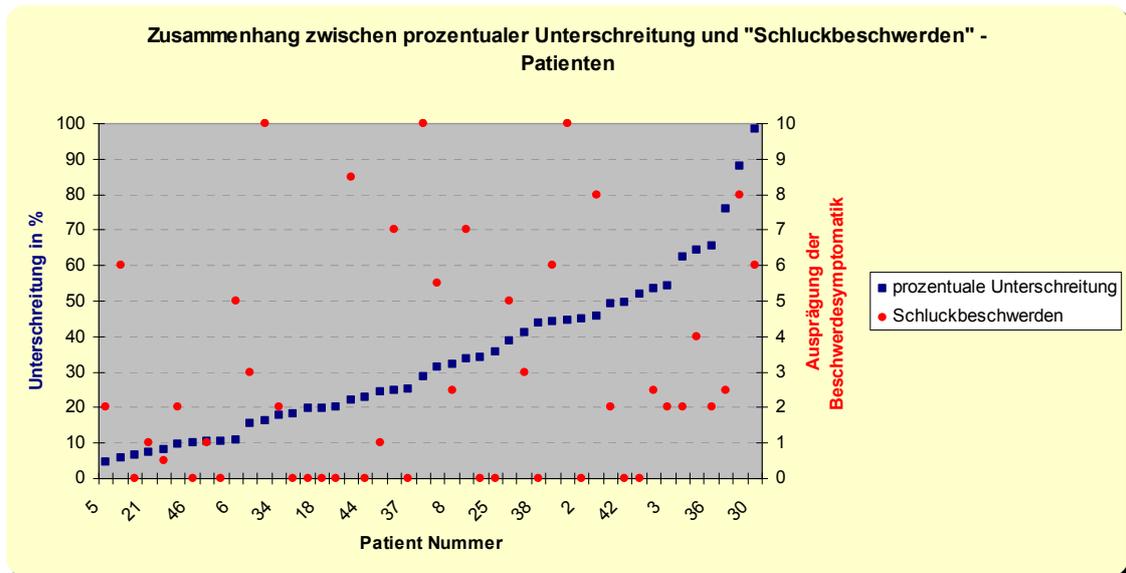


Abb. A.22 – Zusammenhang zwischen prozentualer Unterschreitung und „Schluckbeschwerden“ in der Patientengruppe

Ergänzung zu Kapitel 4.4.7 (Zusammenhänge zwischen Irregularität bzw. Rauschen und subjektiven Beschwerden – Patientengruppe)

Zusammenhang zwischen Irregularität und subjektiven Beschwerden – Patientengruppe				
Parameter	Zeitpunkt			Korrelation⁴
	1. Erfassung (vor Belastung)	2. Erfassung (nach Belastung)	3. Erfassung (nach Erholung)	
Irregularität	2,80	2,74	2,81	-0,884
Brennen	2,05	3,48	2,46	
Irregularität	2,80	2,74	2,81	-0,994
Trockenheit	4,17	5,76	3,42	
Irregularität	2,80	2,74	2,81	0,075
Hustenreiz	2,99	2,39	2,20	
Irregularität	2,80	2,74	2,81	-0,056
Verschleimung	3,98	3,21	2,76	
Irregularität	2,80	2,74	2,81	-0,917
Schluck- beschwerden	1,78	2,98	2,03	

Tab. A.42 – Zusammenhang zwischen Irregularität und subjektiven Beschwerden in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

