

Aus dem Zentrum für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde der Philipps-Universität Marburg
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. J.A. Werner
Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie
Direktorin: Prof. Dr. med. R. Berger

Subjektive und objektive Stimmuntersuchungen zur Erfassung der Stimmbefunde bei Pädagogikstudenten

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von
Schahnaz Ettehad
aus Uelzen
Marburg 2004

Angenommen vom Fachbereich Medizin am 23. September 2004
Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs
Dekan: Prof. Dr. med. Maisch
Referent: Prof. Dr. med. Berger
Korreferent: Prof. Dr. med. Kießling

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung

1.1. Einleitung	1
1.2. Geschichtlicher Überblick	2
1.3. Physiologie der Stimme	3
1.3.1. Funktion der Atmung	3
1.3.2. Funktion des Kehlkopfes	5
1.3.3. Funktion des Ansatzrohres	6
1.3.4. Stimmerzeugungstheorien	7
1.4. Stimmstörungen	8
1.4.1. Funktionelle Dysphonien	9
1.4.2. Sekundär organische Dysphonien	9
1.4.3. Stimmstörungen in stimmintensiven Berufen	10
1.5. Phoniatische Diagnostik	11
1.5.1. Untersuchungsmethoden des Kehlkopfes	12
1.5.2. Untersuchung der Stimme	13
1.5.2.1. Auditive Beurteilung	13
1.5.2.2. Technische Verfahren	15
1.5.2.2.1. Computergestützte Stimmanalyse	15
1.5.2.2.2. Andere technische Verfahren	18

2. Material und Methoden

2.1. Versuchspersonen	19
2.2. Versuchsdurchführung	19
2.2.1. Anamneseerhebung	19
2.2.2. Auditive Beurteilung der Stimme	20
2.2.3. Stroboskopie	21
2.2.4. Stimmanalyse	22
2.2.4.1. Versuchsaufbau	22
2.2.4.2. Durchführung	24
2.3. Statistische Auswertung der Ergebnisse	25

3. Ergebnisse

3.1. Ergebnisse der Untersuchungen	26
3.1.1. Anamnestische Daten.....	26
3.1.2. Auditiv Beurteilung.....	27
3.1.3. Stroboskopie.....	28
3.1.4. Computergestützte Stimmanalyse.....	28
3.2. Ergebnisse im Vergleich	33
3.2.1. Anamnestische Daten.....	33
3.2.2. Auditiv Beurteilung.....	34
3.2.3. Computergestützte Stimmanalyse.....	35
3.2.4. Anamnestische Daten / auditiv Beurteilung.....	36
3.2.5. Anamnestische Daten / Stroboskopie	38
3.2.6. Anamnestische Daten / computergestützte Stimmanalyse.....	38
3.2.7. Auditiv Beurteilung / Stroboskopie.....	40
3.2.8. Auditiv Beurteilung / computergestützte Stimmanalyse.....	40
3.3. Reproduzierbarkeit der Ergebnisse	45

4. Diskussion

4.1. Anamnestische Daten	47
4.2. Auditiv Beurteilung.....	47
4.3. Stroboskopie.....	48
4.4. Computergestützte Stimmanalyse	49
4.4.1. Grundfrequenz	49
4.4.2. Jitter.....	50
4.4.3. Shimmer	50
4.4.4. NHR	51
4.5. Reproduzierbarkeit der Stimmanalyse	51
4.6. Ausblick	52

5. Zusammenfassung

55

6. Literaturverzeichnis

57

1. Einführung

1.1. Einleitung

Erkrankungen der menschlichen Stimme sind in den letzten Jahren verstärkt zu einem gesellschaftlichen Problem geworden. Ungefähr ein Drittel der Arbeitskräfte in den modernen Gesellschaften sind in solchen Berufen tätig, in denen die Stimme als das wichtigste Arbeitsinstrument gilt [132]. Die erfolgreiche Ausübung dieser Berufe hängt somit auch von der stimmlichen Leistungsfähigkeit ab. Das trifft vor allem für die stimmintensiven Berufe zu. Schul- und Kindergartenlehrerinnen und -lehrer betrachtet man als die Repräsentanten der Berufe mit starker Beanspruchung der Stimme. Klinische Daten der Vergangenheit haben gezeigt, dass Angehörige der Sprechberufe in der Statistik der Stimmkliniken die führende Position einnehmen [40, 124]. Darunter macht die Gruppe der Lehrer den größten Anteil von Erkrankungen mit Stimmstörungen aus [128, 131].

Bereits 1930 untersuchte Neumann [86] 1000 Lehrer und ermittelte 57,6% auffälliger Stimmbefunde. Auch die in den darauf folgenden Jahren erhobenen Untersuchungen an großen Probandenzahlen ergaben, dass fast 50% der Lehrer über Stimmprobleme klagen [106, 117] und Stimmstörungen bereits bei über 20% der Lehrerstudenten [113, 115] zu finden sind.

Krankhafte Stimmveränderungen führen zu einer Beeinträchtigung des Stimmklanges z.B. in Form einer Heiserkeit und zur Einschränkung der stimmlichen Leistungsfähigkeit. Dadurch können Stimmerkrankungen schwerwiegende Folgen für die Berufsausübung, besonders in den stimmintensiven Berufen haben [3, 13]. Aktuelle Studien haben gezeigt, dass 5% der Lehrer an so schwerwiegenden Stimmstörungen leiden, dass ihre weitere berufliche Tätigkeit fraglich ist [132]. Pathologische Stimmbefunde sollten daher früh diagnostiziert und behandelt werden, möglichst bevor es zu der Aufnahme eines sprechintensiven Berufes kommt.

In der vorliegenden Arbeit erfolgte eine Untersuchung der Stimmbefunde bei Pädagogikstudenten mittels subjektiver und objektiver Methoden, um die gegenwärtige Situation bei angehenden Lehrern zu ermitteln und zu prüfen, in

wieweit die objektiven Befunde reproduzierbare Ergebnisse zeigen und ob sich Zusammenhänge mit subjektiven Parametern ableiten lassen können.

1.2. Geschichtlicher Überblick

Seit Galen, also dem zweiten Jahrhundert nach Christi Geburt, wusste man, dass für die Stimmbildung die intakte Innervation der Kehlkopfmuskeln erforderlich ist und dass die Stimmbänder wesentlich an der Tonbildung beteiligt sind [32]. Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts herrschte jedoch auf dem Gebiet der Stimm- und Sprachheilkunde „ein dunkler, mittelalterlicher Betrieb von reisenden Wanderlehrern und Wundermännern, die ihr System geheim hielten“ [34]. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erwachte dann das Interesse an der Funktion der Organe, die für die Bildung der Stimme und Sprachlaute maßgeblich sind. Der Berliner Physiologe Johannes Müller führte 1837 grundlegende Versuche an exzidierten menschlichen Kehlköpfen durch und leistete damit wichtige Beiträge zu dem wissenschaftlichen Fundament der Stimm- und Sprachheilkunde.

Durch die Einführung des Kehlkopfspiegels eröffneten sich neue Möglichkeiten für eine genauere Beurteilung der an der Stimmbildung wesentlich beteiligten Strukturen des Kehlkopfes. Der englische Arzt Liston [75] setzte einen einfachen Zahnarztspiegel bereits 1837 zur Untersuchung von Patienten ein. 1854 wurde der Kehlkopfspiegel von dem spanischen Gesangslehrer Manuel Garcia [41] zur Beobachtung der eigenen Stimmlippen während des Singens benutzt. Der Wiener Nervenarzt Türck [127] führte 1857/58 erste systematische klinische Untersuchungen mit dem Kehlkopfspiegel durch, und der Physiologe Czermak (Prag), der um die gleiche Zeit diese Methode propagierte, setzte als erster eine künstliche Lichtquelle statt des bis dahin genutzten Sonnenlichtes ein [21].

Einen weiteren Beitrag zur Formierung der Phoniatrie als Wissenschaftsgebiet lieferte der Berliner Taubstummenlehrer Albert Gutzmann mit seinem Werk „Das Stottern und seine gründliche Beseitigung durch ein methodisch geordnetes und praktisch erprobtes Verfahren“ (1879). Zusammen mit seinem Sohn Hermann Gutzmann veranstaltete er später Kurse über Sprachstörungen für Ärzte und Lehrer. Die Etablierung der Phoniatrie in Deutschland als eine neue Lehrdisziplin kann mit dem Jahr 1905 angesetzt werden, in dem sich Hermann Gutzmann mit

der Arbeit „Die Atembewegung in ihrer Beziehung zu den Sprachstörungen“ habilitierte. Zumsteeg erklärte Hermann Gutzmann 1923 in seinem Nekrolog zu dem Begründer und Vater der Stimmheilkunde und dem Schöpfer der modernen Phoniatrie. Diese Bezeichnung für das medizinische Spezialgebiet war von den Gutzmann-Schülern Stern und Seeman 1920 eingeführt worden [135].

1.3. Physiologie der Stimme und Stimmerzeugung

Die sprachliche Kommunikation als äußerst effiziente und schnelle Informationsübertragung von Mensch zu Mensch ist ein hochkomplexes Phänomen, dessen genaue Funktionsweise in vielen Aspekten noch nicht vollständig verstanden ist.

Da die meisten bei der Sprachproduktion beteiligten Vorgänge unbewusst ablaufen, ist man sich der besonderen Bedeutung des akustischen Kommunikationskanals zumeist nicht bewusst. Erst wenn Störungen in der sprachlichen Kommunikation entstehen, tritt diese Bedeutung für die soziale Integration und persönliche Entwicklung des Individuums hervor. Der Stimm- und Sprechapparat muss in seiner normalen und gestörten Funktion als Einheit aus peripheren Stimmorganen und zentralnervöser Steuerung verstanden werden [39].

Unsere stimmhafte Lautproduktion kann in drei Teilprozesse zerlegt werden: die Phonationsatmung, die Klangerzeugung im Kehlkopf und die Klangformung im Ansatzrohr. Allgemein sind Singen und Sprechen nur möglich, wenn zwischen allen drei Bereichen eine äußerst genaue Abstimmung in Intensität und Zeitablauf besteht.

1.3.1. Funktion der Atmung

Die Bedeutung der Atmung als basale Funktion für eine gesunde Stimmgebung ist beträchtlich, und eine gute Stimmfunktion ist ohne richtige Atemfunktion nicht möglich [31, 68, 94].

Primäre Aufgabe der Respiration ist der für den Stoffwechsel nötige Gasaustausch, sekundär wird der Ausatemstrom zur Stimmproduktion genutzt. Die Aufgaben der Sprechatmung bestehen in der Bereitstellung des erforderlichen

Luftstromes durch eine vertiefte Einatmung, Ausnutzung des expiratorischen Reservevolumens durch eine vertiefte Ausatmung sowie im Aufbau und der Aufrechterhaltung eines geeigneten subglottischen Anblasedrucks.

Durch das Zwerchfell und die Brustkorbmuskulatur wird die in der Lunge gespeicherte Luft unter Druck gesetzt, so dass eine Luftströmung durch die Trachea, den Kehlkopf und den Nasen- und Rachentrakt entsteht. Bei der normalen Atmung kann dieser Luftstrom die weitgestellte Glottis ungehindert durchströmen. Bei der Phonationsatmung hingegen wird dieser Luftstrom im Kehlkopf durch eine Adduktion der Stimmlippen unterbrochen, wodurch dort eine periodische Schwingung erzeugt wird. Sobald dem expiratorischen Luftstrom durch den Stimmlippenschluss ein Strömungshindernis entgegengesetzt wird, lässt sich ein subglottischer Luftdruck aufbauen. Je nach Lungenvolumen kann der subglottische Druck bis zu 3000 Pa betragen [112]. Der minimale subglottische Anblasedruck, der eben gerade im Stande ist, die Stimmlippen zum Schwingen zu bringen, liegt bei ca. 200 Pa [10, 28].

Die Phonationsatmung ist durch eine für die lautsprachliche Kommunikation erforderliche starke Verlängerung der Ausatemungsphase gegenüber der Einatemungsphase charakterisiert. Die Verlängerung der Ausatemungsphase wird durch eine vertiefte Inspiration, durch eine bewusste aktive Abschwächung und Führung des Ausatemstromes und bei fortlaufendem Sprechen durch eine Expiration bis unter die Atemruhelage ermöglicht (s. Abb. 1.3.1).

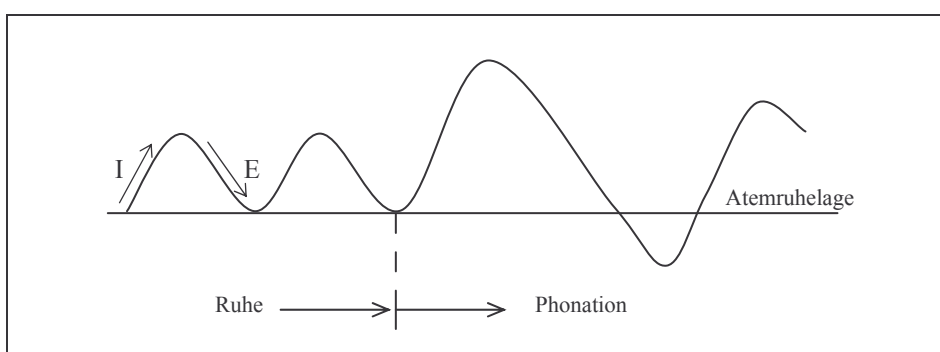


Abb. 1.3.1: Ruhe- und Stimmatmung. I: Inspiration, E: Expiration (nach Friedrich)

Außerdem kommt es –im Vergleich zur Ruheatmung– zu einer geringen Erhöhung des Atemzugvolumens. Das zeitliche Verhältnis der entgegengesetzten Atemphasen variiert in Abhängigkeit von den stimmlichen Anforderungen.

Besteht die physiologische Ruheatmung aus einer Mischung aus thorakaler ($\frac{1}{3}$) und abdominaler ($\frac{2}{3}$) Atmung bei einer um den Faktor 1,1 – 1,2 gegenüber der Inspiration verlängerten Expiration, so wird die Ausatemzeit beim Sprechen etwa auf den 6 – 7fachen und beim Singen in Extremfällen sogar bis auf den 50fachen Wert der Einatemzeit verlängert [38].

Für das Sprechen und Singen gilt die kombinierte kostoabdominale Atmung als funktionell richtig und erstrebenswert, weil sie in ökonomischer Weise die notwendigen Atemvolumina bereitstellt und den Atemdruck an die Kehlkopfspannung differenziert anpassen kann. Gleichzeitig wird mit diesem Atemtyp die tiefste Inspiration erreicht. Überwiegend thorakale Sing- und Sprechatmung (Hochatmung) wird als unphysiologisch und ineffektiv angesehen [112].

Für die Phoniatrie ist die Größe der Lungenvolumina von untergeordneter Bedeutung, da keine direkten Beziehungen zu Qualität und Quantität stimmlicher Leistungen bestehen.

1.3.2. Funktion des Kehlkopfes

Die Primärfunktion des Kehlkopfes ist die Sicherung der unteren Luftwege vor Fremdkörpern. Als Sekundärfunktion dient die Glottis der Stimmerzeugung. Die Stimmlippen bestehen aus Stimmband, Vokalmuskel, Bindegewebe, Nerven, Gefäßen und verschieblicher, umhüllender Schleimhaut, wobei der typische Schichtaufbau der menschlichen Stimmlippe von großer funktioneller Bedeutung ist [37, 50].

Die physikalische Grundlage der Schallerzeugung ist eine oszillierende Bewegung der Stimmlippen. Die schwingenden Stimmlippen bewegen sich nicht allein in der Horizontalebene, sondern zugleich in vertikaler Richtung. Zusätzlich zu dieser Grundbewegung und –weitgehend unabhängig von ihr– erfolgt eine Eigenbewegung der Schleimhaut, die gegenüber Muskelkörper und Stimmband verschieblich ist [111]. Dieses als Randkantenverschiebung bezeichnete Phänomen wird nur im stroboskopischen Bild sichtbar und setzt eine lockere Bindegewebsverbindung zum Muskel voraus. Dabei rollt die Schleimhaut ellipsenförmig ab und zeigt in bestimmten Schwingungsphasen auch

entgegengesetzte Bewegungstendenzen. Während kraniale Anteile in der Öffnungsphase noch nicht vollständig auf der Stimmlippenoberfläche nach lateral verstrichen sind, beginnt subglottisch schon eine Medialverlagerung, die die Schlussphase einleitet. Der normale Ablauf der Stimmlippenschwingung ist charakterisiert durch regelmäßige, seitengleiche, symmetrische Bewegungen von mittlerer Amplitude, deutlicher Schleimhautverschieblichkeit und vollständiger Glottisschlussphase. Der Schwingungsablauf ändert sich bei Variation der Tonhöhe: Mit zunehmender Tonhöhe nehmen die Amplituden und die Randkantenverschiebung aufgrund des Spannungszustandes der Stimmlippen ab [7]. Mit wachsender Stimmintensität werden die Amplituden weiter, und die Randkantenverschiebung prägt sich deutlicher aus.

Die Änderungen der Stimmlippenspannungen sind für die Tonhöhenvariationen der menschlichen Stimme verantwortlich. Als Spannaparat des Kehlkopfes wirkt sowohl das knorpelige Kehlkopferüst (Schild- und Ringknorpel), als auch das Zusammenspiel der inneren und äußeren Kehlkopfmuskulatur.

1.3.3. Funktion des Ansatzrohres

Mit Ansatzräumen bezeichnet man alle lufthaltigen Räume oberhalb der Glottis, die der Klang- und Lautbildung dienen und als Resonanzraum wirken. Das Ansatzrohr stellt einen schwingungsfähigen Hohlkörper mit mehreren Eigenfrequenzen dar, der durch Änderung der geometrischen Form durch zahlreiche willkürliche Muskeln vielfältig umgestaltet werden kann. Physikalisch resultiert dadurch eine verstellbare Resonanz.

Der primäre Kehlkopfklang wird im formvariablen Ansatzrohr modifiziert und durch Resonanz- und Auslöschungsvorgänge in den hörbaren Stimmklang umgewandelt. Durchläuft die periodische Schwingung des primären Kehlkopfklanges ungehindert, d.h. ohne Geräuschbildung, dieses Ansatzrohr, so entstehen Öffnungslaute oder Vokale. In Abhängigkeit von den Artikulationsbewegungen wird die Konfiguration des Ansatzrohres verändert und damit die Resonanzfrequenz verschoben. Dadurch entstehen vokalspezifische Teiltonmaxima, die als Formanten bezeichnet werden.

Konsonanten hingegen entstehen, indem an verschiedenen Orten des Ansatzrohres (Gaumen oder Rachen) Verengungen gebildet werden. An diesen so genannten Hemmstellen werden Luftturbulenzen und damit Geräusche erzeugt.

1.3.4. Stimmerzeugungstheorien

Die ersten Stimmerzeugungstheorien von Müller (1848) wurden durch Tonndorf [125] ergänzt und weiter differenziert. Nach der klassischen, heute noch gültigen myoelastisch-aerodynamischen Theorie der Phonation [29, 129] werden die Stimmlippenschwingungen durch das Anblasen der Stimmlippen in der Phonationsstellung mittels der Atemluft hervorgerufen. Während bei der Ruheatmung die Luftströmung durch die weitgestellte Glottis nicht unterbrochen wird, werden bei der Phonationsatmung die Stimmlippen durch aktive Bewegung der inneren Kehlkopfmuskulatur adduziert. Tonndorf erkannte, dass die Stimmlippen beim Phonationsvorgang den Bernoulli-Strömungsgesetzen folgen. Das von dem Schweizer Mathematiker und Physiker Bernoulli im 18. Jh. entdeckte physikalische Gesetz besagt, dass wenn Gase oder Flüssigkeiten durch eine Enge strömen, ihre Geschwindigkeit steigt, wobei gleichzeitig an der Verengung ein Druckabfall statt findet. Diesen Gesetzmäßigkeiten folgend, wird an dem durch die adduzierten Stimmbänder gebildeten Engpass im Expirationstrakt die Strömungsgeschwindigkeit der ausgeatmeten Luft erheblich höher als in der darunter liegenden Trachea oder in dem darüber liegenden Pharynx- und Mundraum. Zusätzlich nimmt der Druck im strömenden Atemgas am Ort der größten Geschwindigkeit, d.h. in der Glottisebene ab. Aufgrund dieses Druckabfalls nähern sich die Stimmlippen weiter einander an, damit wird der Glottisspalt noch enger, so dass die Strömungsgeschwindigkeit weiter ansteigt. Dieser Prozess führt schließlich dazu, dass sich die Stimmlippen ganz schließen und der Luftstrom plötzlich unterbrochen wird. Durch den steigenden subglottalen Druck werden die geschlossenen (aneinanderliegenden) Stimmlippen wieder auseinandergespreizt und ein neuer Phonationszyklus eingeleitet. Dieser Vorgang wiederholt sich in schnellem, regelmäßigem Hin- und Herschwingen und führt zu periodischen Verdichtungen und Verdünnungen der durch die Glottis strömenden Luftsäule. Dies entspricht physikalisch einer Schallwelle. Die Dauer eines solchen Phonationszyklus ist sehr kurz, und die phoniatrischen Stimmlippenbewegungen

sind wegen der Schnelle ihrer Schwingungen –im Gegensatz zu den respiratorischen Bewegungen– mit dem freiem Auge nicht sichtbar und nur mit Hilfe einer Schnellbildkamera zu beobachten.

Der Phonationsvorgang ist somit ein myoelastischer-aerodynamischer Prozeß, d.h. die Stimmlippen werden durch den subglottalen Druck, die Muskelkontraktion und den Bernoulli-Effekt in Schwingung gesetzt und nicht allein durch einzelne Nervenimpulse und muskuläre Aktionen wie es Husson [52] in seiner neurochronaxischen, zerebralen Theorie der Stimmerzeugung formulierte.

Die Stimme kann durch verschiedene Faktoren variiert werden. Die Schwingungsfrequenz ist von der Masse und Länge sowie von Dehnungs- und Spannungszustand der Stimmlippen abhängig. Ein anderer, die Schwingungsfrequenz bestimmender Faktor ist der subglottale Druck. Seine Stärke wirkt sich auf die Frequenz und die Intensität der Stimme aus: Bei hohem subglottalem Druck bleiben die Stimmlippen für 30-50% des Zyklus offen, bei niedrigem subglottalem Druck erreichen diese Werte 50-70% eines Zyklus. Eine höhere Lautstärke erfordert einen höheren, mittleren subglottischen Druck [42].

Beim Aufwärtssingen wird die Stimmlippe verlängert; der erhöhte Spannungszustand und die verminderte Masse des mitschwingenden Muskelanteils bewirken die gewünschte Frequenzerhöhung. Die Tonuserhöhung macht aber auch eine Erhöhung des subglottischen Anblasedrucks notwendig und führt damit ohne weitere, bewusste Korrektur der Einstellung zu einer Erhöhung der Lautstärke. Allgemein können hohe Töne nicht in gleicher Weise leise phoniert werden wie tiefe. Eine Anhebung der Lautstärke bewirkt bei ungeübten Stimmen auch eine Tonhöhenanhebung.

1.4. Stimmstörungen

Dysphonie ist der Überbegriff für alle Arten von Stimmstörungen. Typische Beschwerden bei Dysphonie sind Heiserkeit, geminderte stimmliche Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit sowie subjektive Missempfindungen. Die aufgeführten Symptome treten häufig zusammen auf, können aber auch als Einzelsymptome das Krankheitsbild bestimmen [136].

Stimmstörungen stellen selten ein isoliertes Problem des Kehlkopfes oder des peripheren Stimmapparates dar; d.h. organische, psychologische und soziale Faktoren sind immer gemeinsam –wenn auch in unterschiedlicher Gewichtung– an der Entstehung und Aufrechterhaltung einer Dysphonie beteiligt.

1.4.1. Funktionelle Dysphonien

Darunter fallen alle Erkrankungen der Stimme, bei denen die Stimmlippen, inspektorisch, auch lupenlaryngoskopisch oder bei der Oberflächenbetrachtung im Mikroskop keine primären organischen Veränderungen aufweisen, akustisch aber dennoch eine Störung des Stimmklanges besteht. So kann die funktionelle Dysphonie z.B. mit einer rezidivierend auftretenden Heiserkeit einhergehen [43]. Den funktionellen Stimmstörungen liegen allgemeine, insbesondere aber auch im Bereich der Stimmlippen gelegene Spannungsveränderungen, also Dystonien, zugrunde. Ursächlich wird ein multifaktorielles Geschehen angenommen [77, 139], wobei vor allem konstitutionelle, habituelle, ponogene und psychische Faktoren eine wichtige Rolle spielen [44, 134, 136]. Ponogene Faktoren sind im Speziellen Grundlage für die Berufsstimmstörung (Berufsdysphonie), bei der ein Missverhältnis zwischen der geforderten und der realisierbaren Stimmleistung vorliegt. Aufgrund der engen Wechselbeziehungen zwischen Persönlichkeit und Stimme nehmen auch psychische Belastungen und Fehlsteuerungen einen essentiellen Stellenwert in der Genese von funktionellen Stimmstörungen ein [36].

1.4.2. Sekundär organische Dysphonien

Bei starker, anhaltender Fehlfunktion der Stimme können sekundär organische Veränderungen am Kehlkopf auftreten [139]. Dadurch kommt es zur Behinderung der symmetrischen Stimmlippenschwingungen und des vollständigen Glottisschlusses. Es resultiert eine konstante Heiserkeit mit rauhen und behauchten Qualitäten sowie eine geminderte Belastbarkeit der Stimme mit anfänglicher Erholungstendenz.

Eine intensive akute Stimmbelastung führt auch beim Stimmgesunden zu einer vermehrten Durchblutung und damit Rötung der Stimmlippenschleimhaut. Diese Stimmlippenhyperämie ist nach stimmlichen Anstrengungen normal und bildet

sich in der Regel wieder zurück. Bei anhaltender Stimmüberlastung kommt es zu einer umschriebenen Schleimhautschwellung an der Stelle der stärksten mechanischen Beanspruchung, d.h. an der Grenze zwischen vorderem und mittlerem Glottisdrittel. Eine solche, noch vollständig rückbildungsfähige Schwellung kann sich bei Fortbestand der Schädigung zu Stimmlippenknötchen entwickeln. In anderen Fällen kann die Schwellung an Größe zunehmen und als Reinke-Ödem die gesamte Stimmlippe einnehmen oder sich –mehr umschrieben– zu einem Polypen entwickeln. Besonders beim Reinke-Ödem bildet die durch starkes Rauchen bedingte Schleimhautirritation einen wesentlichen Faktor.

1.4.3. Stimmstörungen in stimmintensiven Berufen / Berufsdysphonie

Die berufsbedingten Stimmschäden bei Menschen, die ihre Stimme ganz vornehmlich zur Erfüllung ihrer beruflichen Aufgaben gebrauchen, sind meist funktionelle Stimmstörungen [5, 13, 44].

Es gibt eine Vielzahl von Gründen, warum die Rate der Stimmstörungen bei der Berufsgruppe der Lehrer so hoch ist. Der wichtigste Risikofaktor in stimmintensiven Berufen ist der anhaltende Stimmgebrauch bei zu kurzen Erholungsphasen [90, 132]. Wenn man bedenkt, dass bei einem Erwachsenen eine physiologische Stimmermüdung nach 4-6 stündiger Sprechbelastung eintritt (abhängig vom Lärmpegel der Umgebung und von der Stimmintensität) [39], so ist es durchaus nachvollziehbar, dass die chronische Belastung in Sprechberufen sehr leicht mit Stimmproblemen einhergehen kann. Masuda et al. [78] ermittelten die durchschnittliche Sprechdauer in verschiedenen Berufssparten und kamen zu dem Ergebnis, dass Lehrer eine dreimal so lange Sprechzeit haben wie z.B. Verwaltungsangestellte. Außerdem sprachen die Lehrer die Hälfte der Zeit mit einer hohen Lautstärke. Die Effekte des übermäßigen Stimmgebrauches werden zusätzlich verstärkt durch andere Faktoren wie schlechte Raumakustik [92] und große Sprechdistanzen zu den Schülern [55], geringe Luftfeuchtigkeit [48] sowie häufig vorherrschenden Umgebungslärm [105]. Untersuchungen von Pekkarinen und Viljanen [93] haben ergeben, dass die Geräuschkulisse im Klassenzimmer zwischen 45 und 58 dB schwankt. Während des Sportunterrichtes sind in den Turnhallen sogar Lärmpegel von 80 dB gemessen worden [45]. Dies führt dazu, dass ein Lehrer im Unterricht ständig mit einer Lautstärke von 74 dB

spricht [109]. Besonders schädlich ist das Hinaufschrauben der Stimme bei vermehrter Lautstärke, wenn der Lehrer sich hiermit durchsetzen will [139]. Beim Sprechen im Umgebungslärm kommt es zu einem Anstieg der Grundfrequenz [130]. Rantala und Vilkmán [99] konnten zeigen, dass ständiges Sprechen mit hoher Grundfrequenz mehr Stimmbeschwerden hervorruft und somit auf Dauer stimmschädigend ist. Andere Faktoren wie Stress oder Nichtbeachtung von frühen Symptomen tragen dazu bei, die Problematik zu verschlimmern [22]. Gewöhnlich mangelt es auch an adäquatem Wissen über den gesunden Stimmgebrauch und der Stimmhygiene [115].

Die aus der chronischen Sprechbelastung resultierenden Symptome können zu einer gestörten Stimme und damit zu Kommunikationsstörungen führen, die ihrerseits die Entwicklung von sozialen Beziehungen zu den Schülern verhindern [79]. Stimmstörungen haben deshalb in pädagogischen Berufen besonders große Auswirkungen. Eine geschulte Stimme ist ein wichtiger Faktor, um die Aufmerksamkeit des Hörers zu erreichen, und gleichzeitig ist eine solche Stimme weniger anfällig für Stimmerkrankungen [5].

1.5. Phoniatische Diagnostik

Grundlage jeder Stimmdiagnostik ist die Erhebung einer gründlichen Anamnese [39]. Neben der allgemeinen Hals-Nasen-Ohren-ärztlichen Anamnese sind vor allem bei stimmgestörten Patienten spezielle Gesichtspunkte zu beachten. Von Bedeutung ist beispielsweise, ob sich die vorgebrachten Beschwerden, wie z.B. die Heiserkeit, eventuell auf die Sing- oder Sprechstimme beschränken. Auch ist der zeitliche Verlauf von großem Interesse; so ist bei Symptomkonstanz an eine organische Ursache zu denken, während wechselnde Beschwerden eher auf so genannte funktionelle Störungen hinweisen, die aber bereits zu sekundär organischen Veränderungen geführt haben können. Situationsbezogene Stimmstörungen lassen an ein psychogenes Geschehen denken. Häufig stehen für den Patienten nicht die gestörte Stimme, sondern hierdurch verursachte sekundäre Beschwerden wie Räsperzwang, Missempfindungen oder Trockenheitsgefühl im Vordergrund.

Das ausführliche Gespräch mit dem Stimmgestörten gibt nicht nur wertvolle und unverzichtbare Hinweise auf die Genese seiner Erkrankung, sondern gestattet dem Untersucher auch eine erste, den weiteren Gang der Untersuchung wesentlich mitbestimmende Beurteilung von Stimme, Artikulation und Atmung. Daran schließt sich die phoniatische Untersuchung mit Beurteilung der Atmung, des Aufbaus und der Funktion des Kehlkopfes sowie der Artikulationsorgane an. Für die phoniatische Diagnostik stehen zahlreiche, teilweise einfach durchzuführende, zum Teil aufwendige Verfahren zur Verfügung. Das erfahrene phoniatische Ohr kann viele Diagnosen auch ohne technische Hilfen stellen und Therapieverläufe kontrollieren. Jedoch sind gut dokumentier- und reproduzierbare apparative Untersuchungen unverzichtbar.

1.5.1. Untersuchungsmethoden des Kehlkopfes

Die indirekte Kehlkopfspiegelung ist die wichtigste klinische Untersuchungsmethode des Larynx. Sie erfolgt mit dem Kehlkopfspiegel oder dem Lupenlaryngoskop und gibt Aufschluss über anatomische Gegebenheiten, respiratorische Stimmlippenmotilität und Schleimhautbeschaffenheit. Voraussetzung für eine aussagekräftige Diagnostik ist die Inspektion der Kehlkopfschleimhaut nicht nur in der Phase der Ruheatmung, sondern auch bei unterschiedlichen Phonationsformen [108]. Die lupenendoskopische Laryngoskopie [133] wird inzwischen routinemäßig angewendet. Sie ermöglicht eine genaue Erfassung morphologischer Befunde sowie die einfach durchzuführende Fotodokumentation. Die Anwendung des Lupenlaryngoskops bietet ohne Zweifel Vorteile gegenüber der herkömmlichen Spiegeluntersuchung. Nicht nur sind die Stimmlippen in der Regel bis zur vorderen Kommissur besser einzusehen, sondern es gelingt auch häufiger, ohne Stellungsänderung Einblick auf die laryngeale Epiglottisfläche zu nehmen. Die Anwendung eines Lupenlaryngoskops mit zwei Vergrößerungsbereichen ermöglicht sowohl eine orientierende Übersicht, als auch die sonst nur mit dem Mikroskop mögliche Beurteilung feinsten Veränderungen.

Die direkte Laryngoskopie erfolgt unter Zuhilfenahme eines Endoskopierohres in Narkose und wird sowohl zur Diagnostik als auch für mikrochirurgische Eingriffe im Kehlkopf eingesetzt.

Als wichtigste Untersuchungstechnik in der Stimmdiagnostik zur differenzierten Beurteilung der raschen Schwingungsabläufe der Stimmlippen während der Phonation wird die stimmgrundfrequenz-gesteuerte Stroboskopie eingesetzt. Bereits 1960 wies Schönhärl [111] auf die Leistungsfähigkeit der Stroboskopie hin und lieferte durch umfassende Untersuchungen die Grundlagen für eine breite klinische Anwendung dieses Verfahrens. Durch die Verwendung von Blitzlicht werden die periodisch ablaufenden schnellen Glottischwingungen scheinbar verlangsamt und damit für das Auge erkennbar dargestellt. Dabei wird das stroboskopische Licht durch elektronisch gesteuerte Lichtblitze erzeugt, deren Frequenz über ein Kehlkopf- oder Luftschallmikrophon der Stimmlippenfrequenz automatisch angepasst wird. Auf diese Weise erreicht man, dass die Lichtblitze zu den Stimmlippenschwingungen synchron ablaufen. Bei völliger Übereinstimmung von Stimmlippen- und Blitzfrequenz ergibt sich ein stillstehendes Bild der Stimmlippen in der beleuchteten Schwingungsphase. Dieser Stillstand wird vorgetäuscht, weil die Stimmlippen immer nur dann beleuchtet werden, wenn sie in diese bestimmte Stellung gelangt sind. Divergiert die Blitzfrequenz von der Stimmfrequenz minimal, wird mit jeder neuen Schwingung eine Phase sichtbar, die von der vorher gesehenen nur geringfügig abweicht. Daraus resultiert ein scheinbarer Zeitlupenablauf der Stimmlippenschwingungen (Pseudozeitlupe [7]), der in Wirklichkeit je nach Höhe des gesungenen Tons z.B. aus 100 oder 200 Einzelschwingungen zusammengesetzt ist. Die Stroboskopie ermöglicht demnach eine genaue Beurteilung des phonatorischen Schwingungsablaufes, ist in ihrer Wertigkeit jedoch entscheidend von der Erfahrung und Einschätzung des Untersuchers abhängig [27, 39].

1.5.2. Untersuchung der Stimme

Die Erhebung des Stimmstatus umfasst die subjektive und objektive (apparative) Beurteilung und Dokumentation der Stimme und Stimmleistung.

1.5.2.1. Auditive Beurteilung

In der Praxis hat die auditive Stimmbeurteilung trotz einer Vielzahl von apparativen Untersuchungsmethoden nach wie vor große Bedeutung. Das

geschulte Ohr des Untersuchers ist ein sehr empfindliches und relevantes „Messinstrument“, welches mit großer Sicherheit das Vorliegen krankhafter Veränderungen nach rein auditiven Kriterien diagnostizieren kann. Die kranke Stimme enthält, im Gegensatz zur gesunden Stimme, vor allem einen vermehrten Geräuschanteil. Auch die gesunde Stimme weist zu einem gewissen Grad Störanteile auf. Diese entstehen natürlicher Weise durch die akustische Wechselwirkung zwischen Glottis und Vokaltrakt bzw. durch die Strömungsverhältnisse im Glottisbereich [73]. Ohne diese natürlichen Schwankungen würde die Stimme einer Roboterstimme ähneln [64, 103].

Die auditive Bewertung der Stimme umfasst zunächst die Beurteilung des Stimmeinsatzes. Hiermit bezeichnet man den akustischen Effekt, der sich aus der Stimmlippenstellung zu Beginn der Phonation ergibt. Man unterscheidet drei Arten des Stimmeinsatzes:

Beim gehauchten oder verhauchten Stimmeinsatz fließt die für die Stimmgebung notwendige Luftströmung bereits vor dem Glottisschluss, d.h. während die Stimmlippen von der Respirations- in die Phonationsstellung gebracht werden. Es entsteht ein hörbares /h/-artiges Reibegeräusch. Dieser Stimmeinsatz tritt vor allem bei hypofunktioneller Dysphonie oder Stimmlippenlähmung auf.

Beim weichen Stimmeinsatz liegen die Stimmlippen leicht aneinander; es ist nur ein schmaler elliptischer Spalt vorhanden. Die Phonation beginnt ohne hörbare Geräuschphänomene.

Der Glottisschlageinsatz ist dadurch charakterisiert, dass sich die Stimmlippen zu Phonationsbeginn fest aneinanderlegen. Man unterscheidet eine physiologische Form, bei der nur ein geringer subglottischer Druck erforderlich ist um den Glottisverschluss zu lösen (fester Einsatz, weicher Glottisschlag) und eine pathologische, stimmerschädigende Form, bei der ein starker subglottischer Druck die Stimmlippen plötzlich auseinandersprengt (harter Einsatz, harter Glottisschlag).

Zusätzlich wird in der perzeptiven Stimmbeurteilung der Stimmklang beurteilt. Der Stimmklang ist abhängig von Anzahl und Stärke der im Klangspektrum enthaltenen Obertöne. Diese werden durch den Schwingungsvorgang der Stimmlippen sowie durch Resonanzerscheinungen im Ansatzrohr beeinflusst. Aperiodizitäten der Stimmlippenschwingung führen zu einer rauen oder

knarrenden Stimme, während Luftturbulenzen im Kehlkopf bei mangelhafter oder aufgehobener Schwingungsfähigkeit einer Stimmlippe zur Heiserkeit führen.

Außerdem muss der Stimmlippenschluss vermerkt werden. Bei unvollständigem oder fehlendem Glottisschluss, kann je nach Menge der entweichenden Luft (so genannte wilde Luft) ein behauchter oder verhauchter Stimmklang resultieren.

Ein weiteres wichtiges Kriterium der auditiven Beurteilung ist die Bestimmung der mittleren Sprechstimmlage. Während des normalen Sprechens bewegt sich die Tonhöhe entsprechend der natürlichen Sprechmelodie um ca. eine Oktave auf und ab. Der mittlere Wert, um den diese Stimmtonhöhenchwankungen erfolgen, heißt mittlere Sprechstimmlage. Die mittlere Sprechstimmlage liegt beim Mann im Normalfall etwa zwischen 100 Hz und 150 Hz und bei der Frau etwa eine Oktave höher, zwischen 200 Hz und 250 Hz. Besonders stimmschädigend ist eine Abweichung der mittleren Sprechstimmlage nach oben, wie sie oft reflektorisch bei psychischer Belastung, Stress oder beim Sprechen im Lärm eingenommen wird. Hieraus resultieren unphysiologische, muskuläre Verspannungen im Kehlkopf, die zu Schädigungen der Stimmlippen führen können.

1.5.2.2. Technische Verfahren

Im Laufe der letzten Jahrzehnte wurden zahlreiche verschiedene technische Verfahren zur objektiven Beurteilung der Stimmqualität entwickelt. Apparative Untersuchungsmethoden sollen die wichtige auditive Komponente nicht ersetzen, sondern nur ergänzen. Das erfahrene phoniatische Ohr kann viele Diagnosen auch ohne technische Hilfen stellen und Therapieverläufe kontrollieren. Jedoch sind gut dokumentier- und reproduzierbare apparative Untersuchungen in der heutigen Stimmdiagnostik unverzichtbar.

1.5.2.2.1. Computergestützte Stimmanalyse

Die computergestützte Stimmanalyse bietet die Möglichkeit, das akustische Signal in eine digitale Form umzuwandeln und zu analysieren. Hierbei erzeugt ein Mikrofon aus dem Stimmsignal eine elektrische Wechselspannung, die im Computer entsprechend verarbeitet wird.

Somit ist z.B. die Bestimmung der Grundfrequenz des Stimmsignals möglich. Mittels mathematischer Verfahren wie der Fouriertransformation wird das Stimmsignal in harmonische und nichtharmonische Anteile zerlegt. Hierüber kann z.B. das Harmonischen-Rausch-Verhältnis (Signal-to-Noise-Ratio) berechnet werden [63].

Liebermann [72] untersuchte die Stimmreinheit mittels computergestützter zeitanalytischer Methoden. Er konnte zeigen, dass pathologische Veränderungen im Kehlkopf zum Teil einen Geräuschanteil durch vermehrte Schwankungen aufeinander folgender Schwingungsperioden („Jitter“) erzeugen. Koike [65] zeigte, dass auch Amplitudenschwankungen („Shimmer“) den Geräuschanteil erhöhen.

Die Grundfrequenz und der Stimmschalldruckpegel zeigen den größten Einfluss auf die Geräuschparameter Jitter und Shimmer. Der Jitter ist niedriger bei einer ansteigenden Grundfrequenz. Hierbei kommt es zu einer stärkeren Kontraktion der laryngealen Muskeln und zu einer erhöhten Anzahl feuender Motoneurone. Dadurch wird die Schwankung der mittleren neuronalen Impulsrate geringer [64, 87]. In einer Studie von Orlikoff und Kahane [88] konnte auch bei zunehmendem Schalldruckpegel ein Abfall des Jitters ermittelt werden. Ebenso führte ein erhöhter Schalldruckpegel zu einem Abfall des Shimmers.

Ebenfalls sind die Geräuschparameter abhängig von dem phonierten Vokal. Stone und Rainey [122] konnten zeigen, dass die intraindividuelle Variationsbreite der Geräuschparameter für die Vokale /a/ und /u/ gegenüber dem Vokal /i/ deutlich ansteigt. Außerdem ist der Rauschwert bei einem gesunden Probanden beim /a/ z.B. dreimal so hoch wie beim /u/, so dass die Beurteilung der „primären Heiserkeit“ mit der Artikulationsstellung /a/ am besten möglich ist [137].

Physiologische Mechanismen haben ebenfalls einen komplexen Einfluss auf die Geräuschparameter. So können bereits kleine Veränderungen der Stimmlippenschleimhaut deutliche Schwankungen der Stimmparameter hervorrufen [69]. Im Alterungsprozess kommt es zu einer Vergrößerung der Unterschiede zwischen guten und schlechten Stimmen [98]. Einen signifikanten Unterschied in den Jitterwerten zwischen jüngeren und älteren Menschen konnten Brown et al. [11, 12] jedoch ausschließen. Andere Studien konnten

Jitterveränderungen bei der Untersuchung von jungen Frauen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Ovulation nachweisen [49].

Im Bereich der funktionellen Dysphonie ist eine Differenzierung zwischen hyper- und hypofunktioneller Stimmstörung mittels der Stimmanalyse möglich. Eine hyperfunktionelle Stimmstörung führt zu einer Erhöhung des Tonus der Stimmlippen und somit zur Abnahme der Aperiodizitäten im Stimmsignal und liefert niedrige Shimmer- und vor allem Jitterwerte [62].

Versuche bestimmte Kehlkopferkrankungen durch charakteristische Geräuschparameter zu identifizieren wurden in der Vergangenheit mehrfach unternommen. So konnten in einigen Studien signifikante stimmanalytische Veränderungen bei Patienten mit Larynxkarzinomen festgestellt werden [46, 59, 84]. Iwata und Leden [53] konnten jedoch nachweisen, dass auch andere organische Larynxveränderungen in gleicher Weise wie ein Karzinom zu einer Jittererhöhung führten. Auch Cox und Morrison [20] bestätigten diese Ergebnisse mit Hilfe des akustischen Diagnosesystems von Davis [24]. Die Stimmanalyse erkennt somit zwar organische Dysphonien, eine Differenzierung erlaubt sie jedoch nicht [143].

Ein weiteres Einsatzgebiet der computergestützten Stimmanalyse liegt in der Therapiekontrolle chirurgischer Eingriffe und der begleitenden Untersuchung an Kehlkopfkarzinomen erkrankter Patienten, die mit speziellen Bestrahlungskonzepten behandelt werden [70, 142]. Auch in der Diagnostik neurologischer Erkrankungen wird die Stimmanalyse eingesetzt. So macht sich z.B. der Tremor beim Morbus Parkinson oft zuerst an der Stimme bemerkbar und kann mittels stimmanalytischer Untersuchungen erkannt werden [71, 138]. Ebenso kann die Untersuchung der Stimme eines neurologischen Patienten durch objektive phoniatische Messungen bei der Diagnosestellung einer Myasthenia gravis hilfreich sein [121, 126].

Es existiert eine Vielzahl von Studien, die sich mit dem Vergleich und den Berechnungsarten der Geräuschparameter beschäftigen [2, 58, 74, 123]. Um eine internationale Standardisierung wird sich seit langem mehr oder weniger erfolgreich bemüht [9].

1.5.2.2.2. Andere technische Verfahren

Neben der computergestützten Stimmanalyse wurden bei der Suche nach instrumentellen Charakteristika zur gesunden und gestörten Phonation auch einige andere technische Verfahren entwickelt. Spektralanalytische Verfahren zeichnen den Stimmklang in Sonagrammen auf. Potter et al. [95] benutzten zu diesem Zweck das Visible-Speech-Verfahren. Hierbei wird die Teiltonenergie bestimmter Frequenzen durch eine Filteranalyse gemessen. Ein weiteres spektralanalytisches Verfahren ist das Suchtonverfahren. Ein elektroakustischer Suchton tastet bei diesem Verfahren das Stimmsignal im Frequenzbereich von 0-16000 Hz ab.

Die Elektrolottographie wurde in den letzten 10 bis 15 Jahren in zahlreichen Studien erforscht. [17, 18, 19, 89]. Dieses von Fabre 1957 [30] entwickelte nichtinvasive Verfahren misst die Impedanzveränderung des Kehlkopfes während der Phonation.