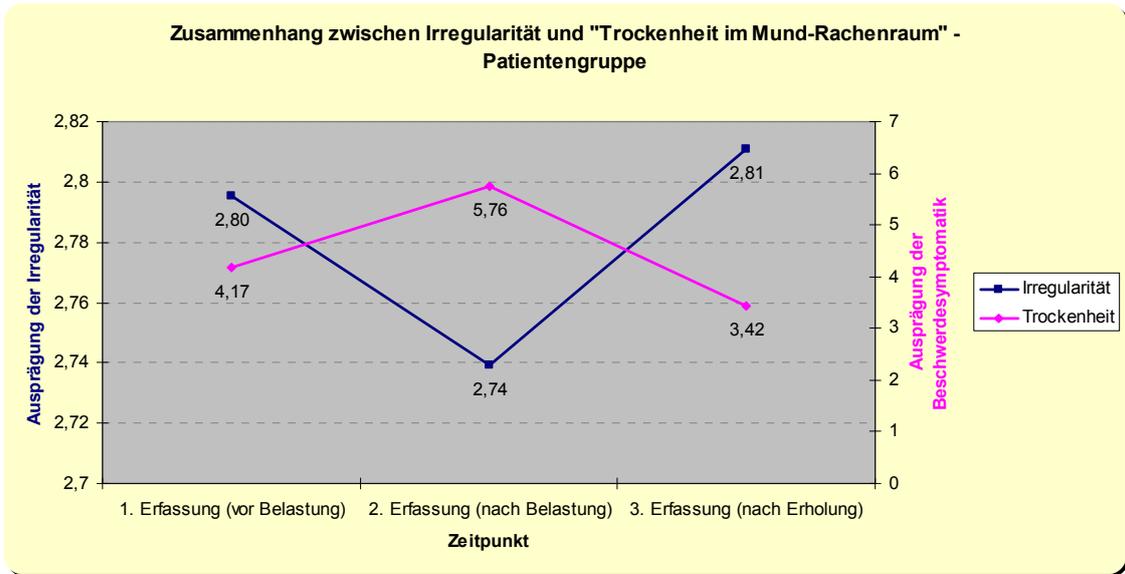


Abb. A.23 – Zusammenhang zwischen Irregularität und „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ in der Patientengruppe

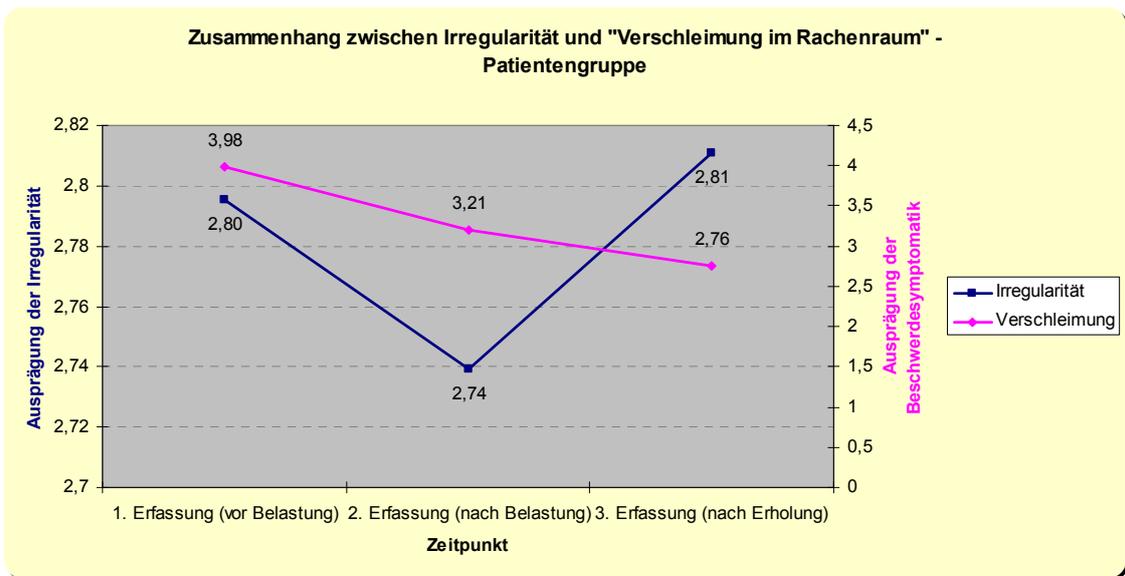


Abb. A.24 – Zusammenhang zwischen Irregularität und „Verschleimung im Rachenraum“ in der Patientengruppe