2. Material und Methoden

2.1. Versuchspersonen

Es erfolgte eine Untersuchung mit 53 Probanden. Um einen aktuellen Status der Stimm- und Sprachbefunde unter den Lehrerstudenten zu erheben, waren alle Versuchspersonen Studentinnen und Studenten der Sonderpädagogik ohne bisherige Berufserfahrung und vorangegangene Stimmausbildung.

Die Rekrutierung der Studentinnen und Studenten erfolgte im 3. und 4. Semester des Studienfaches Sonderpädagogik der Universität Marburg im Semesterjahr 1996. Da die Probanden bisher keine Berufserfahrung gesammelt hatten, war das Kollektiv überwiegend stimmlich nicht vorbelastet.

Von den 53 Probanden waren 6 männlich und 47 weiblich. Das Alter variierte zwischen 21 und 31 Jahren, das Durchschnittsalter lag bei 23,5 Jahren.

2.2. Versuchsdurchführung

2.2.1. Anamneseerhebung

Vor der Stimmuntersuchung wurden anamnestiche Daten mittels eines Fragebogens erhoben. Dabei wurde vor allem die Art und Anzahl der subjektiven Beschwerden, aber auch die gegenwärtige Sprechbelastung dokumentiert. Im Einzelnen wurde nach Heiserkeit, Trockenheit, Missempfindungen und gehäuften Infekten gefragt. Die Sprechbelastung wurde in 3 Gruppen unterteilt: Keine Sprechbelastung, wenig Sprechbelastung (< 19 Std./Woche), viel Sprechbelastung (20-28 Std./Woche).

Außerdem wurde nach der derzeitigen Medikamenteneinnahme, nach vorhandenem Nikotinkonsum und bestehenden Allergien gefragt.

2.2.2. Auditive Beurteilung der Stimme

Die Untersuchung der Sprechfunktion erfolgte zunächst perzeptiv in Form einer auditiven Befundung durch einen erfahrenen Phoniater, der keine Informationen über die erhobenen anamnestischen Daten hatte.

Die perzeptive Beurteilung der Stimmqualität wurde nach dem RHB-System [85] vorgenommen, das sich im deutschsprachigen Raum als verbindlicher Standard etabliert hat [83, 97, 136]. Hierbei erfolgt eine Klassifizierung der unharmonischen Geräuschanteile in der Stimme anhand der drei auditiven Dimensionen Rauigkeit, Heiserkeit und Behauchtheit. Jedes Merkmal wird mittels einer 4-Punkteskala bewertet, wobei die Punktwerte den Grad der Merkmalsausprägung als nicht vorhanden (Punktwert 0), leichtgradig (Punktwert 1), mittelgradig (Punktwert 2) und schwergradig (Punktwert 3) erfassen.

Dem Begriff Heiserkeit liegen dabei physiologisch alle Abweichungen vom normalen Schwingungsmuster der Stimmlippen zugrunde, die sich akustisch mit dem Auftreten nichtharmonischer Stimmanteile (Geräusche) bemerkbar machen.

Für die Rauigkeit einer Stimme sind Strukturunregelmäßigkeiten der Stimmlippe verantwortlich (z.B. Polypen, Entzündungen). Sie führen zu veränderten Schwingungseigenschaften der Stimmlippe mit wechselnder Schwingungsdauer (Frequenz) oder wechselnder Schwingungsform (Amplitude, Öffnungsquotient). Akustisch lassen sich bei diesem Klangcharakter Geräusche wahrnehmen, die durch Aperiodizitäten der Grundschwingung des Stimmsehalls hervorgerufen werden.

Die Behauchtheit einer Stimme tritt auf beim unvollständigem oder fehlendem Stimmlippenschluss. Für die Phonation wird daher ein sehr großer Luftstrom benötigt, so dass zusätzlich zu der periodischen Schwingung starke Atemgeräusche (unmodulierte Ausatemungsluft) hörbar werden und der akustische Eindruck einer verhauchten, nicht reinen Stimme entsteht.

Zusätzlich wurde die maximale Tonhaldedauer ermittelt; ein sehr sensibler, aber auch unspezifischer Test [39]. Man bezeichnet damit die Zeit, die ein phonierter

Vokal nach maximaler Einatmung ausgehalten werden kann. Sie ist abhängig vom verfügbaren Luftvolumen und seiner dosierten Freigabe durch die Glottis.

Die Messung erfolgt mit einer Stoppuhr auf den Vokal /a/. Günstig ist ein anlautendes /l/ - also ein /la/ - da dies den Stimmeinsatz erleichtert [35]. Üblicher Weise beträgt die maximale Tonhaldedauer etwa 15 – 20 sec. Werte unter 10 sec. sind eindeutig als pathologisch zu werten [38, 134], zwischen 10 und 15 sec. besteht eine Übergangszone [110].

2.2.3. Stroboskopie

Bei jedem Probanden wurde eine stroboskopische Untersuchung durchgeführt. Um die Stroboskopiebefunde mit in die Bewertung einzubeziehen, erfolgte ein eigenes Auswerteschema (s. Tab. 2.1.). Dies ist erforderlich, um die phonatorische Schwingung qualitativ zu bewerten und mit den erhobenen anderen Parametern zu vergleichen.

Bei der stroboskopischen Untersuchung wurden die Amplituden, die Regelmäßigkeit der Frequenz und der Glottisschluss beobachtet. Dabei wurde ein Score für Amplituden, Phase und Stimmlippenschluss nach klinischer Erfahrung gewählt. Erweiterte oder verkürzte Amplituden wurden im Schweregrad als gleichwertig eingeschätzt. Zur Auswertung erfolgte die Addition der Punktzahlen der einzelnen stroboskopischen Parameter. Hierbei sollte ein Befund mit einer Summe von 0-2 Punkten als unauffällig gelten, lag die Gesamtpunktzahl über zwei, wurde der Stroboskopiebefund als auffällig gewertet. Dabei wurde eine Gesamtzahl von 3-5 Punkten als beginnende Funktionsstörung, eine Punktzahl von insgesamt mehr als 5 als ausgeprägte Funktionsstörung gewertet.

Punktzahl	Amplitude	Phase	Stimmlippenschluss	Kehlkopfbefund
0	normalweit	gleichzeitig gleichmäßig	vollständig	unauffällig
1	gering verkürzt gering erweitert	unregelmäßig	verkürzt verlängert	primär organisch
2	stark verkürzt stark erweitert	seitendifferent	feiner Spalt	sekundär organisch
3	seitendifferent	stark irregulär	durchgehender Spalt	primär organisch und sekundär organisch

Tab. 2.1.: Bewertung der stroboskopischen Parameter

2.2.4. Stimmanalyse

Die Stimmanalyse erfolgte durch das „Computerized Speech Lab“ (CSL) der Firma Kay Elemetrics Corp., Model 4300. Das CSL bietet die Möglichkeit, durch Berechnung verschiedener Parameter, ein Stimmsignal objektiv zu analysieren.

2.2.4.1. Versuchsaufbau

Das CSL besteht aus Hard- und Software und wird zusammen mit einem IBM-kompatiblen PC eingesetzt. Über eine Steckkarte ist das CSL mit seinem externen Modul mit dem Computerbus verbunden. Das externe Modul führt die initiale Signalverarbeitung und die Digital/Analog-Wandlung durch. Aus dem externen Modul wird das Signal über eine Hochgeschwindigkeitsschnittstelle zum internen Modul weitergeleitet, das über den PC-Bus mit Festplatte, Bildschirm, Tastatur und Drucker verbunden ist. Das aufgenommene digitale Signal wird durch den D/A-Wandler und den Lautsprecher des CSL hörbar (Abb. 2.1.).

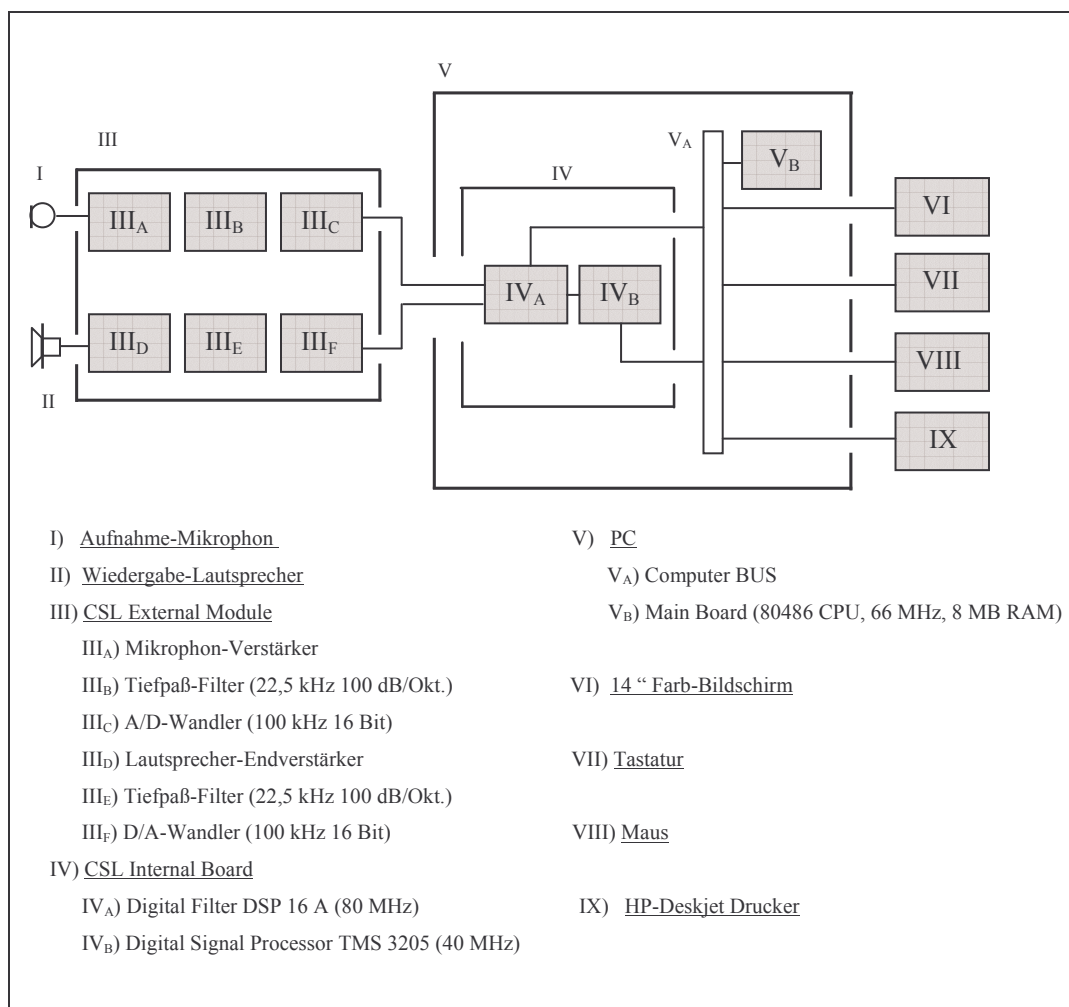


Abb. 2.1.: Computerized Speech Lab (CSL)

Als Softwareprogramm wurde das „Multi Dimensional Voice Program“ (MDVP-Model 4305) verwendet. Dieses Programm erreicht eine hohe Genauigkeit in der Analyse verschiedener Sprach- und Stimmproben.

Die Stimmaufzeichnung erfolgte im Stehen über ein Stativmikrofon mit einem Mund-Mikrofon-Abstand von 30 cm. Die Stimmsignale wurden digital auf der PC-Festplatte gespeichert. Eine Beeinflussung der Aufnahmen durch Laufgeräusche des Computers wurde durch ein synthetisiertes Probesignal, welches weder Frequenz- noch Amplitudenschwankungen aufzeigte, ausgeschlossen. Hierbei ergab sich ein relativer Jitterwert von 0,026% bzw. ein Shimmerwert von 0,000%.

Die Kalibrierung der Geräte erfolgte über ein auf einem DAT-Rekorder aufgezeichneten Probesignal. Dieses zeigte auf einem Referenzschalldruckpegelmesser (Brüel & Kjær, Type 2235) im Abstand von 30 cm einen Schalldruck von 60 bzw. 80 dB an. Das gleiche Probesignal wurde über das Stativmikrofon mit dem CSL analysiert.

Das Multi Dimensional Voice Program teilt jedes Stimmsignal zunächst in die Perioden der Grundfrequenz. Die Perioden werden von einem Schwingungsmaximum zum nächsten festgelegt. Aus dem zeitlichen Verlauf der Grundfrequenz und der Amplitude berechnet das Programm automatisch verschiedene Parameter.

Die für diese Studie relevanten Werte waren die Grundfrequenz (Hz), der Jitter (%), der Shimmer (%) und die Noise-to-Harmonic Ratio.

Die Tabelle 2.2. zeigt im Folgenden die detaillierte Beschreibung der genannten Parameter.

Parameter	Beschreibung
Grundfrequenz (Hz)	Mittelwert aller von Periode zu Periode extrahierten Grundfrequenzwerte
Jitter Percent (%)	relative unregelmäßige Kurzzeitvariation der Periodenlänge zwischen zwei aufeinanderfolgenden glottalen Schwingungsabläufen in gesprochenen oder gehaltenen Vokalen, Stimmsignalbrüche werden ausgeschlossen
Shimmer Percent (%)	relative unregelmäßige Kurzzeitvariation der Amplitude zwischen aufeinanderfolgenden glottalen Schwingungen in gesprochenen oder gehaltenen Vokale, Stimmsignalbrüche werden ausgeschlossen
Noise-to-Harmonic Ratio	Berechnung aller Geräuschanteile, die in dem aufgenommenen Stimmsignal vorhanden sind (beinhaltet Amplituden- und Frequenzschwankungen, Turbulenzgeräusche und Stimmsignalbrüche), mittlerer Quotient zwischen der harmonischen spektralen Energie (1500-4500 Hz) und der nicht harmonischen spektralen Energie (70-4500 Hz)

Tab. 2.2.: Beschreibung der analysierten Stimmparameter

2.2.4.2. Durchführung

Die Probanden wurden aufgefordert, den Vokal /a/ in einer vorgegebenen Lautstärke und Zeitdauer bei mittlerer Sprechstimmlage zu phonieren. Dies erfolgte in zwei verschiedenen Versionen: In der einen Gruppe (Gruppe A) sollten die Versuchspersonen den Vokal für 6 sec. in leiser Phonationstärke (60 dB) und in mittellauter Phonationsstärke (80 dB) halten. In der anderen Gruppe mussten sie den Ton bei 80 dB für 4 sec. phonieren (Gruppe B).

Zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse wurden bei 28 Probanden jeweils drei Stimmsignale mit einer Phonationsdauer von 4 sec. bei 80 dB aufgezeichnet und die gleichen Messungen nach einer Woche wiederholt.

Die Lautstärke konnte von den Probanden selbst über die Anzeige des Schalldruckpegelmessgerätes überprüft werden. Da sich zeigte, dass es den meisten Studenten Schwierigkeiten bereitete, die korrekte Lautstärke sofort zu treffen, durfte jeder von ihnen vor der Aufzeichnung eine kurze Probephonation durchführen, um ein Gefühl für die richtige Lautstärke zu bekommen.

Von jedem Probanden der Gruppe A wurden somit zwei Stimmsignale über 6 sec. bei leiser (60 dB) und lauter (80 dB) Phonation aufgenommen und getrennt analysiert.

Bei den Probanden der Gruppe B wurden 3 Stimmsignale über 4 sec. bei 80 dB aufgezeichnet und ebenfalls getrennt nach Abschluss des Versuches analysiert.

Für die Auswertung wurden Jitterwerte über 1 % als pathologisch eingeschätzt. Da es sich bei den untersuchten Studenten um gesunde Stimmen handelte, haben wir die Jitterwerte mit 1 % sehr niedrig gewählt [88].

Nach Heiberger et al. [47] liegt der Jitterwert der ungestörten Stimme im Bereich von 0,5 % bis 1,0 %.

2.3. Statistische Auswertung der Ergebnisse

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm SPSS 6.1 für Windows der Firma SPSS Inc., Chicago. Anhand des Skalenniveaus der Daten wurde das entsprechende Testverfahren angewendet. Es erfolgte eine Testung auf Normalverteilung mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test bei metrischen Skalen. Lag Normalverteilung vor, kam entweder der T-Test für unabhängige Stichproben oder der T-Test für gepaarte Stichproben zur Anwendung. Lag keine Normalverteilung vor, wurde der U-Test nach Mann und Whitney bzw. der Wilcoxon-Test durchgeführt. Bei nicht metrischen Skalen wurde der Chi-Quadrat-Test mit der Signifikanztestung nach Pearson durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1. Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen

3.1.1. Anamnestische Daten

Insgesamt wurden 47 weibliche Probanden und 6 männliche Probanden untersucht.

Von den 53 Studenten gaben 23 (43%) subjektive Stimmbeschwerden an. Die Häufigkeit der Symptome geht aus der Tabelle 3.1. hervor. Die Mehrzahl der Studenten klagte über Heiserkeit und gehäufte Infektneigung.

Symptom	Häufigkeit
Heiserkeit	22
Gehäufte Infekte	12
Trockenheit	11
Missempfindungen	11

Tab. 3.1.: Häufigkeit der Symptome

Nikotinkonsum gaben 4 der 53 Studenten (8%) an.

Da es sich bei den Probanden um Studenten handelte, war die Mehrzahl von ihnen (70%) keiner wesentlichen Sprechbelastung ausgesetzt. 7 Studenten (13%) gaben eine mäßige (12-19 Std./Woche) und 9 Studenten (17%) eine große Sprechbelastung (20-28 Std./Woche) an (s. Abb. 3.1.).

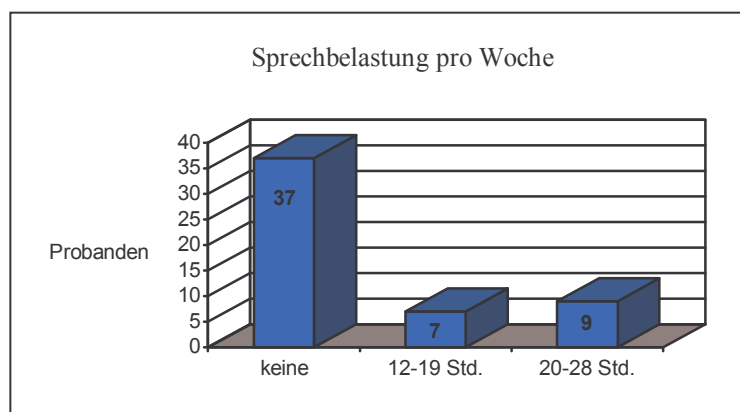


Abb. 3.1.: Sprechbelastung pro Woche

3.1.2. Auditive Beurteilung der Stimme

Bei mehr als der Hälfte der 53 Studenten (68%) wurde bei der auditiven Stimmklangbeurteilung ein auffälliger Stimmbefund erhoben. 17 Probanden (32%) zeigten einen unauffälligen Befund (s. Abb. 3.2.)

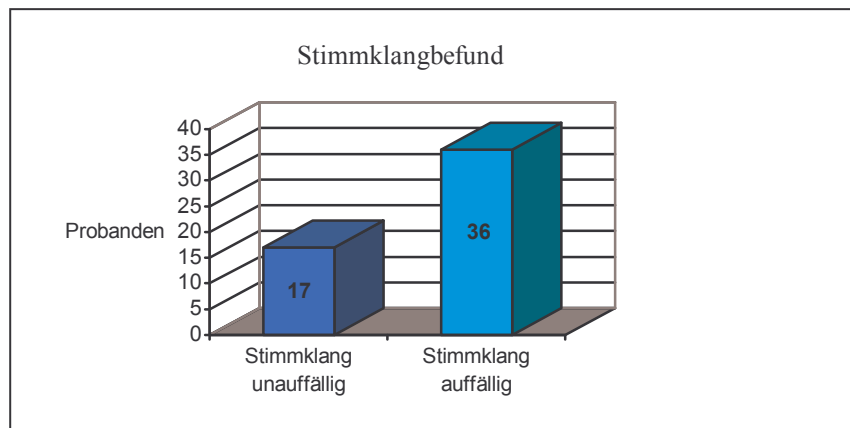


Abb. 3.2.: Häufigkeit von unauffälligem und auffälligem Stimmklang

Aus der Abbildung 3.3. geht die Verteilung der maximalen Tonhaltdauer hervor. Insgesamt wiesen 13 Probanden eine pathologisch verkürzte Tonhaltdauer von unter 10 sec. auf und 43 Probanden eine normal lange Tonhaltdauer von mehr als 10 sec. auf.

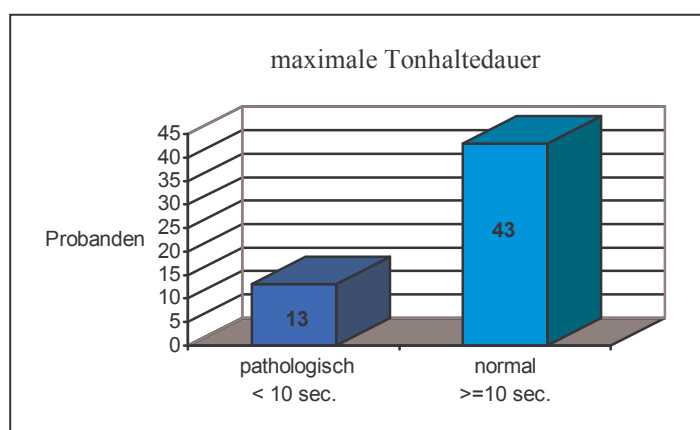


Abb. 3.3.: Verteilung der maximalen Tonhaltdauer

3.1.3. Stroboskopie

Die Stroboskopiebefunde wurden anhand der ermittelten Punktzahl in einen unauffälligen Befund, eine beginnende Funktionsstörung und eine ausgeprägte Funktionsstörung eingeteilt. Von den 53 untersuchten Studenten wiesen 23 (43%) einen unauffälligen Befund auf. Bei 29 (55%) von ihnen konnte eine beginnende Stimmstörung ermittelt werden und ein Student zeigte eine ausgeprägte Stimmstörung (s. Abb. 3.4.).

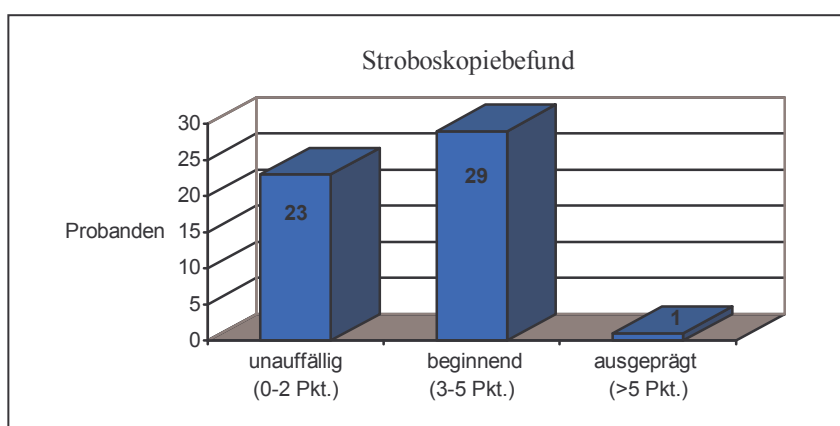


Abb. 3.4.: Darstellung der mittels Stroboskopie erhobenen Punktzahl

3.1.4. Computergestützte Stimmanalyse

Die Stimmanalyse erfolgte in zwei Gruppen:

39 Probanden phonierten den Kammerton /a/ bei jeweils 60 und 80 dB über 6 sec. (Gruppe A). 14 Probanden phonierten den Kammerton /a/ bei 80 dB über 4 sec. (Gruppe B). Diese Stimmaufzeichnung wurde von jedem Probanden der Gruppe B dreimal wiederholt, sodass von allen Probanden der Gruppe B insgesamt 3 verschiedene Messungen durchgeführt und analysiert wurden.