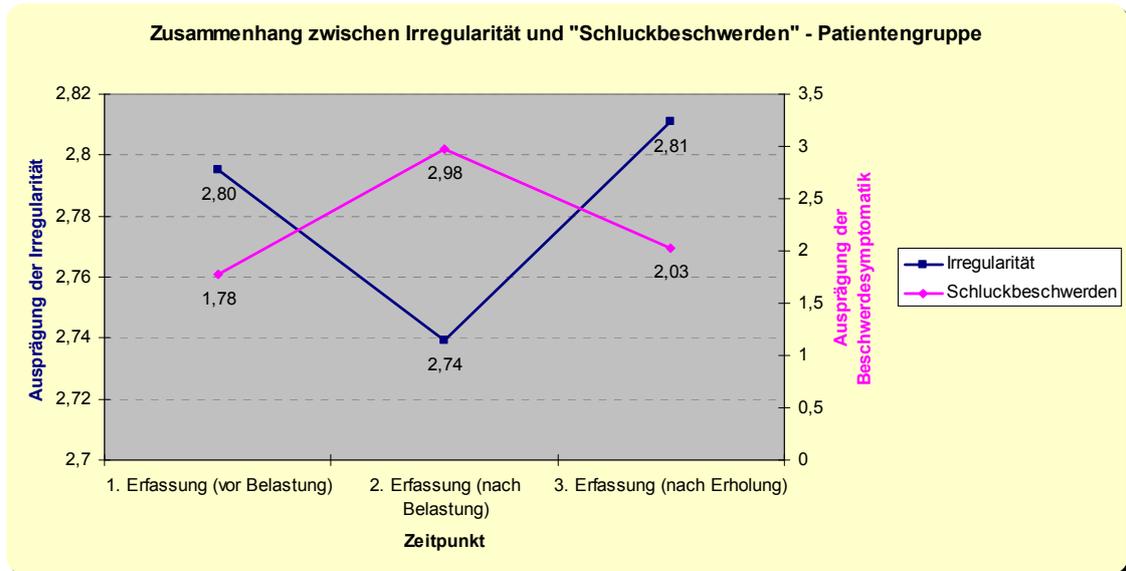


Abb. A.25 – Zusammenhang zwischen Irregularität und „Schluckbeschwerden“ in der Patientengruppe

Zusammenhang zwischen Rauschen und subjektiven Beschwerden – Patientengruppe				
Parameter	Zeitpunkt			Korrelation ⁴
	1. Erfassung (vor Belastung)	2. Erfassung (nach Belastung)	3. Erfassung (nach Erholung)	
Rauschen	1,59	1,33	1,41	-0,899
Brennen	2,05	3,48	2,46	
Rauschen	1,59	1,33	1,41	
Trockenheit	4,17	5,76	3,42	-0,497
Rauschen	1,59	1,33	1,41	0,850
Hustenreiz	2,99	2,39	2,20	
Rauschen	1,59	1,33	1,41	0,774
Verschleimung	3,98	3,21	2,76	
Rauschen	1,59	1,33	1,41	-0,862
Schluck-Beschwerden	1,78	2,98	2,03	

Tab. A.43 – Zusammenhang zwischen Rauschen und subjektiven Beschwerden in der Patientengruppe