Bei den nun folgenden graphischen Darstellungen der Stimmanalyseparameter Grundfrequenz, Jitter, Shimmer und Noise-to-Harmonic Ratio (NHR) der Gruppe B wurde aus den 3 vorliegenden Werten der Mittelwert gebildet und dieser graphisch aufgetragen.

Die gemessenen Grundfrequenzen bei 80 dB verteilen sich in der Gruppe A und B wie aus den Abbildungen 3.5. und 3.6. ersichtlich.

Hierbei ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Gruppe A und Gruppe B ($p=0,303$).

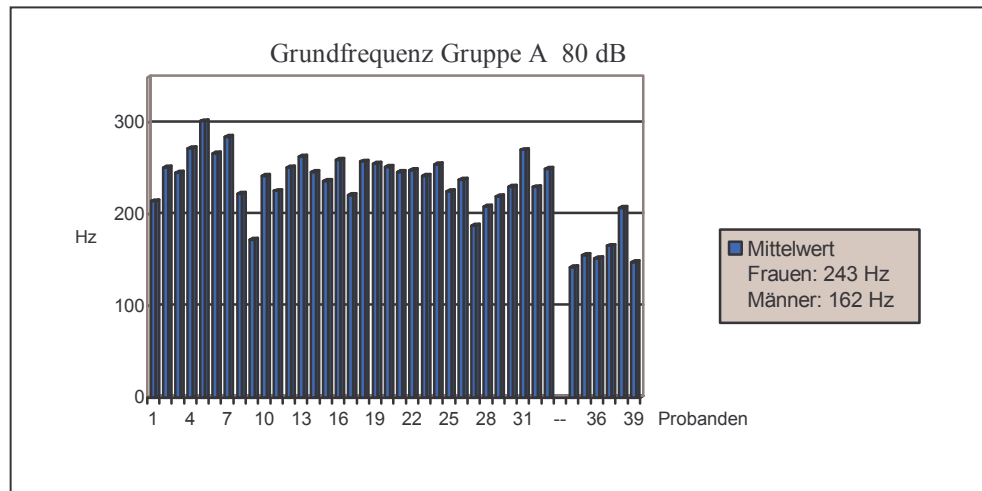


Abb. 3.5.: Verteilung der Grundfrequenzen in Gruppe A bei 80 dB (Proband 1-33 weiblich, 34-39 männlich)

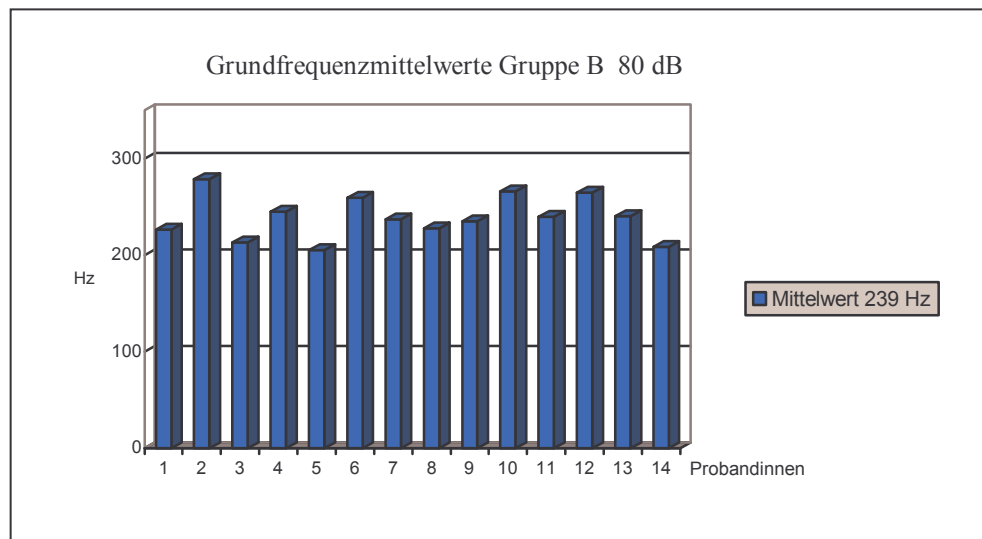


Abb. 3.6.: Verteilung der errechneten Grundfrequenzmittelwerte in Gruppe B bei 80 dB

Vergleicht man die Mittelwerte der Grundfrequenzen aus der lauten und leisen Phonation, so ließ sich bei den Studentinnen eine signifikant erhöhte Grundfrequenz in der Messung mit 80 dB nachweisen ($p=0,000$). Bei den männlichen Probanden konnte kein signifikanter Unterschied ermittelt werden, jedoch war auch hier ein deutlicher Trend zur erhöhten Grundfrequenz in der lauten Phonation erkennbar ($p=0,107$). Die Grundfrequenzmittelwerte betragen in

der Messung mit 60 dB bei den weiblichen Probanden 230 Hz und bei den männlichen Probanden 154 Hz.

Die Verteilung der Jitterwerte bei der Phonation mit 80 dB in der Gruppe A und B geht aus den Abbildungen 3.7. und 3.8. hervor.

Auch bei dem Vergleich der Jitterwerte zwischen den beiden Gruppen A und B ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied ($p=0,5317$).

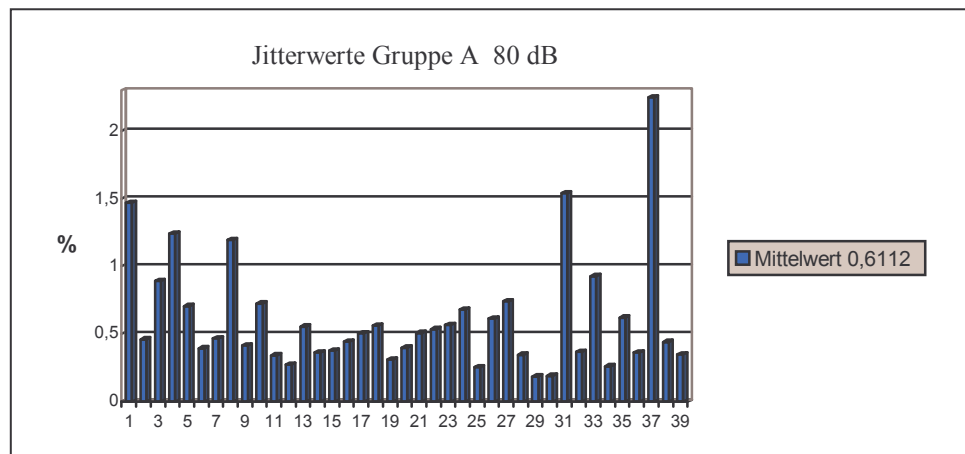


Abb. 3.7.: Verteilung der gemessenen Jitterwerte der Gruppe A bei 80 dB

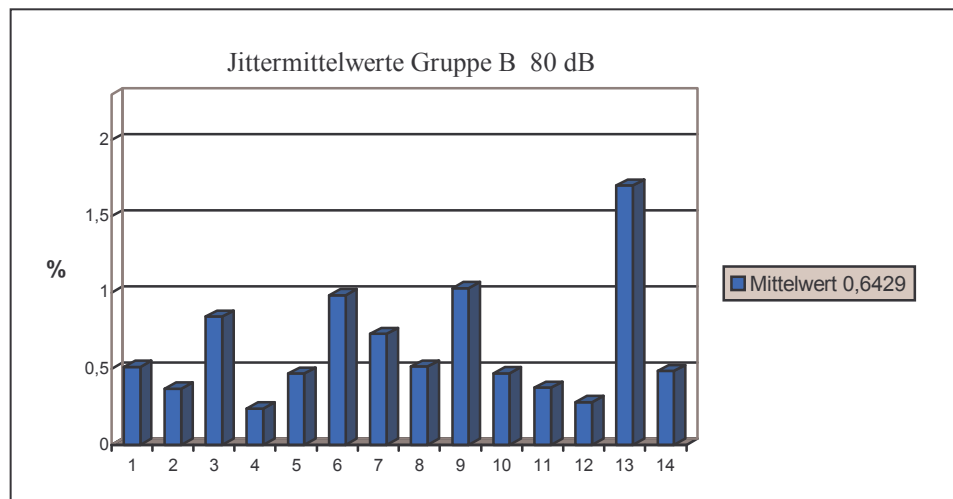


Abb. 3.8.: Verteilung der errechneten Jittermittelwerte der Gruppe B bei 80 dB

Ein signifikanter Unterschied ließ sich zwischen den Jitterwerten der Messung bei 60 dB und 80 dB in der Gruppe A nachweisen ($p=0,000$), wobei der Jittermittelwert in der Phonation mit 60 dB bei 1,3842 % lag.

Die graphische Darstellung der erhobenen Shimmerwerte bei der Phonation mit 80 dB erfolgte in den Abbildungen 3.9. und 3.10.. Hierbei ergab sich wiederum kein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe A und Gruppe B ($p=0,857$).

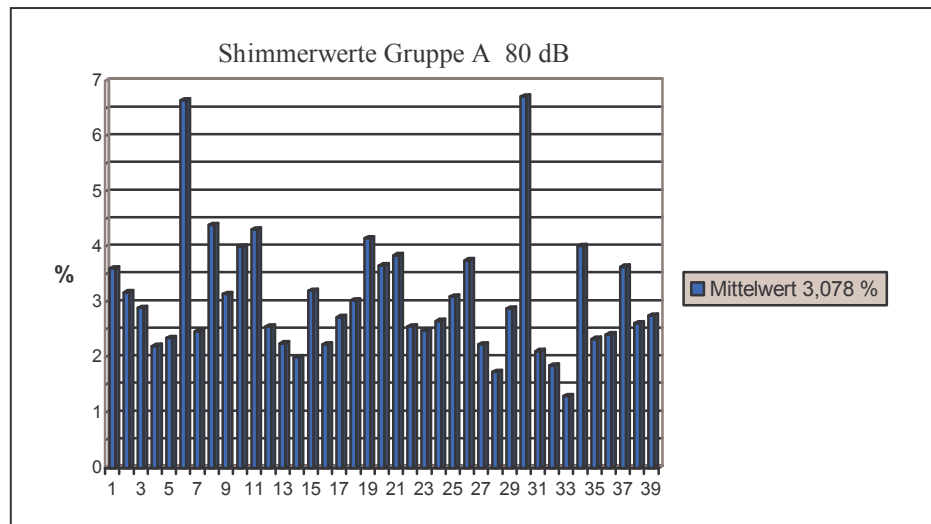


Abb. 3.9.: Verteilung der gemessenen Shimmerwerte der Gruppe A bei 80 dB

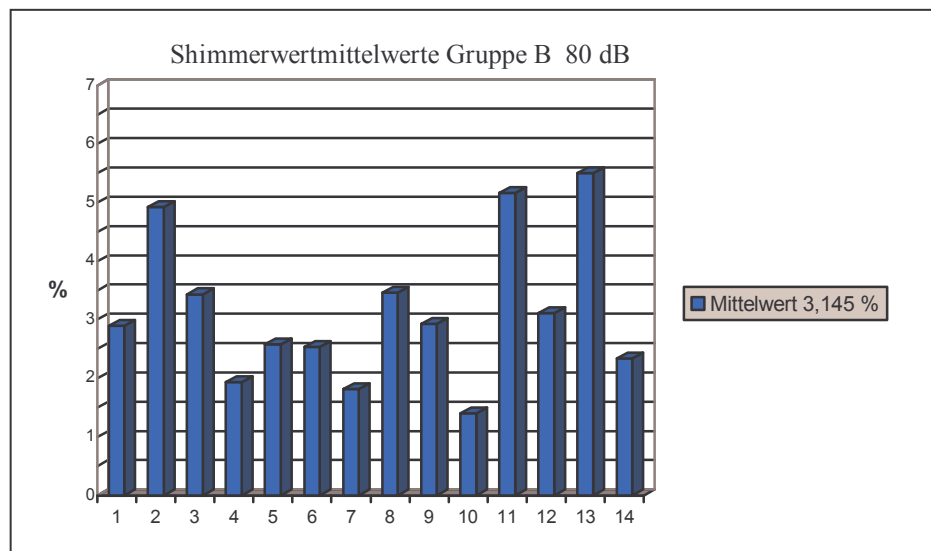


Abb. 3.10.: Verteilung der errechneten Shimmerwerte der Gruppe B bei 80 dB

Es zeigte sich jedoch erneut ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den gemessenen Werten bei der Phonation mit 60 dB und 80 dB in der Gruppe A ($p=0,000$). Der Shimmermittelwert der leisen Phonation lag in der Gruppe A bei 4,205 %.

Auch bei der Betrachtung der NHR – Werte bei 80 dB in Gruppe A und B zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den ermittelten Werten der beiden Gruppen. In den Abbildungen 3.11. und 3.12. wurden die Werte der Probanden aufgetragen. Auffällig ist, dass die NHR-Werte im Vergleich zu den anderen Stimmparametern nur geringfügig streuen.

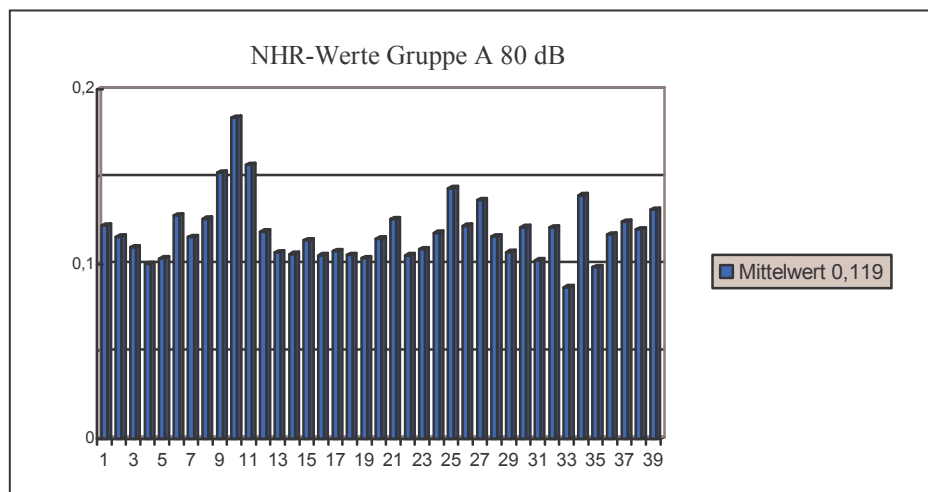


Abb. 3.11.: Verteilung der gemessenen NHR-Werte der Gruppe A bei 80 dB

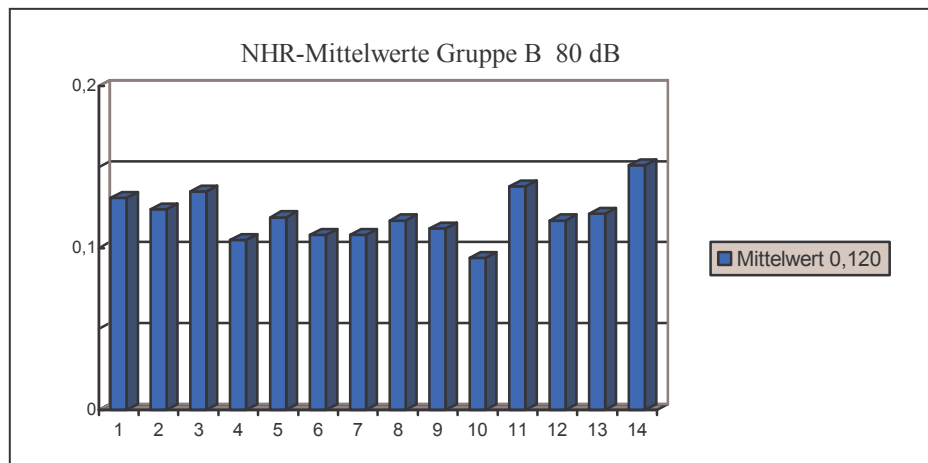


Abb. 3.12.: Verteilung der errechneten NHR-Mittelwerte der Gruppe B bei 80 dB

Der Vergleich der erhobenen NHR-Werte bei 60 dB und 80 dB der Gruppe A ergab wiederum einen statistisch signifikanten Unterschied ($p=0,005$). Der NHR – Mittelwert der Gruppe A in der Phonation mit 60 dB lag bei 0,1332.

Somit ließ sich für alle aufgeführten Stimmparameter der Gruppe A (Jitter-, Shimmer- und NHR-Wert) eine statistisch signifikante Erhöhung der Werte in der leisen Phonation gegenüber der lauten Phonation nachweisen.

3.2. Ergebnisse im Vergleich

3.2.1. Anamnestiche Daten im Vergleich

Der Vergleich zwischen subjektiven Beschwerden und Sprechbelastung ist in Abbildung 3.13. dargestellt. 24 der 37 Studenten ohne Sprechbelastung gaben subjektive Beschwerden an (65%). Von den 7 Studenten mit einer Sprechbelastung von 12-19 Stunden/Woche gaben 3 subjektive Beschwerden an (43%). Unter den 9 Studenten mit einer Sprechbelastung von 20-28 Stunden pro Woche beklagten 3 subjektive Beschwerden (33%).

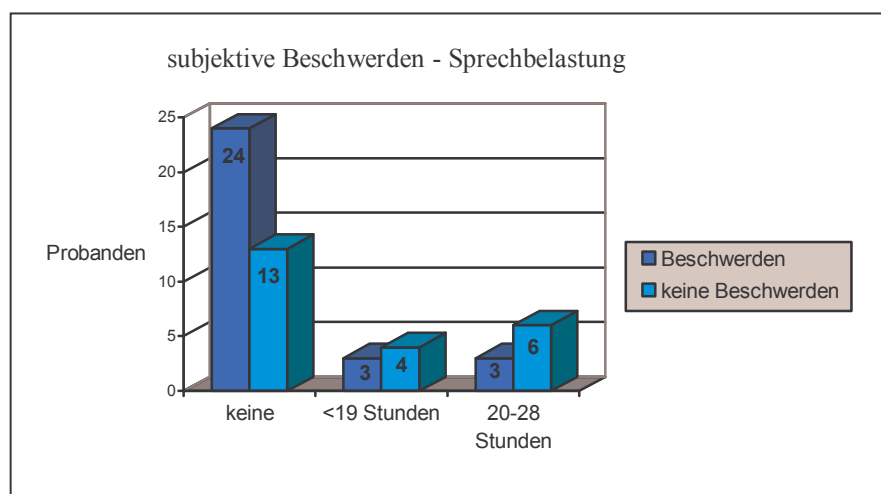


Abb. 3.13.: Korrelation zwischen subjektiven Beschwerden und wöchentlicher Sprechbelastung

In der Abbildung 3.14. sind die Beschwerden in Relation zum Nikotinkonsum gesetzt. 21 der 49 Nichtraucher gaben subjektive Beschwerden an (43%) und 2 der 4 Raucher litten unter subjektiven Beschwerden (50%).

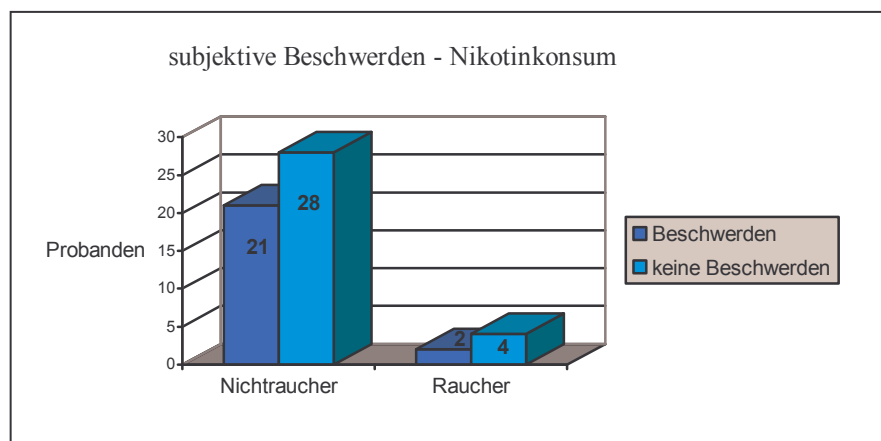


Abb. 3.14.: Korrelation zwischen Nikotinkonsum und subjektiven Beschwerden

Betrachtet man die Angabe von subjektiven Beschwerden geschlechtsgetrennt, fällt auf, dass 22 der 47 weiblichen Studentinnen (47%) über subjektive Beschwerden klagten, während unter den insgesamt 6 männlichen Probanden nur einer (17%) subjektive Beschwerden angab (s. Abb. 3.15.). Statistisch zeigte sich der deutliche Trend zu einem Unterschied zwischen Frauen und Männern hinsichtlich der Angabe von Beschwerden ($p=0,16$).

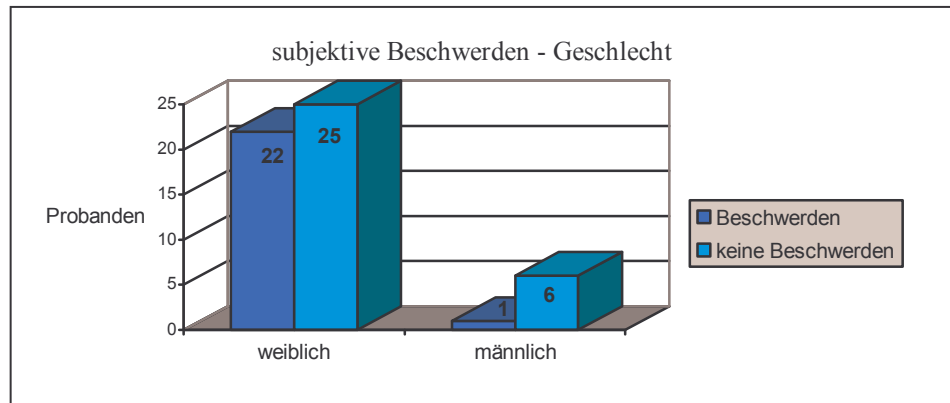


Abb. 3.15.: Subjektive Beschwerden in Bezug zum Geschlecht

3.2.2. Auditive Beurteilung im Vergleich

Aus der Abbildung 3.16. geht der Zusammenhang zwischen maximaler Tonhaltdauer und Stimmklangbefund hervor. Studenten mit einer pathologisch verkürzten Tonhaltdauer zeigten zu 92% einen auffälligen Stimmklang, Studenten mit einer normalen Tonhaltdauer zu 40%. Hierbei konnte statistisch ein signifikanter Zusammenhang zwischen Tonhaltdauer und Stimmklang nachgewiesen werden ($p=0,03$).

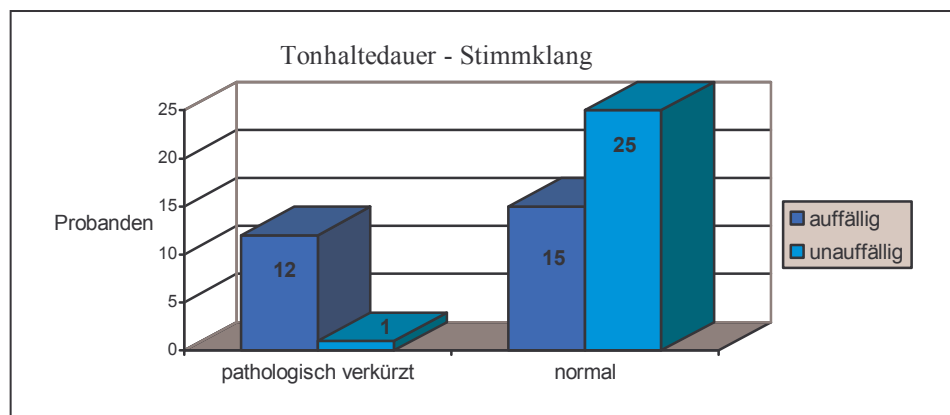


Abb. 3.16.: Zusammenhang zwischen maximaler Tonhaltdauer und Stimmklangbefund

3.2.3. Computergestützte Stimmanalyse im Vergleich

Pathologisch erhöhte Jitterwerte ($>1\%$) waren in der Gruppe A „6 sec. 60 dB und 80 dB“ bei 60 dB in 24 der 39 Fälle zu verzeichnen (62%) und bei 80 dB in 5 von 39 Fällen (13%) ($p=0,29$) (s. Abb. 3.17.).

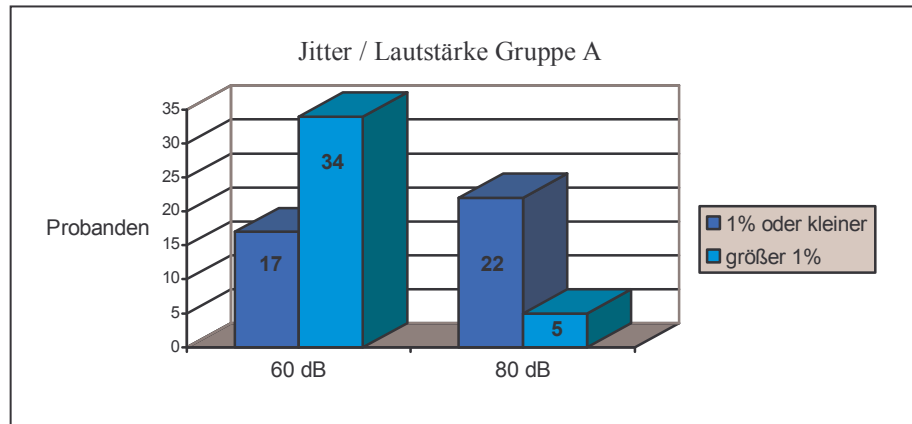


Abb. 3.17.: Jitterwerte in Gruppe A bei 60 dB und 80 dB

Um die Abhängigkeit der Stimmparameter vom Lautstärkepegel zu verdeutlichen, wurden in der Abbildung 3.18. die ermittelten Werte aus der Phonation mit 80 dB 100% gleichgesetzt und der entsprechende Wert der 60dB-Phonation im Verhältnis dazu prozentual berechnet (F_0 = Grundfrequenz).

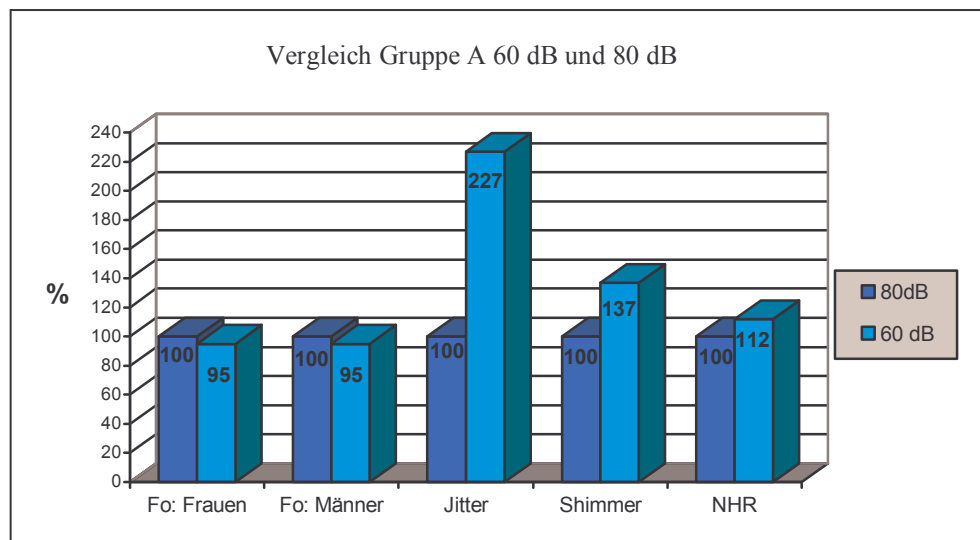


Abb.3.18.: Prozentualer Unterschied der gemessenen Werte bei 60 dB und 80 dB (Gruppe A)

Die Mittelwerte der Grundfrequenz bei erhöhten Jitterwerten (Frauen 247 Hz, Männer 166 Hz) und normalen Jitterwerten (Frauen 242 Hz, Männer 161 Hz) unterschieden sich bei 80 dB in der Gruppe A nicht relevant ($p=0,689$ bzw.

$p=0,897$). Bei 60 dB ließ sich bei den Studentinnen mit pathologischen Jitterwerten statistisch ein Trend zur erhöhten Grundfrequenz im Vergleich zu unauffälligen Jitterwerten ($p=0,165$) erkennen.

In der Gruppe B fand sich ebenfalls bei pathologischen Jitterwerten eine erhöhte Grundfrequenz bei 80 dB (259 Hz versus 236 Hz), jedoch zeigte sich auch hier kein signifikanter Unterschied ($p=0,175$).

Der Mittelwert des Shimmers bei pathologischen Jitterwerten lag in der Phonation mit 80 dB in der Gruppe A bei 3,264 %, bei normalen Jitterwerten bei 3,051 % ($p=0,702$). Bei der Messung mit 60 dB lag er bei pathologischen Jitterwerten bei 4,481 %, bei unauffälligen Werten bei 3,763 % ($p=0,136$).

In der Gruppe B ergab sich bei pathologischen Jitterwerten ein Shimmermittelwert von 5,045 % und bei normalen Jitterwerten ein Shimmermittelwert von 2,828 %, dies war ein signifikanter Unterschied ($p=0,014$).

3.2.4. Vergleich der Ergebnisse – anamnestische Daten / auditive Beurteilung

Von den 23 Studenten mit subjektiven Beschwerden wiesen 20 einen auffälligen Stimmklang in der auditiven Beurteilung auf (87%). Von den 30 Studenten ohne Beschwerden waren es 16 (53%). Statistisch ließ sich hierbei ein signifikanter Zusammenhang zwischen subjektiven Beschwerden und Stimmklang nachweisen ($p=0,009$) (s. Abb. 3.19.)

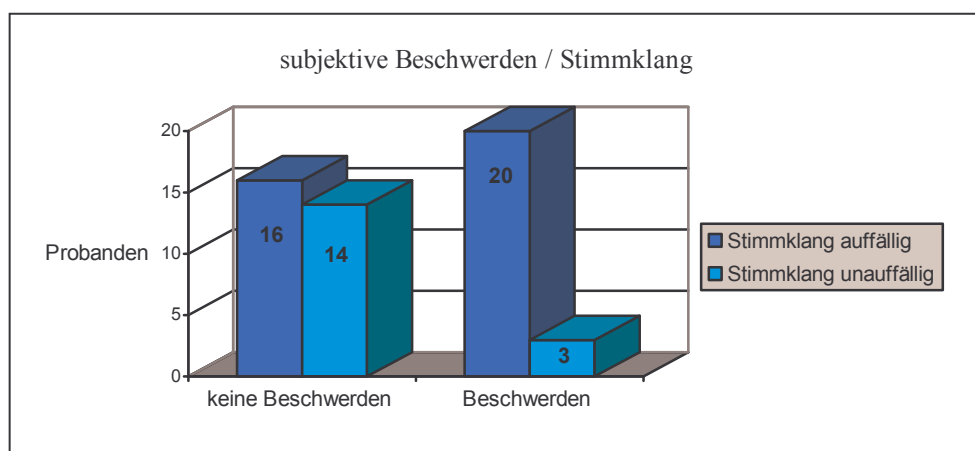


Abb. 3.19.: Korrelation zwischen subjektiven Beschwerden und Stimmklang

Betrachtet man die subjektiven Beschwerden nach der Anzahl der vorhandenen Symptome und trägt diese gegen den Stimmklangbefund auf, so fällt auf, dass mit steigender Anzahl der Symptome auch die Anzahl der auffälligen Stimmbefunde prozentual gesehen zunimmt (s. Abb. 3.20.). Unter den Studenten, die nur ein Beschwerdesymptom beklagten, wiesen insgesamt 80% einen auffälligen Stimmklang auf, bei den Probanden mit 2 Symptomen waren es 86% und bei 3 oder mehr beklagten Symptomen waren sogar 91% auffällige Stimmbefunde zu verzeichnen.

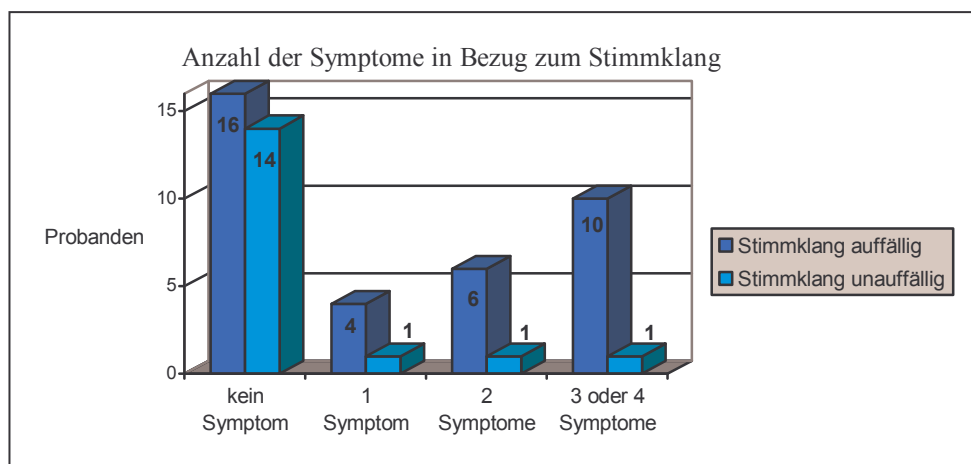


Abb. 3.20.: Anzahl der Symptome im Bezug zur Stimmklangqualität

In der Abbildung 3.21. wurde die Sprechbelastung mit dem Stimmklang verglichen. 68% der Studenten ohne Sprechbelastung zeigten einen auffälligen Stimmklang, Studenten mit wenig Sprechbelastung zeigten zu 57% einen auffälligen Stimmklang und Studenten mit viel Sprechbelastung zu 78%. Ein Zusammenhang zwischen Sprechbelastung und Stimmklang konnte hierbei nicht festgestellt werden ($p=0,678$).

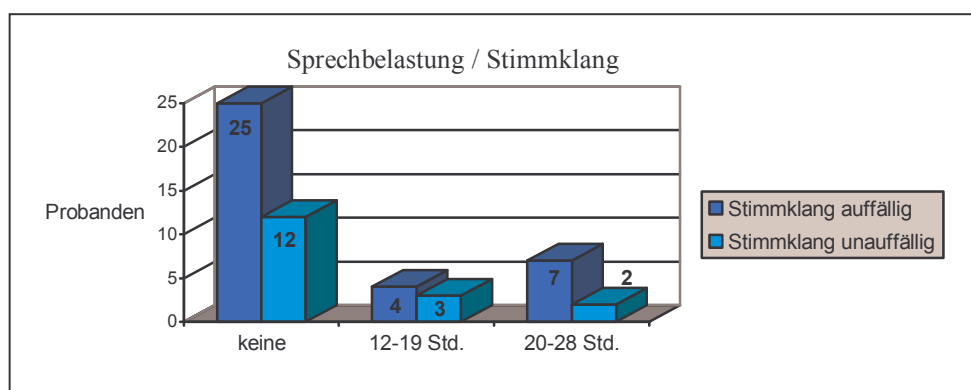


Abb. 3.21.: Stimmklang im Vergleich zur Sprechbelastung

3.2.5. Vergleich der Ergebnisse – anamnestische Daten / Stroboskopie

Vergleicht man die Stroboskopiebefunde mit den subjektiven Beschwerden, zeigt sich der Anteil mit Funktionsstörungen bei diesen Studenten erhöht. Von den 23 Studenten mit subjektiven Beschwerden, wiesen 65% auffällige Stroboskopiebefunde auf. Auch bei den beschwerdefreien Probanden ließen sich 50% auffällige Stroboskopiebefunde erheben (s. Abb. 3.22.). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen Beschwerden und Stroboskopiebefund zeigte sich hierbei jedoch nicht ($p=0,28$).

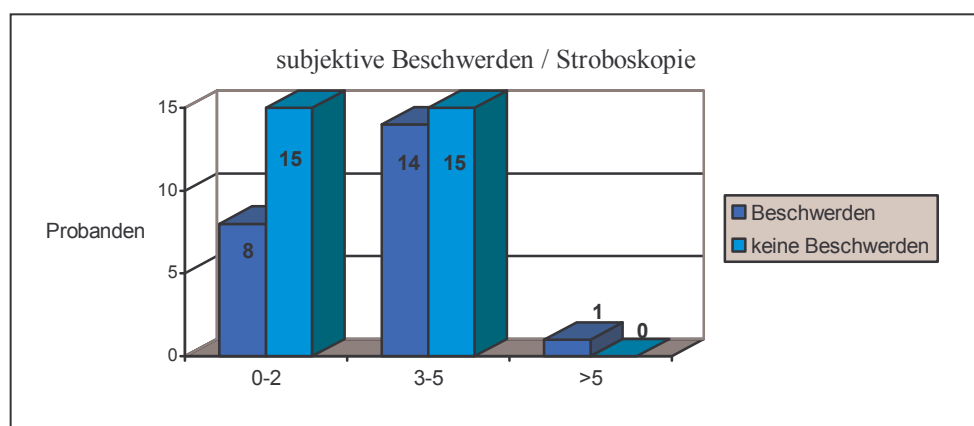


Abb. 3.22.: Zusammenhang zwischen Beschwerden und Stroboskopiebefund

3.2.6. Vergleich der Ergebnisse – anamnestische Daten / Stimmanalyse

Bei den 4 Rauchern (3 weibliche, 1 männlicher Raucher) konnte für die Studentinnen eine mittlere Grundfrequenz von 232 Hz errechnet werden. Bei den weiblichen Nichtraucherinnen hingegen wurde eine mittlere Grundfrequenz von 247 Hz ermittelt. Auch der männliche Raucher zeigte eine niedrigere Grundfrequenz als die Nichtraucherinnen (s. Abb. 3.23.). Statistisch konnte jedoch kein signifikanter Unterschied bezüglich der Grundfrequenzen von Rauchern und Nichtraucherinnen nachgewiesen werden ($p=0,380$).

Der mittlere Jitterwert bei 80 dB lag bei Rauchern bei 0,632 %, bei Nichtraucherinnen bei 0,588 % ($p=0,601$).

Der mittlere Shimmerwert bei 80 dB lag bei Rauchern bei 3,426 %, bei Nichtraucherinnen bei 3,108 % ($p=0,640$). Bei diesen Berechnungen muss jedoch die kleine Fallzahl der rauchenden Studenten bedacht werden.

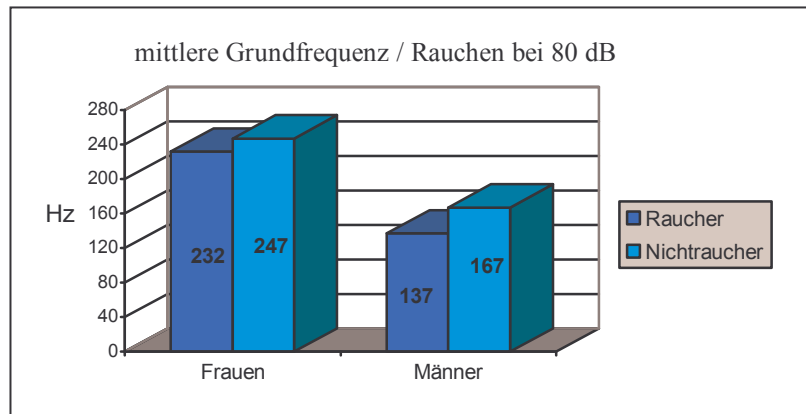


Abb. 3.23.: Mittlere Grundfrequenz bei Rauchern und Nichtrauchern (80 dB)

Um die Vergleichbarkeit der erhobenen Stimmanalyseparameter zu gewährleisten, werden im Folgenden die Stimmparameter der Gruppe A der 80dB-Phonation (n=39 Studenten) verglichen. Ein Vergleich mit der Gruppe B ist durch die kürzere Tondauer in der Gruppe B (4 sec. versus 6 sec.) methodisch nicht korrekt möglich. Die Gruppe A wurde aufgrund der größeren Probandenzahl ausgewählt.

Der Mittelwert der Grundfrequenzen lag bei den Studentinnen mit Beschwerden bei 247 Hz, bei Beschwerdefreiheit konnte ein Mittelwert von 238 Hz errechnet werden ($p=0,310$). Für die 5 männlichen Probanden ohne Beschwerden ergab sich ein Mittelwert von 165 Hz, der einzige männliche Student der Beschwerden beklagte wies eine Grundfrequenz von 148 Hz auf. Die Mittelwerte für den Jitter, Shimmer und NHR sind aus der Abbildung 3.24. ersichtlich.

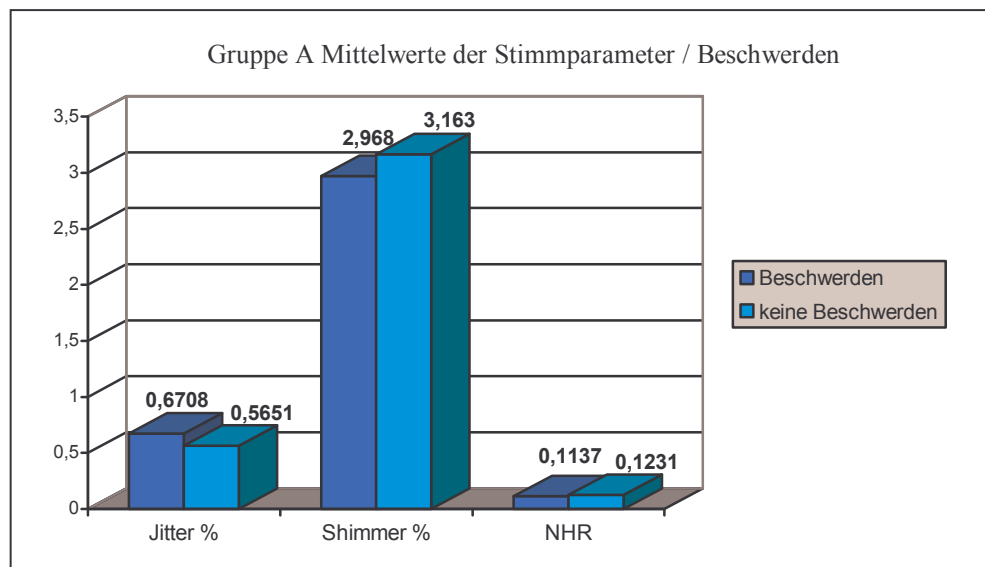


Abb. 3.24.: Darstellung der Mittelwerte der Stimmparameter im Bezug zu den Beschwerden bei 80 dB (Gruppe A)

3.2.7. Vergleich der Ergebnisse – auditive Beurteilung / Stroboskopie

Der Vergleich der erhobenen Stroboskopiebefunde mit dem Stimmklang ist aus Abbildung 3.25. ersichtlich. Von den 36 Studenten mit einem auffälligen Stimmklang zeigten 24 einen auffälligen Stroboskopiebefund (67%), die 17 Studenten mit unauffälligem Stimmklang in 6 Fällen (35%). Hierbei konnte ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Stimmklang und Stroboskopiebefund nachgewiesen werden ($p=0,031$).

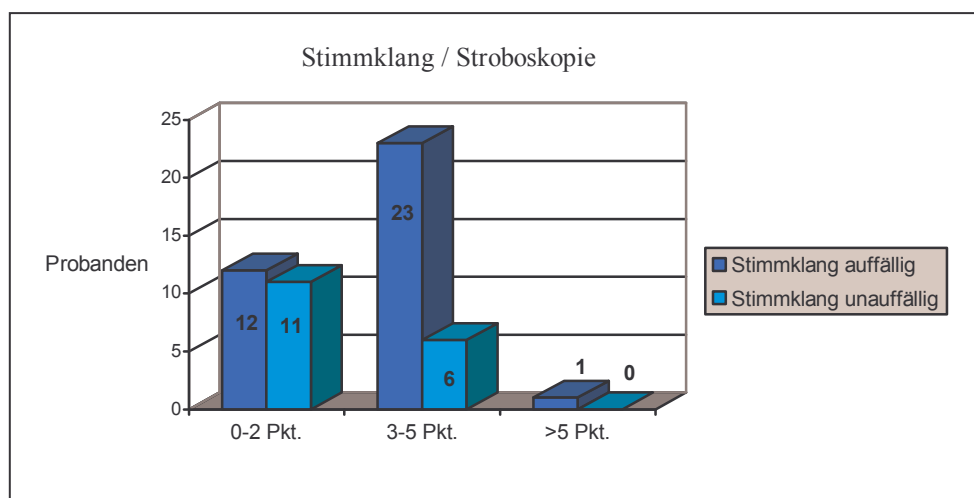


Abb. 3.25.: Zusammenhang zwischen Stimmklang und Stroboskopiebefund

3.2.8. Vergleich der Ergebnisse – auditive Beurteilung / Stimmanalyse

In der Abbildung 3.26. wurden die Grundfrequenzen in Abhängigkeit vom auditiv ermittelten Stimmklang aufgetragen. In der Gruppe A ergibt sich für das 80 dB-Stimmsignal bei den 11 weiblichen Studenten mit unauffälligem Stimmklang ein Grundfrequenzmittelwert von 236 Hz, mit auffälligem Stimmklang ein Mittelwert von 246 Hz ($p=0,306$). Bei 60 dB wiesen die Studentinnen mit unauffälligem Stimmklang einen Grundfrequenzmittelwert von 222 Hz auf, mit auffälligem Stimmklang einen Wert von 235 Hz ($p=0,177$).

Bei den 6 männlichen Probanden (jeweils 3 mit unauffälligem und 3 mit auffälligem Stimmklang) zeigte sich, im Gegensatz zu den Studentinnen, eine niedrigere Grundfrequenz bei auffälligem Stimmklang (172 Hz versus 152 Hz).