⁴Wert der Korrelation nach Spearman

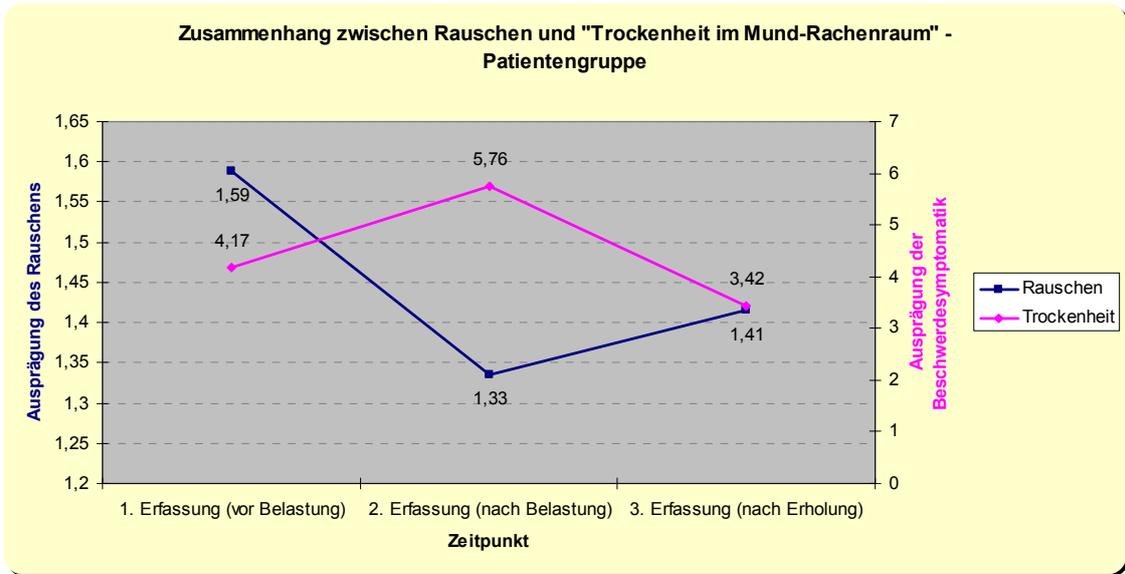


Abb. A.26 – Zusammenhang zwischen Rauschen und „Trockenheit im Mund-Rachenraum“ in der Patientengruppe

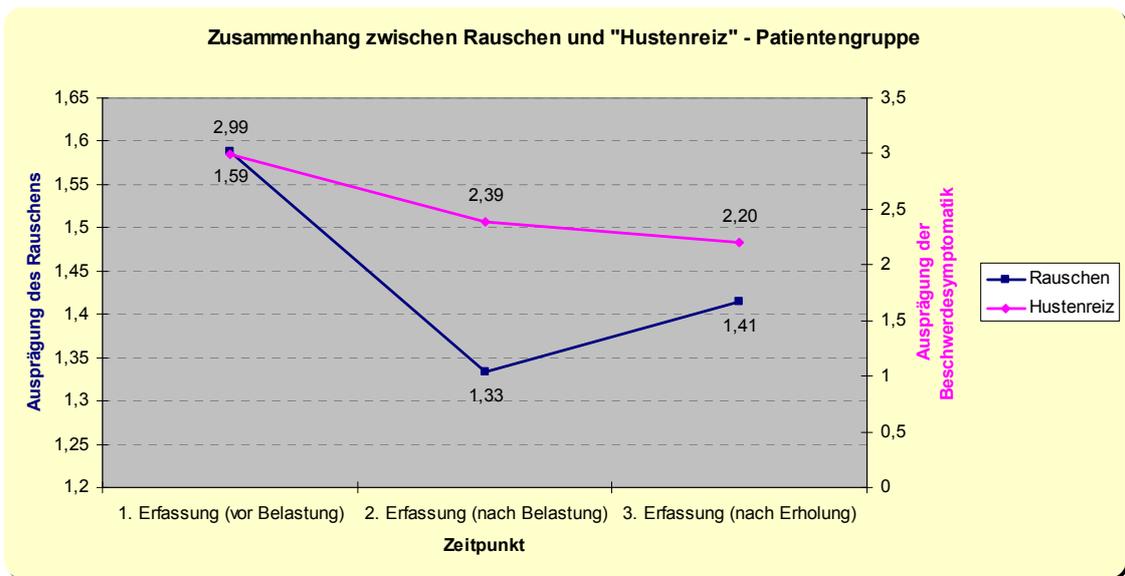


Abb. A.27 – Zusammenhang zwischen Rauschen und „Hustenreiz“ in der Patientengruppe