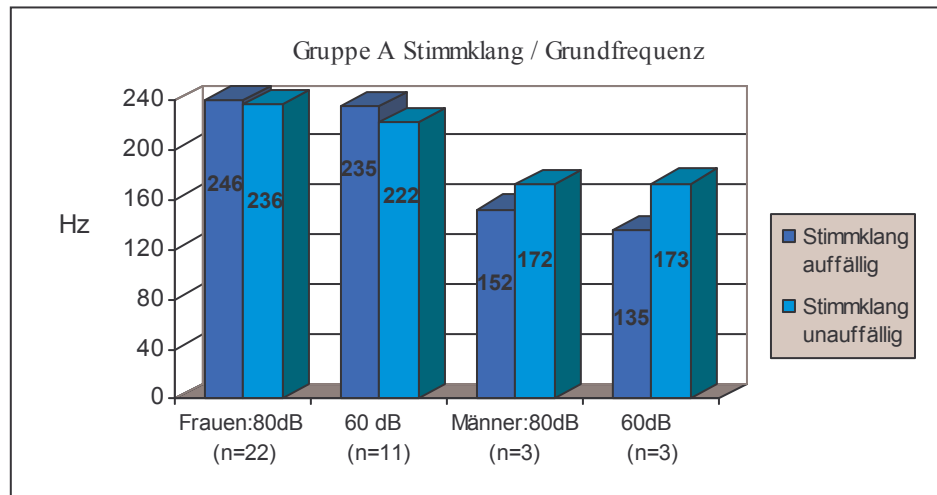


Abb. 3.26.: Grundfrequenzmittelwerte in Abhängigkeit vom Stimmklang und Geschlecht (Gruppe A)

Abbildung 3.27. zeigt die äquivalente Darstellung der Grundfrequenzen in Abhängigkeit vom auditiv ermittelten Stimmklang der Gruppe B. Eine geschlechtsspezifische Trennung musste nicht erfolgen, da alle Probanden der Gruppe B weiblich waren. Der Mittelwert der Grundfrequenz aller 14 Probandinnen betrug sowohl bei unauffälligem, als auch bei auffälligem Stimmklang 239 Hz ($p=0,983$).

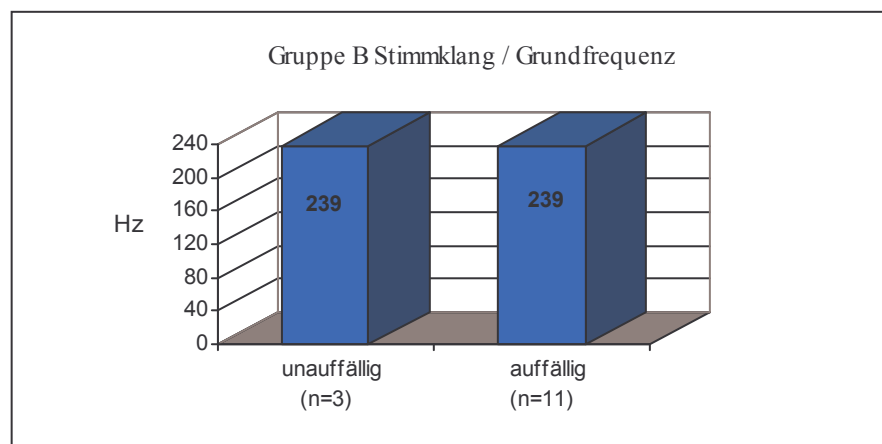


Abb. 3.27.: Grundfrequenzmittelwert in Abhängigkeit vom Stimmklang bei 80 dB (Gruppe B)

Bei der Betrachtung der Jitterwerte erfolgte die Einteilung in pathologisch erhöhte Werte (größer 1%) und unauffällige Werte (kleiner oder gleich 1%).

In der Gruppe A waren unter den 14 Studenten mit unauffälligem Stimmklang keine pathologischen Jitterwerte bei 80 dB gemessen worden. Die 25 Studenten mit auffälligem Stimmklang wiesen in 5 Fällen einen pathologischen Jitterwert auf (20%). Es zeigte sich ein deutlicher Trend, dass es in dem mit 80 dB

phonierten Stimmsignal einen Zusammenhang zwischen auditivem Stimmklangbefund und Jitterwert gab ($p=0,073$).

In der leisen Phonation (60 dB) konnten bei 8 Studenten (57%) mit unauffälligem Stimmklang pathologische Jitterwerte gemessen werden, bei auffälligem Stimmklang waren es 16 Studenten (64%) ($p=0,673$).

In der Gruppe B traten bei den 3 Studenten mit unauffälligem Stimmklang keine pathologischen Jitterwerte auf, bei den 11 Studenten mit auffälligem Stimmklang konnten 2 pathologische Jitterwerte (18%) ermittelt werden ($p=0,425$).

Die graphische Darstellung dieser Zusammenhänge ist aus Abbildung 3.28. für die Gruppe A und aus der Abbildung 3.29. für die Gruppe B ersichtlich.

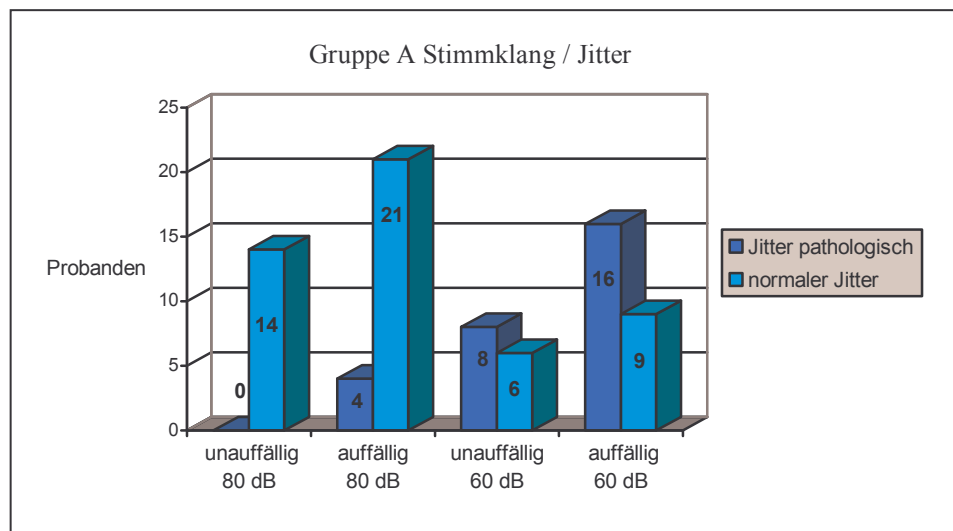


Abb. 3.28.: Darstellung der Jitterwerte bei auffälligem und unauffälligem Stimmklang (Gruppe A)

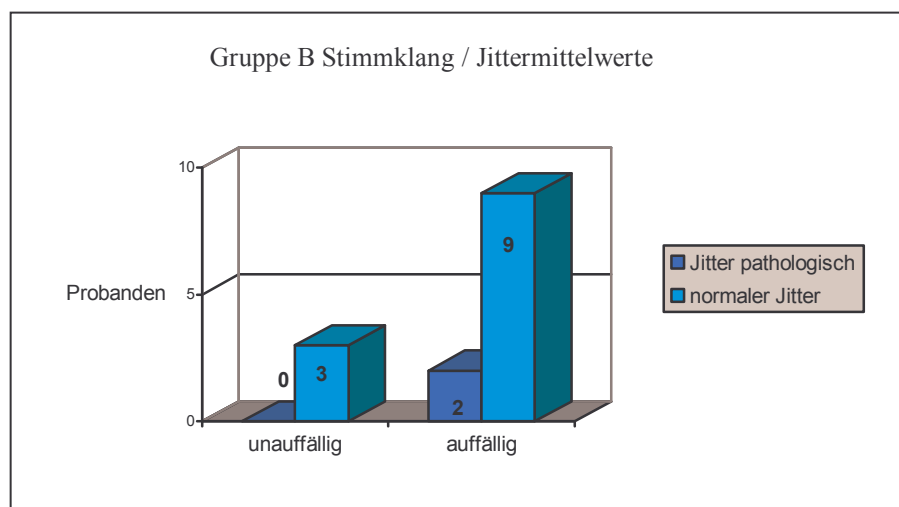


Abb. 3.29.: Darstellung der Jitterwerte bei auffälligem und unauffälligem Stimmklang bei 80 dB (Gruppe B)

In der Gruppe A wiesen die Studenten mit unauffälligem Stimmklang bei 80 dB einen Shimmermittelwert von 3,2044 % auf, mit auffälligem Stimmklang einen Wert von 3,0079 % ($p=0,611$). Bei der 60 dB-Stimmaufzeichnung konnte für die Studenten mit unauffälligem Stimmklang ein Mittelwert von 4,0589 % errechnet werden, bei auffälligem Stimmklang ein Wert von 4,2864 % ($p=0,646$) (s. Abb. 3.30.).

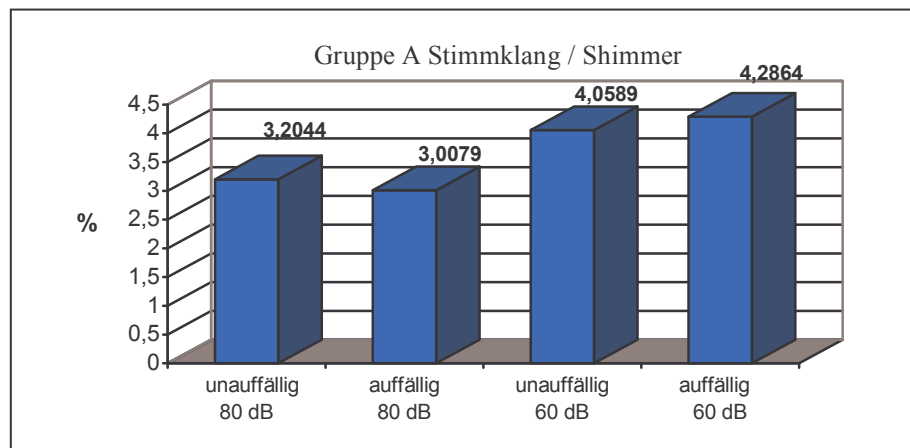


Abb. 3.30.: Shimmermittelwerte in Bezug zum Stimmklang (Gruppe A)

In der Gruppe B konnte für die Studenten mit unauffälligem Stimmklang ein Shimmermittelwert von 2,6347 % errechnet werden, mit auffälligem Stimmklang einen Wert von 3,2836 % ($p=0,453$) (s. Abb. 3.31.).

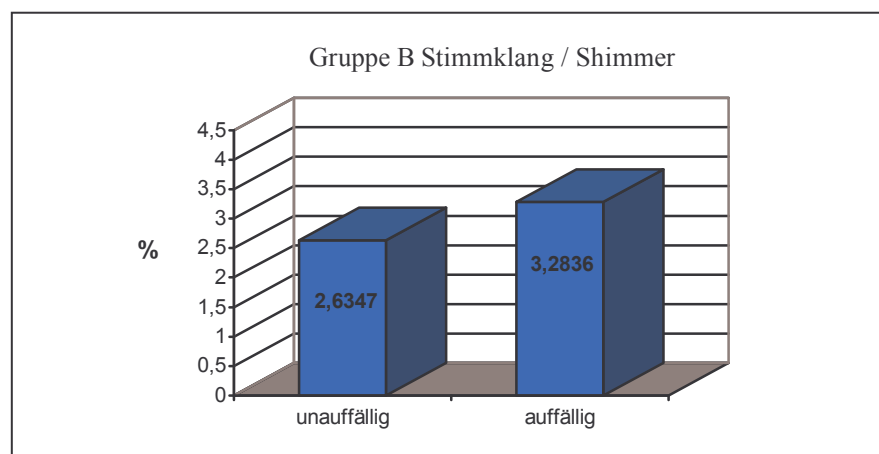


Abb. 3.31.: Shimmermittelwert im Bezug zum Stimmklang bei 80 dB (Gruppe B)

Bei der Betrachtung der NHR-Messung im Vergleich zum auditiv ermittelten Stimmklang ergeben sich aufgrund der geringen Streubreite der einzelnen Werte nur geringfügige Abweichungen der Mittelwerte. Für die Gruppe A konnte in der lauten Phonation (80 dB) bei den Studenten mit unauffälligem Stimmklang eine mittlere NHR von 0,1177 errechnet werden, mit auffälligem Stimmklang ergab sich ein Wert von 0,1197 ($p=0,750$). Bei dem mit 60 dB phonierten Stimmsignal ließ sich für die Studenten mit unauffälligem Stimmklang eine mittlere NHR von 0,1356 berechnen, mit auffälligem Stimmklang ein Wert von 0,1319 ($p=0,672$) (s. Abb. 3.32).

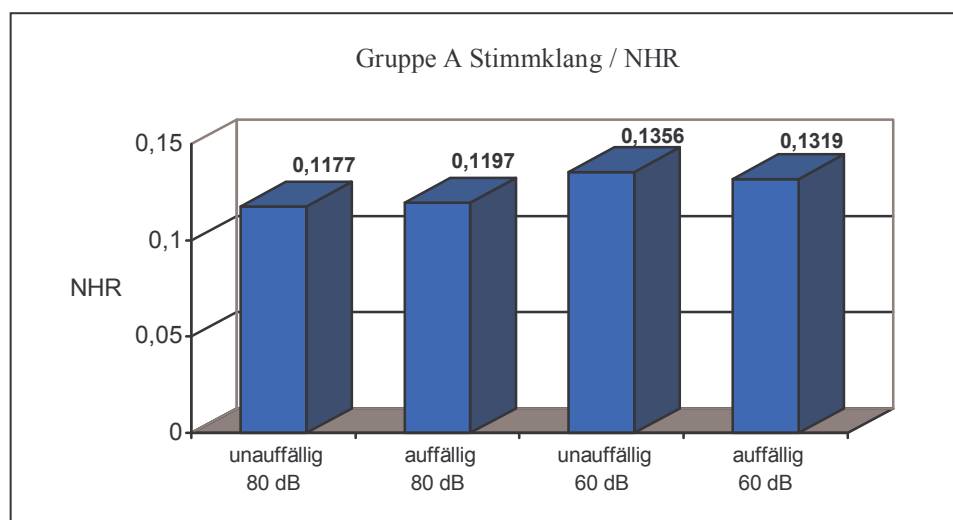


Abb. 3.32.: NHR-Mittelwerte in Abhängigkeit vom Stimmklang (Gruppe A)

In der Gruppe B wiesen die Studenten mit unauffälligem Stimmklang eine mittlere NHR von 0,1160 auf, mit auffälligem Stimmklang einen Wert von 0,1210 ($p=0,627$) (s. Abb. 3.33.).

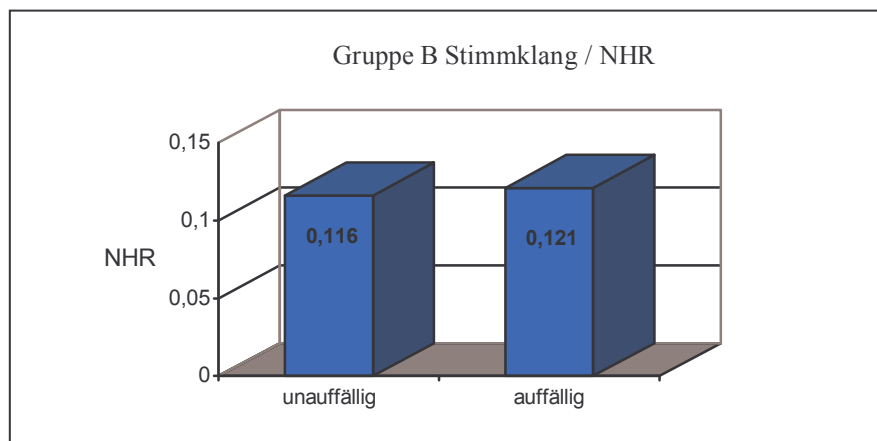


Abb. 3.33.: NHR-Mittelwerte in Abhängigkeit vom Stimmklang bei 80 dB (Gruppe B)

3.3. Reproduzierbarkeit der Stimmanalyse

Um die Reproduzierbarkeit der erhobenen Stimmanalyseparameter zu untersuchen, wurden bei 28 Probanden die Stimmanalyseparameter nach 1 Woche kontrolliert. Hierzu mussten die Studenten bei 80 dB den Kammerton /a/ über 4 sec. anhalten. An den 2 Terminen wurden die Stimmsignale jeweils dreimal hintereinander aufgenommen und die zu untersuchenden Stimmparameter bestimmt. Es wurde für alle Stimmparameter der Mittelwert der 3 Messungen gebildet und mit dem jeweiligen Mittelwert eine Woche später verglichen. Die Abbildungen 3.34., 3.35., 3.36. und 3.37. zeigen die Wertepaare der Mittelwerte für die Grundfrequenz, den Jitter, den Shimmer und die NHR.

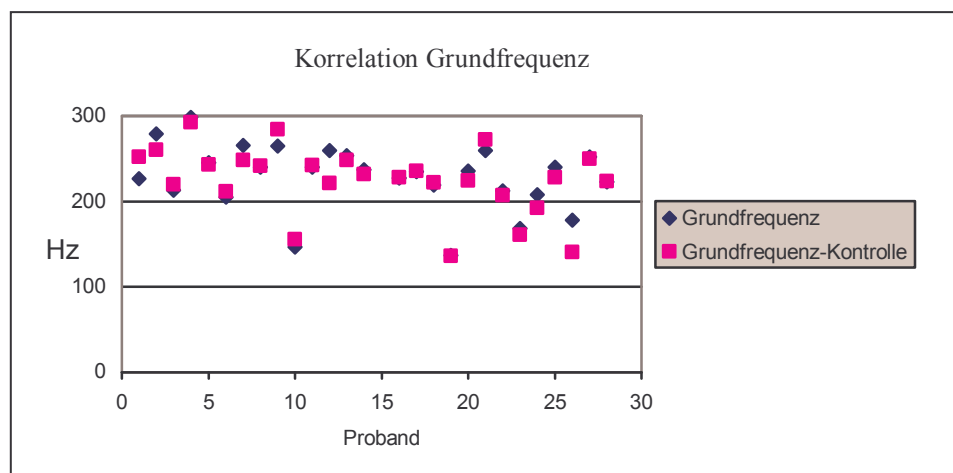


Abb. 3.34.: Korrelation der Grundfrequenz bei 80 dB

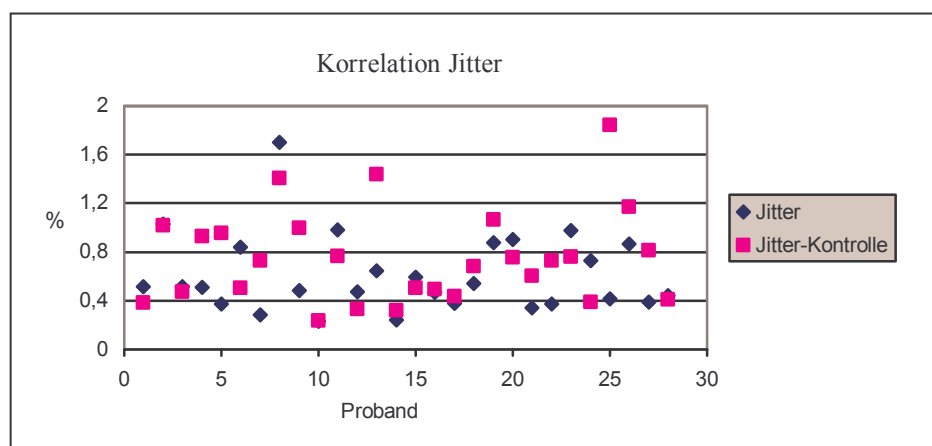


Abb. 3.35.: Korrelation der Jitterwerte bei 80 dB

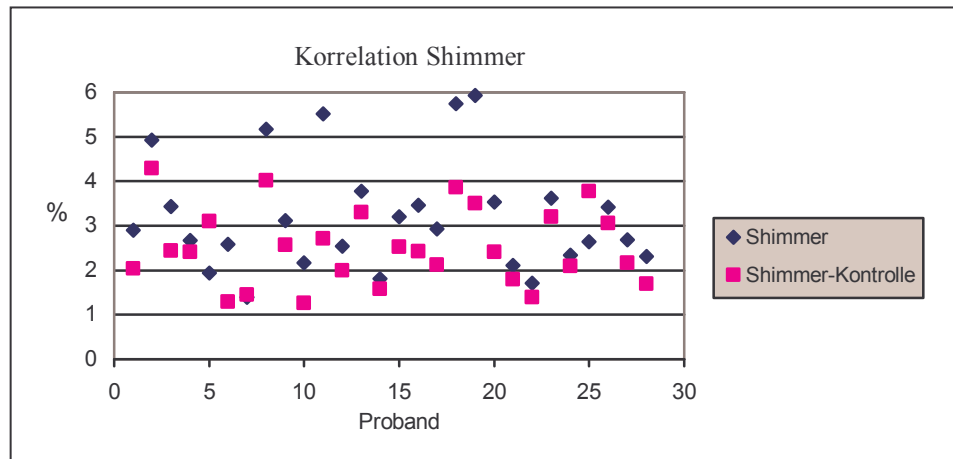


Abb. 3.36.: Korrelation der Shimmerwerte bei 80 dB

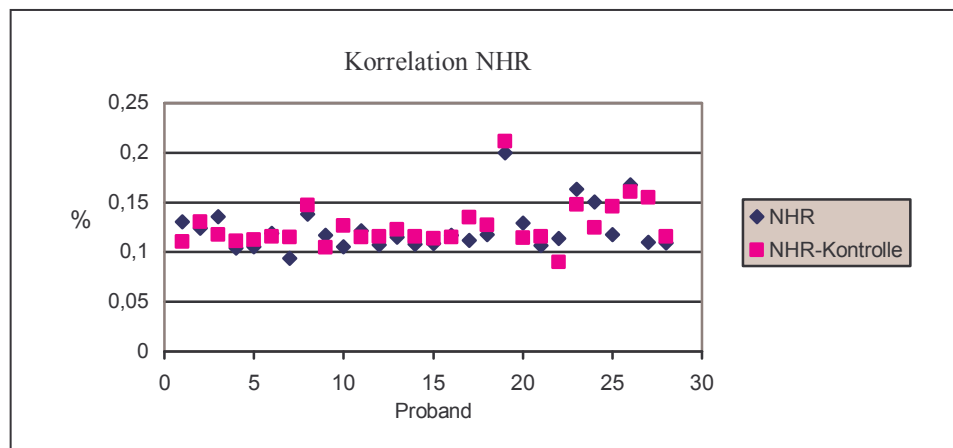


Abb. 3.37.: Korrelation der NHR-Werte bei 80 dB

Es ergab sich eine starke Korrelation der Kontrollwerte mit den ersten Messungen für die Grundfrequenz (0,8926), für den Shimmer (0,7470) und für die NHR (0,7403). Die Jitterwerte zeigten nur eine schwache Korrelation (0,4009).

Für die Grundfrequenz ($p=0,685$) und für die NHR ($p=0,343$) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede der Werte der ersten Messung im Vergleich zur Kontrollmessung. Die Shimmerwerte waren signifikant unterschiedlich ($p=0,000$), es zeigten sich nämlich fast immer niedrigere Werte in der Kontrolle bei erhaltener starker Korrelation. Die Jitterwerte zeigten zwar keinen signifikanten Unterschied, dabei wurde das Signifikanzniveau jedoch beinahe erreicht ($p=0,059$).

4. Diskussion

4.1. Anamnese

Bei ca. 43 % unseren Probanden lagen subjektive Stimmbeschwerden vor. Das häufigste beklagte Symptom war die Heiserkeit. In der Vergangenheit fanden Simberg et al. [113, 114] eine Häufigkeit von subjektiven Beschwerden unter Lehrerstudenten zwischen 20-42%. Unsere Daten liefern somit ähnliche Ergebnisse.