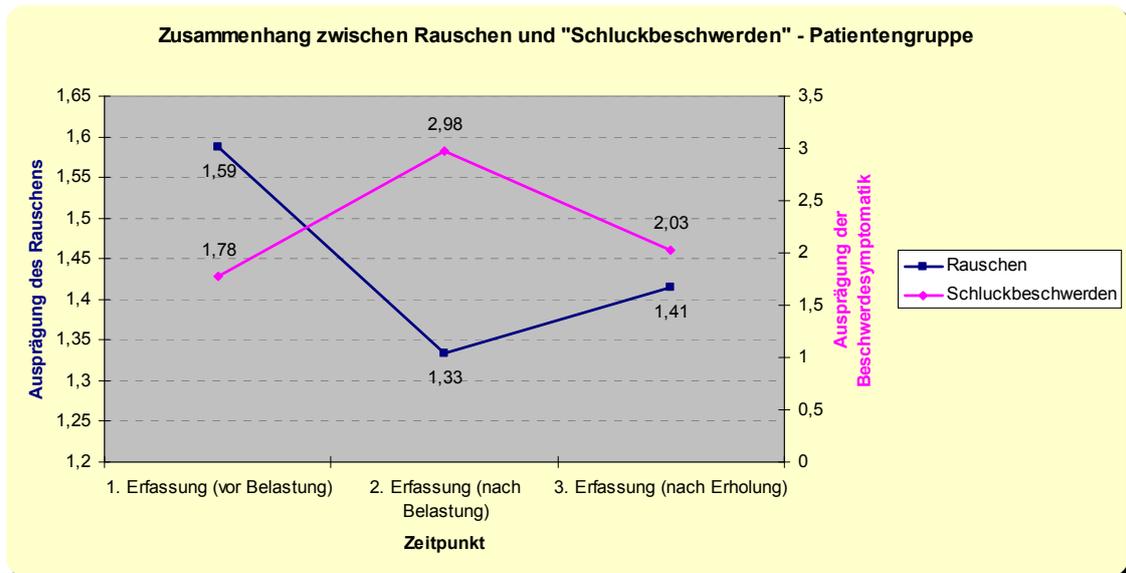


Abb. A.28 – Zusammenhang zwischen Rauschen und „Schluckbeschwerden“ in der Patientengruppe

9.3 Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren die Damen/Herrn in Marburg:

Adamkiewics, Aumüller, Austermann,
Cetin,
Dalchow, Daut, Dibbets,
Feuser, Flores-de-Jacoby, Folz,
Gente, Gudermann,
Hasilik, Hellinger, Hochban, Höffgen, Hühnermann,
Kern, Koolman, Kulmann,
Lammel, Lang, Lehmann, Lotzmann,
Mandrek, Mengel, Mittag,
Neumüller,
Pieper,
Radsak, Ramaswamy, Röhm,
Seitz, Stachniss, Steininger, Stelzel, Stiletto, Stoll, Studer,
Umstadt,
Voigt,
Wagner, Weihe, Wenz, Werner, Wilhelm

9.4 Danksagung

Es gibt eine Vielzahl von Personen, ohne deren Zutun die Durchführung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Hiermit möchte ich mich bei allen direkt und indirekt Beteiligten ganz herzlich bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. med. Roswitha Berger für die Überlassung des Dissertationsthemas sowie für die stets freundliche und hilfreiche Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit. Darüber hinaus danke ich ihr für die vielen Anregungen und Vorschläge, die sich von der Vorbereitung über die Durchführung bis zur Auswertung erstreckten. Ich danke ihr weiterhin dafür, dass sie es schaffte, zahlreiche Patienten für die Durchführung unserer Studie zu gewinnen.

Besonderer Dank gilt ebenso Herrn Dr. med. Holger Hanschmann, der mir mit wertvollen Ratschlägen die Durchführung des praktischen Teils der Arbeit und die Literaturrecherche erleichterte. Weiterhin stand er mir in allen Phasen der Dissertation als geduldiger und kompetenter Ansprechpartner zur Seite. Darüber hinaus danke ich ihm dafür, dass er einige Probandinnen und Probanden von der Teilnahme an unserer Studie überzeugen konnte.

Bedanken möchte ich mich außerdem bei allen Mitarbeitern der Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie des Universitätsklinikums Gießen und Marburg GmbH, Standort Marburg, für die tatkräftige Unterstützung sowie die schnelle und fachkundige Hilfe bei allen Anliegen.

Insbesondere danke ich Herrn Dipl.-Ing. Jochen Müller-Mazzotta für die technische Unterstützung und die Hilfe bei der Erstellung der Datenbank.

Ein großer Dank gilt natürlich auch allen Versuchspersonen, die sich zur Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Studie bereit erklärten und damit deren Durchführung erst ermöglichten.

Ich danke meiner gesamten Familie, die immer für mich da ist und die jederzeit ein offenes Ohr für mich hat. In ganz besonderem Maße danke ich meinen Eltern, denen diese Arbeit gewidmet ist. Ich danke ihnen für die Unterstützung und Motivation während des Studiums und während der Fertigstellung dieser Arbeit.

Bedanken möchte ich mich ebenfalls bei Stephanie Koch für ihre Geduld, ihre aufmunternden Worte sowie für ihre fachlichen Kritiken und Verbesserungsvorschläge.