Simberg et al. [114] untersuchten 2001 76 Lehrerstudenten und konnten in dieser Studie feststellen, dass 33% der Probanden ein oder mehrere Symptome beklagte. Am häufigsten wurde auch hier Heiserkeit und Räusperzwang genannt.

In weiteren Untersuchung von Sliwinska-Kowalska et al. [115] gaben sogar alle untersuchten Lehrerstudenten nach einer Stimmbelastung subjektive Beschwerden an, am häufigsten in Form von Heiserkeit und Halstrockenheit.

Mehrere Studien konnten eine Häufung von subjektiven Beschwerden bei Frauen gegenüber Männern feststellen [81, 104, 118, 119]. Auch in unserer Untersuchung zeigte sich dieser Zusammenhang in einem deutlichen Trend.

Wir konnten keine Häufung von Beschwerden bei Rauchern aufzeigen, wie dies Jones et al. [54] beschrieben haben, jedoch muss in diesem Zusammenhang unsere kleine Fallzahl (4 Raucher) bedacht werden.

4.2. Auditive Beurteilung

Insgesamt wiesen 68% der Lehrerstudenten einen auffälligen Stimmklang auf.

In unserer Studie ergab sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen auffälligem Stimmklang und subjektiven Beschwerden. Hierbei muss jedoch bedacht werden, dass die auditive Stimmbeurteilung subjektiven Kriterien folgt und in mehreren Studien belegt wurde, dass zum Teil sehr unterschiedliche Ergebnisse auch zwischen erfahrenen Phoniatern zustande kommen [8, 66, 67].

Zusätzlich zeigten die Studenten mit auffälligem Stimmklang signifikant häufiger eine pathologisch verkürzte Tonhaldedauer. Auch Yu et al. [141] und Orr et al.

[91] fanden eine Korrelation zwischen Stimmklang und Tonhaldedauer. Somit ist die Tonhaldedauer ein valider Parameter bei der Stimmbeurteilung.

4.3. Stroboskopie

Bei der stroboskopischen Untersuchung konnte in unserer Studie in ca. 55% der Fälle eine beginnende Funktionsstörung und in einem Fall eine ausgeprägte Stimmstörung ermittelt werden. Dabei ließ sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen auditiv erhobendem Stimmklang und Stroboskopiebefund zeigen.

Betrachtet man allerdings die Korrelation zwischen Stroboskopiebefund und subjektiven Beschwerden, so konnte zwischen diesen beiden Parametern kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden.

Es existieren einige Untersuchungen, die die pathologischen Veränderungen bei Stimmstörungen von Studenten genauer differenziert haben. Sliwinska-Kowalska et al. [115] zeigten bei Pädagogikstudenten mit Stimmbeschwerden in 30% eine glottale Insuffizienz und in 6,1% Stimmlippenknötchen. Simberg et al. [113] fanden bei 19% der untersuchten Pädagogikstudenten eine organische Stimmstörung. Eine funktionelle Dysphonie wurde bei Berger [4] bei etwa 5% der Lehramtsbewerber als Ablehnungsgrund angegeben. Ca. 3% der Bewerber wurden aufgrund einer konstitutionell kleinen Stimme abgelehnt.

In einer weiteren Studie von Urrutikoetxea et al. aus dem Jahr 1993 [128] wurden 1046 Lehrer einer stroboskopischen Untersuchung unterzogen und man konnte in 21% der Fälle pathologische organische Befunde erheben. Die häufigsten Pathologien waren in 43% Stimmlippenknötchen und in 18 % ein Reinke-Ödem.

Mann et al. untersuchten 1999 [76] den Effekt von exzessivem Stimmgebrauch auf die Auswirkungen der Stimmlippenbeschaffenheit. Hierbei kam es bei der stroboskopischen Untersuchung nach Belastung zu einem signifikanten Anstieg von Stimmlippenödemen und -hyperämie.

4.4. Computergestützte Stimmanalyse

4.4.1. Grundfrequenz

Eine Erhöhung der Grundfrequenz zeigte sich in früheren Studien unter Stress [80] und bei starken subjektiven Beschwerden [99]. Unsere Ergebnisse waren diesbezüglich nicht einheitlich: Für die weiblichen Studenten mit Beschwerden konnte eine erhöhte Grundfrequenz ermittelt werden, bei den männlichen Probanden hingegen kam es zu einer Abnahme der mittleren Grundfrequenz. Somit lies sich in unserer Untersuchung kein Zusammenhang zwischen der Grundfrequenz und subjektiven Beschwerden zeigen.

Eine Abnahme der Grundfrequenz konnten Damborenea et al. [23] bei Rauchern nachweisen. Auch in unserer Studie wiesen die Raucher eine niedrigere Grundfrequenz auf, die allerdings aufgrund der kleinen Fallzahl statistisch nicht signifikant war.

Wir konnten auch eine Abhängigkeit der Grundfrequenz vom Lautstärkepegel zeigen: Bei den weiblichen Studenten war die Grundfrequenz in der Phonation mit 80 dB signifikant höher als bei der Phonation mit 60 dB, bei den männlichen Studenten war die Zunahme nicht signifikant, jedoch war der deutliche Trend einer erhöhten Grundfrequenz bei lauter Phonation erkennbar.

Eine Veränderung der Grundfrequenz bei auffälligem Stimmklang zeigte sich in unserer Studie nur bei den Probanden der Gruppe A. Allerdings ließen sich auch hier bei den weiblichen und männlichen Probanden unterschiedliche Veränderungen der Grundfrequenz in Abhängigkeit vom Stimmklang ermitteln: Die Studentinnen zeigten eine erhöhte Grundfrequenz bei auffälligem Stimmklang, während die männlichen Studenten eine Abnahme der Grundfrequenz verzeichneten. Casado et al. [15] und Yu et al. [141] konnten eine Abnahme der Grundfrequenz bei Stimmgestörten bzw. eine Korrelation zwischen Stimmklang und Grundfrequenz nachweisen.

Andere Studien haben die Veränderung der Grundfrequenzen im Verlaufe eines Arbeitstages bei Lehrern gemessen und nachweisen können, dass zum Nachmittag hin, bei zunehmender stimmlicher Belastung, die Grundfrequenzen ansteigen [56, 100]. Artkoski et al. [1] konnten geringe tageszeitliche Schwankungen der

Grundfrequenz ohne stimmliche Belastung ermitteln mit einer Tendenz zu höheren Grundfrequenzen am Nachmittag.

4.4.2. Jitter

Orlikoff u. Kahane [88] zeigten eine Abnahme des Jitters bei erhöhtem Schalldruckpegel. Dies bestätigte sich in unserer Studie, da sich bei der Phonation mit 80 dB ein signifikant niedrigerer Jitterwert als bei der Phonation mit 60 dB ermitteln ließ. Weiterhin finden sich in der Literatur erniedrigte Jitterwerte bei erhöhter Grundfrequenz [51, 64, 87]. Diesen Zusammenhang konnten wir nicht nachweisen, wir fanden sogar bei pathologisch erhöhten Jitterwerten eine erhöhte Grundfrequenz bei 60 dB. Bei 80 dB ergab sich kein Zusammenhang zwischen Jitter und Grundfrequenz.

Der Jitter in Abhängigkeit vom Stimmklang wurde in der Vergangenheit häufig untersucht [15, 25, 26, 62, 96]. Eine Erhöhung des Jitters findet sich in der Literatur bei Stimmgestörten [15]. Wir fanden ein signifikantes Ergebnis hinsichtlich auffälligem Stimmklang und Jitter-Erhöpfung in der Gruppe A bei 80 dB. Bei 60 dB zeigte sich keine Signifikanz. In der Gruppe B ließ sich bei 80 dB zwar kein signifikantes Ergebnis erzielen, jedoch wies kein Proband mit unauffälligem Stimmklang eine pathologische Jittererhöhung auf.

Nach unseren Ergebnissen ist für eine Jitterbestimmung eine Phonation des Vokals /a/ bei 80 dB zu empfehlen. Hierbei hatten zwar nicht alle Probanden mit auffälligem Stimmklang auch eine pathologische Jittererhöhung, aber alle Probanden mit unauffälligem Stimmklang wiesen keine Jittererhöhung auf.

Damborenea et al. [23] wiesen bei Rauchern eine Erhöhung des Jitters nach. Wir konnten keine Abhängigkeit des Jitters vom Rauchen zeigen, bei jedoch nur kleiner Fallzahl (4 Raucher).

4.4.3. Shimmer

Eine Abnahme des Shimmerwertes zeigten Orlikoff und Kahane [88] bei erhöhtem Schalldruckpegel. Eine negative Korrelation von Schalldruckpegel und Shimmer konnten wir ebenfalls nachweisen, es ergab sich ein signifikant erhöhter Shimmer bei der 60 dB-Phonation im Vergleich zur 80 dB-Phonation. Ebenfalls

konnten wir einen signifikant erhöhten Shimmer bei pathologisch erhöhtem Jitter in der Gruppe B nachweisen (80 dB, 4 sec.). Jedoch konnte in der Gruppe A die Abhängigkeit von Shimmer und Jitter nicht bestätigt werden.

Einen Anstieg des Shimmers fand sich in der Literatur bei Stimmgestörten [15] und bei Rauchern [23]. Unsere Ergebnisse zeigten keine Abhängigkeit des Shimmers vom Rauchen oder vom Stimmklang. Auch in anderen Studien [82, 141] fand sich keine Abhängigkeit des Shimmers vom Stimmklang bzw. vom Grad der Heiserkeit. Nach unseren Ergebnissen ist somit der Shimmerwert kein valider Parameter zur Beurteilung des Stimmklanges.

4.4.4. NHR

Auffällig war, dass der NHR-Wert insgesamt eine sehr geringe Streubreite zeigte. Dennoch konnten wir bei unseren Ergebnissen eine signifikante Erhöhung der NHR-Werte in der 60 dB-Messung im Vergleich zu der 80 dB-Messung feststellen. Ebenfalls zeigte sich eine fast signifikante Abnahme des NHR-Wertes bei subjektiven Beschwerden ($p=0,085$). Wolfe et al. [140] konnten ebenfalls eine signifikante Erniedrigung der NHR bei Aerobiclehrerinnen mit Beschwerden feststellen. Yu et al. [141] konnten eine Korrelation zwischen Stimmklang und NHR nachweisen und Dejonckere et al. [25] zeigten eine Korrelation der NHR mit dem Schweregrad der Stimmstörung. In unserer Untersuchung konnten wir keine Abhängigkeit der NHR-Werte vom Stimmklang zeigen.

4.5. Die Reproduzierbarkeit der Stimmanalyse

Es zeigte sich eine gute Reproduzierbarkeit für die Grundfrequenz und die NHR. Die Shimmerwerte korrelierten stark bei der ersten Messung und der Kontrollmessung, jedoch zeigte sich eine signifikante Verminderung der Werte bei der Kontrollmessung. Hier könnte ein Messproblem eine Rolle spielen, vielleicht ist jedoch auch ein anderer Faktor der außerhalb des Messsystems zu suchen ist, der Grund für diese Abweichung. Hierüber lässt sich nur mutmaßen. Die Jitterwerte zeigten in den Kontrollmessungen nur eine schwache Korrelation, ein signifikanter Unterschied zwischen erster Messung und Kontrollmessung konnte zwar nicht nachgewiesen werden, jedoch wurde das Signifikanzniveau nur

knapp verfehlt. Somit scheinen auch andere intraindividuelle Einflüsse den Jitter einer Stimme zu beeinflussen. Mendoza und Carballo [80] fanden z.B. eine Erhöhung des Jitters unter Stress. Ramig und Ringel [98] konnten bei schlechter Kondition eine 10-20% Jittererhöhung ermitteln.

4.6. Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass Lehrerstudenten nicht ausreichend vorbereitet sind für die höheren stimmlichen Anforderungen, die mit der Ausübung ihres Berufes verbunden sind. Stimmuntersuchungen für Sprechberufe sind daher ein aktuelles Thema, dem sich die Phoniater stellen müssen.

Stimmerkrankungen mit deutlich erkennbarer Dysphonie treten nach klinischer Erfahrung erst nach ein- bis zweijähriger diffuser Beschwerdesymptomatik auf. Die in dieser Zeit häufig unterschweligen Leistungsstörungen müssen aber bereits als Stimmerkrankung beurteilt werden. Einer phoniatischen Untersuchung mit Einbeziehung auditiver, stroboskopischer und stimmanalytischer Beurteilung kommt deshalb eine große Bedeutung im Sinne einer präventiven Maßnahme zu. Für die berufliche Existenz, besonders eines Berufsanfängers, haben deshalb phoniatische Beurteilungen einen besonderen Stellenwert.

Die Ursachen von Stimmstörungen sind vielseitig und komplex. Gerade in pädagogischen Berufen kommt eine Reihe von stimmbelastenden Faktoren zusammen, die unter wissenschaftlicher Fragestellung untersucht worden sind. Eine besondere Rolle bei der Entstehung von Stimmproblemen spielt das Sprechen im Lärm und unter ungünstigen akustischen Verhältnissen. Die Geräuschkulisse der Klassenzimmer stellt dabei eine besonders stimmbelastende Situation dar. Sodersten et al. [120] gaben das Hintergrundrauschen im Klassenzimmer mit 76 dB an. Es ist bekannt, dass gerade unter Lärmbelastung die mittlere Sprechstimmlage angehoben wird [60, 61, 130]. Ein größeres Abweichen von der mittleren Sprechstimmlage nach oben ist Folge einer erhöhten muskulären Verspannung im Kehlkopf und damit Ausdruck einer unökonomischen Stimmgebung. Andere Untersuchungen über die Sprechintensität bei Pädagogen ergaben, dass von der ersten bis zur fünften Stunde zunehmend lauter gesprochen wird [86, 109]. Rantala et al. [100] fanden eine Anhebung der Grundfrequenz um

9,7 Hz am Ende des Arbeitstages bei Lehrerinnen. Auch in unsere Studie konnten wir nachweisen, dass es bei größerer Lautstärke zu einem signifikanten Anstieg der Grundfrequenz kommt. Diese Tatsachen können als Ausdruck eines unökonomischen Gebrauchs der Stimme gewertet werden und unterstreichen, dass zu Ende des Unterrichtstages lauter und unphysiologischer und damit auf Dauer stimm-schädigend gesprochen wird.

Neben großen stimmlichen Anforderungen spielen auch psychische Belastungen eine Rolle, wie sie häufig in Berufen mit starker Öffentlichkeitsarbeit zu beobachten sind. Die Auswirkungen all dieser Belastungsfaktoren können das Entstehen einer Stimmerkrankung verursachen.

Die stimmliche Leistungsfähigkeit ist auch an physiologische Altersprozesse gebunden, so dass im Alter mit Minderung, besonders der Stimmlautstärke und des Stimmhöhenumfangs mit Absenkung der mittleren Sprechstimmlage, gerechnet werden muss.

Aus diesem Grunde ist es notwendig, dass die organischen Voraussetzungen zur Erfüllung so großer stimmlicher Anforderungen zu Berufsbeginn uneingeschränkt vorliegen müssen. Die Einschätzung der Belastbarkeit der Stimme stellt deshalb eine wichtige Aufgabe dar, die besonders in stimmintensiven Berufen gefordert werden muss.

Die Untersuchung macht deutlich, dass den stimmlichen und laryngoskopischen Befunden zukünftiger Berufssprecher aus phoniatischer Sicht mehr Beachtung geschenkt werden sollte. Prophylaktische Maßnahmen zur Beurteilung der stimmlichen Leistungsfähigkeit müssen zukünftig durch Phoniater und andere Partner realisiert werden. Vorstellbar wäre eine phoniatische Untersuchung vor Berufsbeginn. Die bisherige Erfahrung hat gezeigt, dass zeitigere Stimmtauglichkeitsuntersuchungen endgültige Aussagen über stimmliche Leistung durch unvollständige Mutationsverläufe erschwert. Besonders bei zukünftigen Lehrern wäre eine prophylaktische Verfahrensweise empfehlenswert.

Auch der sprecherzieherischen Ausbildung während des Studiums muss in diesem Zusammenhang größere Bedeutung zukommen [104, 107]. Ein angehender Berufssprecher muss den physiologischen Stimmgebrauch erlernen, damit seine Stimme unter den großen Belastungen nicht versagt. Unphysiologischer

Stimmgebrauch führt nicht nur zu frühzeitiger Ermüdung und Erschöpfung des Sprechers, sondern auch zu mangelnder Ausdrucksfähigkeit. Auch der Zuhörer ermüdet dann rasch und die Sprecher-Hörer-Beziehung ist somit gestört.

Eine trainierte Stimme ist leistungsfähiger und weniger anfällig für Stimmstörungen, und zusätzlich werden Stimmveränderungen durch die Betroffenen zeitiger erkannt. Damit könnten beginnende Funktionsstörungen der Stimme durch zielgerichtete Maßnahmen gebessert und stimmlichem Versagen vorgebeugt werden. Sliwinska-Kowalska et al. [116] konnten in einer Studie mit 45 Lehrerstudenten eine signifikante Verbesserung der Stimmklangqualität nach gezielter logopädischer Schulung nachweisen. Auch Chan [16] zeigte signifikante Verbesserungen der akustischen Stimmparameter bei Lehrerinnen, die an einem Stimmhygieneprogramm teilnahmen. Fex et al. [33] und Carding et al. [14] konnten durch Stimmtherapie eine Effektivität bei funktioneller Dysphonie zeigen.

Eine weitere präventive Maßnahme, die stimmliche Belastung der Lehrer und damit das Auftreten von Stimmstörungen zu senken, ist die Stimmverstärkung mittels Mikrofon. Mehrere Studien haben sich bereits mit den Auswirkungen der Stimmverstärkung beschäftigt und konnten den positiven Effekt durch Gebrauch eines Mikrofons bei Lehrern belegen [55, 56, 57, 101, 102, 105]. Alle Studien konnten eine Reduzierung der Sprechlautstärke und eine langsamere Stimmermüdung nachweisen.

5. Zusammenfassung

Untersuchungen der Vergangenheit haben gezeigt, dass die hohe Inzidenz von Stimmstörungen nicht nur Lehrer, sondern auch bereits Lehrerstudenten betrifft. Eine aktuelle Untersuchung sollte die gegenwärtige Situation bei Pädagogikstudenten überprüfen. Insgesamt wurden 53 Studenten untersucht. Dabei sollte eine aktuelle Bilanz von Stimm- und Sprachbefunden erhoben werden, um sie mit den in der Vergangenheit ermittelten Ergebnissen zu vergleichen und zu diskutieren.

Es interessierte uns weiterhin, ob objektive Befunde reproduzierbare Ergebnisse aufzeigen und ob sich Zusammenhänge mit subjektiven Parametern ableiten lassen können.

Neben den üblichen phoniatischen Untersuchungsparametern wurden auch klanganalytische Bewertungen einbezogen. Diese Ergebnisse wurden nach einer Woche überprüft, um Reproduzierbarkeit zu ermitteln. Von den 53 untersuchten Studenten gaben 23 subjektive Stimmbeschwerden an, Frauen klagten häufiger über subjektive Beschwerden. 17 Studenten mit subjektiven Beschwerden wiesen auch nach auditiver Beurteilung Stimmklangveränderungen auf, somit ergab sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen subjektiven Beschwerden und Stimmklangveränderungen. Die auditiv auffallenden Studenten wurden auch durch die Stroboskopie bestätigt.

Eine pathologisch verkürzte Tonhaldedauer wurde bei Studenten mit subjektiven Beschwerden signifikant häufiger gefunden.

Bei der computergestützten Stimmanalyse zeigten sich niedrigere Jitter-, Shimmer- und NHR-Werte bei der Phonation mit 80 dB im Vergleich zu der Phonation mit 60 dB. Ebenso konnte eine signifikante Erhöhung der Grundfrequenz bei größerer Lautstärke nachgewiesen werden. Aus den Ergebnissen der Stimmanalyse wurde deutlich, dass sich eine Untersuchung des Vokals /a/ bei 80 dB über 6 sec. als vorteilhaft erweist. Hierbei sollte vor allem auf eine erhöhte Grundfrequenz, auf pathologische Jittererhöhungen und auf eine erniedrigte NHR geachtet werden.

Die Untersuchung macht deutlich, dass ca. 45 % stimmgestörte Lehrerstudenten in unserem Probandengut zu finden waren. Damit gleichen die Zahlen den in der Vergangenheit gefundenen.

Pathologische Stimmbefunde sollten früh diagnostiziert und behandelt werden, möglichst bevor es zu der Aufnahme eines sprechintensiven Berufes kommt. Prophylaktische Maßnahmen zur Stimmbewertung sind deshalb von Seiten der Phoniater unbedingt zu fordern. Eine Stimmüberprüfung vor Berufsbeginn in einem Sprechberuf wäre eine denkbare Umsetzung dieser Forderung, wobei neben den üblichen subjektiven Untersuchungen auch objektive Tests in die Tauglichkeitsuntersuchung einbezogen werden sollten.

6. Literaturverzeichnis

1. Artkoski M, Tommila J, Laukkanen AM: Changes in voice during a day in normal voices without vocal loading. *Logoped Phoniatr Vocol.* (2002); 27 (3): 118-123
2. Askenfelt AG, Hammarberg B: Speech waveform analysis: A perceptual-acoustical comparison of seven measures. *J Speech Hear Res* (1986); 29: 50-64
3. Berger R: Berufsunfähigkeit bei Pädagogen—eine phoniatische Analyse aus Berlin—Leipzig—Dresden. *HNO-Prax* (1989), 14: 153-158.
4. Berger R: Phoniatische Tauglichkeitsuntersuchungen der Jahre 1979 bis 1985 in Leipzig. *HNO-Prax* (1989); 14: 217-220
5. Berger R: Analyse von Stimmerkrankungen in sprechintensiven Berufen. *Oto Rhino Laryngol Nova* (1991); 1: 305-308
6. Berger R, Ettehad S: Stimmtauglichkeitsuntersuchungen notwendig oder unwichtig? *Sprache Stimme Gehör* (1998); 22 (1): 39-42
7. Bigenzahn W, Steiner E, Denk DM, Turetschek K, Frühwald F: Stroboskopie und Bildgebung in der interdisziplinären Diagnostik von Frühstadien des Larynxkarzinoms. *Radiologe* (1998); 38 (2): 101-105
8. Blaustein S, Bar A: Reliability of perceptual voice assessment. *J Commun Disord* (1983); 16: 157-161
9. Bless DM, Baken RJ: International Association of Logopedics and Phoniatrics (IALP). Voice committee discussion of assessment topics. *J Voice* (1992); 6 (2): 194-210
10. Boughuys A, Mead J, Proctor DF, Stevens KM: Pressure-flow events during singing. *Ann NY Acad Sci* (1968); 155: 165-176
11. Brown WS, Morris RJ, Michel JF: Vocal jitter in young, adult and aged female voices. *J Voice* (1989); 3 (2): 113-119
12. Brown WS, Morris RJ, Michel JF: Vocal jitter and fundamental frequency characteristics in age, female professional singers. *J Voice* (1990); 4 (2): 135-141
13. Carding P, Wade A: Managing dysphonia caused by misuse and overuse. *BMJ* (2000); 321: 1544-1545
14. Carding PN, Horsley IA, Docherty GJ: The effectiveness of voice therapy for patients with non-organic dysphonia. *Clin-Otolaryngol* (1998); 23 (4): 310-318

15. Casado Morente JC, Adrian Torres JA, Conde Jimenez M, Piedrola Maroto D, Povedano Rodriguez V, Munoz Gomariz E, Cantillo Banos E, Jurado Ramos A: Objective study of the voice in a normal population and in dysphonia caused by nodules and vocal polyps. *Acta Otorrinolarinol Esp* (2001); 52 (6): 476-482
16. Chan RW: Does the voice improve with vocal hygiene education? A study of some instrumental measures in a group of kindergarten teachers. *J Voice* (1994); 88 (3): 279-291
17. Childers DG, Hicks DM, Moore GP, Alsaka YA: A model for vocal fold vibratory motion, contact area, and the electroglottogram. *JASA* (1986); 80 (5): 1309-1320
18. Childers DG, Moore GP, Naik JM, Larar JN, Krishnamurthy AK: Assessment of laryngeal function by simultaneous, synchronized measurement of speech, electroglottography and ultra-high speed film. Lawrence VL (ed.). *Transcripts of the eleventh symposium care of the professional voice, part II, Medical / Surgical sessions: Papers* (1982): 234-244
19. Colton RH, Conture EG: Problems and pitfalls of electroglottography. *J Voice* (1990); 4: 10-24
20. Cox NB, Morrison MD: Acoustic analysis of voice for computerized laryngeal pathology assessment. *J Otolaryngol* (1983); 12 (5): 295-301
21. Czermak JN: Physiologische Untersuchungen mit Garcia's Kehlkopfspiegel. Mit 3 Tafeln. *Sitzungsber. D k k Akademie d. Wiss. in Wien vom 29. April 1858; Bd. 29, 557*
22. Dalton S, Hazleman BL: Repeated movements and repeated trauma; in Raffle PAB, Lee WR, McCallum RI, Murrays R (eds): *Hunter's diseases of occupation*. London, Hodder & Stoughton; (1987); 620-633
23. Damborenea Tajada J, Fernandez Liesa R, Llorente Arenas E, Naya Galvez MJ, Marin Garrido C, Rueda Gormedino P, Ortiz Garcia A: The effect of tobacco consumption on acoustic voice analysis. *Acta Otorrinolaringo Esp* (1999); 50 (6): 448-452
24. Davis SB: Computer evaluation of laryngeal pathology based on inverse filtering of speech. *SCRL Monogr* (1976); 13: 1-247
25. Dejonckere PH, Remacle M, Fresnel-Elbaz E, Woisard V, Crevier-Buchman L, Millet B: Differentiated perceptual evaluation of pathological voice quality: reliability and correlations with acoustic measurements. *Rev Laryngol-Oto-Rhinol* (1996); 117 (3): 219-224
26. Dejonckere PH, Lebacq J: Acoustic, perceptual, aerodynamic and anatomical correlations in voice pathology. *J Otorhinolaryngol Relat Spec* (1996); 58 (6): 326-332
27. Dejonckere PH, Crevier L, Elbaz E, Marraco M, Millet B, Remacle M, Woisard V: Quantitative rating of video-laryngostroboscopy: a reliability study. *Rev Laryngol Otol Rhinol (Bord)* (1998); 119 (4): 259-260

28. Draper MH, Ladefoged P, Whitteridge D: Respiratory muscles in speech. *J Speech Hear Res* (1959); 2: 16-27
29. Ewald JR: Die Physiologie des Kehlkopfes und der Luftröhre; Stimmbildung. In Heymann P: *Handbuch der Laryngologie*. Bd I, Wien; (1898)
30. Fabre P: Un procédé électrique percutané d'inscription de l'accolement glottique au cours de la phonation: glottographie de haute fréquence; premiers résultats. *Bull Acad Nat Med* (1957); 141: 66-69
31. Faulstich G: Die Sängeratmung. Eine Betrachtung aus pädagogischer Sicht. *Sprache Stimme Gehör* (2000); 24 (1): 25-33
32. Feldmann, H: Die Diagnostik und Therapie der Kehlkopfkrankheiten in der Geschichte der Medizin, Teil I. *Laryngo Rhino Otol* (2001); 74: 283-289
33. Fex B, Fex S, Shiromoto O, Hirano M: Acoustic analysis of functional dysphonia: before and after therapy (accent method). *J Voice* (1994); 8 (2): 163-167
34. Flatau Th: Sprach- und Stimmstörungen. *Neue dtsh. Klin.* (1932); 10: 186
35. Frank F, Donner F: Die Bedeutung der Stimmfeldmessung für den Gesangsunterricht aus phoniatischer und gesangspädagogischer Sicht. *Sprache Stimme Gehör* (1986); 10: 93-97
36. Friedrich G, Fitzek Th, Freidl W, Egger J: Screening psychogener Faktoren bei funktionellen Dysphonien. *HNO* (1993); 41 (12): 564-570
37. Friedrich G, Kainz J, Freidl W: Zur funktionellen Struktur der menschlichen Stimmlippe. *Laryngo Rhino Otol* (1993); 72 (5): 215-224
38. Friedrich G, Bigenzahn W, Zorowka P: *Phoniatrie und Pädaudiologie*. 2. Aufl., Hans Huber, Bern; (2000)
39. Friedrich G: Qualitätssicherung in der Phoniatrie. *HNO* (1996); 44 (7): 401-416
40. Fritzell B: Voice disorders and occupations. *Log Phon Vocol* (1996); 21: 7-12
41. Garcia M: Observations on the Human Voice. *Proc Royal Soc London* (1855); 7: 399-410
42. Gramming P: Non-organic dysphonia. II. A comparison of subglottal pressure in normal and pathological voices. *Acta Otolaryngol* (1989); 107 (1-2): 156-160
43. Grevers G: Differentialdiagnose Heiserkeit. *Fortschr Med* (1997); 115 (17): 29-34
44. Grevers G: Chronische Stimmüberlastung. *Fortschr Med* (1997); 115 (17): 35-36
45. Häntschel J: Lärm in Schulsportstätten. *Z Ges Hyg* (1980); 26: 5670-5671
46. Hecker MHL, Kreul EJ: Description of speech of patients with cancer of the vocal folds. *J Acoust Soc Am* (1971); 49: 1275-1282

47. Heiberger VL, Horii Y: Jitter and shimmer in sustained phonation. *Speech and Language* (1982); 7: 300-332
48. Hemler RJ, Wieneke GH, Dejonckere PH: The effect of relative humidity of inhaled air on acoustic parameters of voice in normal subjects. *J Voice* (1997); 11 (3): 295-300
49. Higgins MB, Saxman JH: Variations in vocal frequency perturbation across the menstrual cycle. *J Voice* (1989); 3 (3): 233-243
50. Hirano M: Morphological structure of the vocal cord as a vibrator and its variations. *Folia Phoniatr* (1974); 26: 89
51. Horii Y: Fundamental frequency perturbation observed in sustained phonation. *J Speech-Hear-Res* (1979); 22 (1): 5-19
52. Husson R: *Physiologie de la phonation*. Masson, Paris; (1962)
53. Iwata S, Leden HV: Pitch perturbations in normal and pathologic voices. *Folia Phoniatr* (1970); 22: 413-424
54. Jones K, Sigmon J, Hock L, Nelson E, Sullivan M, Ogren F: Prevalence and risk factors for voice problems among telemarketers. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* (2002); 128 (5): 571-577
55. Jonsdottir V, Rantala L, Laukkanen AM, Vilkan E: Effect of sound amplification on teachers' speech while teaching. *Log Phon Vocol* (2001); 26: 118-123
56. Jonsdottir V, Laukkanen AM, Vilkmann E: Changes in teachers' speech during a working day with and without electric sound amplification. *Folia Phoniatr Logop* (2002); 54 (6): 282-287
57. Jonsdottir 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 (5): 267-280
58. Karnell MP: Laryngeal perturbation analysis: Minimum length of analysis window. *J Speech Hear Res* (1991); 34: 544-548
59. Kitajima K, Tanabe M, Isshiki N: Pitch perturbations in normal and pathologic voice. *Stud Phonol* (1975); 9: 25-32
60. Kitzing P: Veränderungen der Sprechstimmlage bei Dysphonie-Patienten in Zusammenhang mit Stimmbelastung. *HNO Prax* (1981); 6: 215
61. Klingholz F: Stimmstörungen. Einfluss von Lärm auf die Stimmgebung. *Münch Med Wochenschr* (1982); 124: 1005-1006
62. Klingholz F: Speech aperiodicities at sustained phonation in functional dysphonia. *Folia Phoniatr* (1983); 35: 322-327
63. Klingholz, F: The measurement of the signal-to-noise ratio (SNR) in continuous speech. *Speech Commun* (1987); 6: 15-26
64. Klingholz F: Jitter. *Sprache Stimme Gehör* (1991); 15: 79-88

65. Koike Y: Vowel amplitude modulations in patients with laryngeal diseases: *J Acoust Soc Am* (1969); 45: 839-844
66. Kreiman J, Gerratt BR: The perceptual structure of pathologic voice quality. *J Acoust Soc Am* (1996); 100 (3): 1787-1795
67. Kreiman J, Gerratt, BR: Sources of listener disagreement in voice quality assessment. *J Acoust Soc Am* (2000); 108 (4): 1867-1876
68. Lang A: Die Bedeutung der Atmung in der Stimm- und Sprechtherapie nach Schlaffhorst-Andersen. *Sprache Stimme Gehör* (2000); 1: 22-24
69. Laver J, Hiller S, Mackenzie Beck J: Acoustic waveform perturbations and voice disorders. *J Voice* (1992); 6 (2): 115-126
70. Lehmann JJ, Bless DM, Brandenburg JH: An objective assessment of voice production after radiation therapy for stage I squamous cell carcinoma of the glottis. *Otolaryngol Head Neck Surg* (1988); 98 (2): 121-129
71. Leithäuser D: Heiserkeit von Patienten oft verniedlicht. *Fortr Med* (1997); 115 (17): 38-39
72. Lieberman, P: Pertubations in vocal pitch. *J Acoust Soc Am* (1961); 33: 597-603
73. Lieberman, P: Some acoustic measures of the fundamental periodicity of normal and simulated pathologic larynges. *J Acoust Soc Am.* (1963); 35: 344-354
74. Linville SE, Korabic EW, Rosera M: Intraproduction variability in jitter measures from elderly speakers. *J Voice* (1990); 4 (1): 45-51
75. Liston R: *Practical Surgery*. London: Churchill; (1837)
76. Mann EA, McClean MD, Gurevich-Uvena J, Barkmeier J, McKenzie-Garner P, Paffrath J, Patow C: The effects of excessive vocalization on acoustic and videostroboscopic measures of vocal fold condition. *J Voice* (1999); 13 (2): 294-302
77. Mans EJ: Indikationen zur psychotherapeutischen Behandlung bei funktionellen Dysphonie. *HNO* (1993); 41 (8): 371-379
78. Masuda T, Ikeda Y, Manako H, Komiyama S: Analysis of vocal abuse: fluctuations in phonation time and intensity in 4 group of speakers. *Acta Otolaryngol* (1993); 113 (4): 547
79. Matisse JA, Oates JM, Greenwood KM: Vocal problems among teachers: a review of prevalence, causes, prevention, and treatment. *J Voice* (1998); 12 (4): 489-499
80. Mendoza E, Carballo G: Acoustic analysis of induced vocal stress by means of cognitive workload tasks. *J Voice* (1998); 12 (3): 263-273
81. Miller MK, Verdolini K: Frequency and risk factors for voice problems in teachers of singing and control subjects. *J Voice* (1995); 9 (4): 348-362

82. Millet B, Dejonckere PH: What determines the difference in perceptual rating of dysphonia between experienced raters? *Folia Phoniatr Logop* (1998); 50: 305-310
83. Müller R: Heiserkeit. *Therapeutische Umschau* (1995); 52: 759
84. Murry T, Doherty ET: Selected acoustic characteristics of pathologic and normal speakers. *J Speech Hear Res* (1980); 23: 361-369
85. Nawka T, Anders C, Wendler J: Die auditive Beurteilung heiserer Stimmen nach dem RBH-System. *Sprache Stimme Gehör*(1994); 18: 130-133
86. Neumann H: In Gundermann H: *Die Berufsdysphonie*. Thieme, Leipzig; (1970)
87. Orlikoff RF, Baken RJ: Consideration of the relationship between the fundamental frequency of phonation and vocal jitter. *Folia Phoniatr* (1990); 42 (1): 31-40
88. Orlikoff RF, Kahane, JC: Influence of mean sound pressure level on jitter and shimmer measures. *J Voice* (1991); 5 (2): 113-119
89. Orlikoff RF: Assessment of the dynamics of vocal fold contact from the electroglottogram: Data from normal male subjects. *J Speech Hear Res* (1991); 34: 1066-1072
90. Orlova OS, Vasilenko IuS, Zakharova AF, Samokhvalova LO, Kozlova PA: The prevalence, causes and specific features of voice disturbances in teachers. *Vestn Otorinolaringol* (2000); 5: 18-21
91. Orr R, de Jong F, Cranen B: Some objective measures indicative of perceived voice robustness in student teachers. *Logoped Phoniatr Vocol*. (2002); 27 (3): 106-117
92. Pekkarinen E, Viljanen V: Effect of sound-absorbing treatment on speech discrimination in rooms. *Audiology* (1990); 29 (4): 219-227
93. Pekkarinen E, Viljanen V: Acoustic conditions for speech communication in classroom. *Scand Audiol* (1991); 20 (4): 257-263
94. Peters HF, Boves L: Coordination of aerodynamic and phonatory process in fluent speech utterances of stutterers. *J Speech-Hear-Res* (1998); 31 (3): 352-361
95. Potter RK, Kopp KG, Grenn HC: *Visible speech*. D van Nostrand Co, New York; (1947)
96. Pruszewicz A, Obrebowski A, Swidzinski P, Demenko G, Wilko T, Wojciechowska A: Usefulness of acoustic studies on the differential diagnostics of organic and functional dysphonia. *Acta Otolaryngol* (1991); 111 (2): 414-419
97. Pützer M., Marasek K: Differenzierung gesunder Stimmqualitäten und Stimmqualitäten bei Rekurrensparese mit Hilfe elektroglottographischer Messungen und RBH-System. *Sprache Stimme Gehör* (2000); 24 (4): 154-163

98. Ramig LA, Ringel RL: Effects of physiological aging on selected acoustic characteristics of voice. *J Speech Hear Res* (1983); 26: 22-30
99. Rantala L, Vilkmann E: Relationship between subjective voice complaints and acoustic parameters in female teachers' work. *J Voice* (1999); 13 (4): 484-495
100. Rantala L, Vilkmann E, Bloigu R: Voice changes during work: subjective complaints and objective measurements for female primary and secondary schoolteachers. *J Voice* (2002); 16 (3): 344-355
101. Roy N, Weinrich B, Gray SD, Tanner K, Toledo SW, Dove H, Corbin-Lewis K, Stemple JC: Voice amplification versus vocal hygiene instruction for teachers with voice disorders: a treatment outcome study. *J Speech Lang Hear Res* (2002); 45 (4): 625-638
102. Roy N, Weinrich B, Gray SD, Tanner K, Stemple JC, Sapienza CM: Three treatments for teachers with voice disorders: a randomized clinical trial. *J Speech Lang Hear Res* (2003); 46 (3): 670-688
103. Rozsypal AJ, Millar BF: Perception of jitter and shimmer in synthetic vowels. *J Phonetics* (1979); 7: 343-355
104. Russel A, Oates J, Greenwood KM: Prevalence of voice problems in teachers. *J Voice* (1998); 12 (4): 467-479
105. Sapienza CM, Crandell CC, Curtis B: Effects of sound-field frequency modulation amplification on reducing teachers' sound pressure level in classroom. *J Voice* (1999); 13 (3): 375-381
106. Sapir S, Keidar A, Mathers-Schmidt B: Vocal attrition in teachers: survey findings. *Eur J Disord Commun* (1993); 28 (2): 177-185
107. Sataloff RT: Professional voice users: the evaluation of voice disorders. *Occup Med* (2001); 16 (4): 633-647
108. Schade G, Hess M: Flexible versus starre Laryngoskopie und Stroboskopie. *HNO* (2001); 49 (7): 562-568
109. Scheuch K, Misterek M, Knothe M: Abhängigkeit von Stimmintensität und -dauer bei Pädagogen in der Unterrichtstätigkeit. XIV. UEP-Kongr., Dresden; (1987)
110. Schmidt P, Klinholz F, Martin F: Influence of pitch, voice sound pressure, and vowel quality of the maximum phonation time. *J Voice* (1988); 2: 245-249
111. Schönhärl D: Die Stroboskopie in der praktischen Laryngologie, Thieme, Stuttgart; (1960)
112. Schulz-Coulon HJ: Ventilatorische und phonatorische Atmungsfunktion. *Sprache Stimme Gehör* (2000); 1: 1-17
113. Simberg S, Laine A, Sala E, Ronnema AM: Prevalence of voice disorders among future teachers. *J Voice* (2000); 14 (2): 231-235

114. Simberg S, Sala E, Laine A, Ronnema AM: A fast and easy screening method for voice disorders among teachers students. *Log Phon Vocol* (2001); 26 (1): 10-16
115. Sliwinska-Kowalska M, Fiszer M, Niebudek-Bogusz E, Kotylo P, Rzdzińska A: Evaluation of voice quality in students from teaching colleges. *Med Pr* (2000); 51 (6): 573-580
116. Sliwinska-Kowalska M, Fiszer M, Kotylo P, Ziatkowska E, Stepowska M, Niebudek-Bogusz E: Effect of voice emission training on the improvement in voice organ function among students attending the college of teachers. *Med Pr* (2002); 53 (3): 229-232
117. Smith E, Gray SD, Dove H, Kirchner L, Heras H: Frequency and effects of teachers` voice problems. *J Voice* (1997); 11(1): 81-87
118. Smith E, Kirchner HL, Taylor M, Hoffman H, Lemke JH: Voice problems among teachers: differences by gender and teaching characteristics. *J Voice* (1998); 12 (3): 328-334
119. Smith E, Lemke J, Taylor M, Kirchner HL, Hoffman H: Frequency of voice problems among teachers and other occupations. *J Voice* (1998); 12 (4): 480-488
120. Sodersten 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 (3): 356-371
121. Sopko J: Stimmveränderungen bei Allgemeinerkrankungen. *Laryngo Rhino Otol* (2000); 79 (11): 671-672
122. Stone RE, Rainey CL: Intra- and intersubject variability in acoustic measures of normal voice. *J Voice* (1991); 5 (3): 189-196
123. Titze IR, Horii Y, Scherer RC: Some technical considerations in voice perturbation measurements. *J Speech Hear Res* (1987); 30: 252-260
124. Titze IR, Lemke J, Montequin D: Populations in the US workforce who rely on voice as a primary tool of trade. *NCVS Status Prog Rep* (1996); 10: 127-132
125. Tonndorf W: Die Mechanik bei der Stimmlippenschwingung und beim Schnarchen. *Z Hals Nas Ohr Heilk* (1925); 12: 214-245
126. Toth L, Pap U, Dioszeghy P, Sziklai I: Phoniatische Untersuchungen an Patienten mit Myasthenia gravis. *HNO* (1999); 47: 981-985
127. Türck L: Der Kehlkopfspiegel und die Methode seines Gebrauches. *Z Ges Aerzte zu Wien* Nr. 26 vom 28. Juni 1858
128. Urrutikoetxea A, Ispizua A, Matellanes F: Vocal pathology in teachers: a videolaryngostroboscopic study in 1046 teachers. *Rev Laryngol Otol Rhinol* (1995); 116 (4): 255-262
129. van den Berg J: Myoelastic-aerodynamic theory of voice production. *J Speech Res* (1958); 1: 227

130. van Summers W, Pisoni DB, Bernacki RH, Pedlow RI, Stokes MA: Effects of noise on speech production: Acoustic and perceptual analyses. *JASA* (1988); 84 (3): 917-928
131. Verdolini K, Ramig LO: Review: Occupational risks for voice problems. *Log Phon Vocol* (2001); 26 (1): 37-46
132. Vilkman E: Voice problems at work: A challenge for occupational safety and health arrangement. *Folia Phoniatr Logop* (2000); 52: 120-125
133. von Stuckrad H, Lakatos I: Über ein neues Lupenlaryngoskop (Epipharyngoskop). *Z Laryngol Rhinol Otol* (1975); 54: 336
134. Wendler J, Seidner W, Rose A, Simon B, Ulbrich H: Zur praktischen Nomenklatur der funktionellen Dysphonie. *Folia Phoniatr* (1973); 25: 30-38
135. Wendler J, Seidner W, Kittel G, Eysholdt U: Lehrbuch der Phoniatrie und Pädaudiologie. 3. Aufl., Thieme, Stuttgart, New York; (1996)
136. Wendler J: Stimmstörungen. Schwerpunkte der Diagnostik und Therapie. *Laryngo Rhino Otol* (1997); 76 (5): 327-331
137. Wesselmann U, Reker U: Abhängigkeit der Stimmreinheit von der Artikulation. *Sprache Stimme Gehör* (1990); 14: 148-152
138. Winholtz, WS, Ramig, LO: Vocal tremor analysis with the vocal demodulator. *J Speech Hear Res* (1992); 35: 562-573
139. Wirth G: Stimmstörungen. 4. Aufl., Deutscher Ärzteverlag, Köln; (1995)
140. Wolfe V, Long J, Youngblood HC, Williford H, Olson MS: Vocal parameters of aerobic instructors with and without voice problems. *J Voice* (2002); 16 (1): 52-60
141. Yu P, Ouaknine M, Revis J, Giovanni A: Objective voice analysis for dysphonic patients: a multiparametric protocol including acoustic and aerodynamic measurements. *J Voice* (2001); 15 (4): 529-542
142. Zwirner P, Michaelis D, Kruse E: Akustische Stimmanalysen zur Dokumentation der Stimmrehabilitation nach laserchirurgischer Larynxkarzinomresektion. *HNO* (1996); 44 (9): 514-520
143. Zyski BJ, Bull GL, McDonald WE, Johns ME: Perturbation analysis of normal and pathologic larynges. *Folia Phoniatr* (1984); 36: 190-198

Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren Damen / Herren:

in Marburg:

Amon, Aumüller, Arnold, Basler, Baum, Berger, Engel, Eschenbach, Feuser, Ganz, Geus, Gotzen, Gressner, Griss, Habermehl, Happle, Huffmann, Kaffarnik, Kern, Kleinsasser, Klenk, Koolmann, Kraus, Krieg, Kroll, Lang, Lennartz, Müller, Pohlen, Riedmiller, Rothmund, Schachtschabel, Schäfer, Schmidt, Schüffel, Schulz, Seitz, Slenzka, Thomas, von Wichert, Zelder;

in Fulda:

Arps, Bonzel, Fassbinder, Haas, Jaspersen, Langohr, Rumpf, Stegman, Wallenfang, Wörsdörfer;

in Basel: Steinbrich;

in Uelzen: Wirth

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Frau Professor Dr. med. Roswitha Berger, die mir das Thema überlassen hat und es mir ermöglicht hat, die vorliegende Arbeit anzufertigen. Ich danke ihr, dass sie mir stets als Ansprechpartnerin zur Seite stand und durch ihre engagierte Betreuung maßgeblich an der Fertigstellung der Arbeit beteiligt war.

Ebenso möchte ich den Mitarbeitern der Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie danken, die meinem Anliegen stets mit Freundlichkeit und Unterstützung begegneten.

Danken möchte ich ebenfalls meinen Eltern, die durch Ihre Unterstützung das Beenden meines Studiums und die Erstellung dieser Arbeit ermöglicht haben.